Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет

Ч48
Н34

НАУКА ЮУрГУ

Материалы 69-й научной конференции

СЕКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2017

ББК Ч481.46.я43 + Ч215.1.я43
Н34

Оргкомитет 69-й научной конференции

Дьяконов А.А. (председатель), Ульрих Д.В., Козочкин Д.А., Савельева И.П., Радченко Г.И., Келлер А.В., Хомутова Т.Н., Демин А.А., Волошина И.А., Пономарева Е.В., Эрлих В.В., Ваулин С.Д., Классен А.Н., Шабиев С.Г., Салич В.Л., Карпов Н.А., Иванов М.А., Рождественский Ю.В., Гузеев В.И., Ганджа С.А., Шестеркина Л.П., Сибиряков И.В., Солдатова Е.Л., Кундикова Н.Д., Авдин В.В., Чуманов В.И., Войнов И.В., Борщенюк В.Н., Кравцов А.И., Орлова Е.Ю.

Ответственный за выпуск Дьяконов А.А.

Н 34 **Наука ЮУрГУ** [Электронный ресурс]: материалы 69-й научной конференции. Секции технических наук. – Электрон. текст. дан. (19,4 Мб). – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 1 электрон. опт. диск (DVD); 12 см. – Системные требования: PC не ниже класса Pentium I; ОЗУ 512 Mb; ОС Windows 2000/XP/Vista/7/8; Adobe Acrobat Reader; DVD-ROM дисковод. – Загл. с экрана.

Представлены материалы 69-й научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников, которая состоялась в апреле 2017 года.

Отпечатано с авторских оригиналов.

ББК Ч481.46.я43 + Ч215.1.я43

ISBN 978-5-696-04903-8

© Издательский центр ЮУрГУ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Амелькович С.В. Модернизация жилых зданий с применением новых технологий эффективного энергосбережения..... 10

Анисимова Е.Ю., Бортвин Р.Б. Анализ работы системы теплоснабжения с применением термогидравлического разделителя..... 16

Анисимова Е.Ю., Щербак А.Д. Оценка эффективности внедрения режима прерывистого отопления..... 24

Белов С.А., Ильина А.И. Территориальное планирование и ландшафтно-рекреационное благоустройство тропы пенсионеров и урочища «Монахи» в г. Челябинске..... 32

Белов С.А., Саттарова В.У. Перспектива развития дорожно-транспортной сети г. Челябинска с учетом социальной инфраструктуры и ландшафтно-экологического каркаса..... 36

Беляева Т.В. Об особенностях преподавания графических дисциплин на строительных специальностях..... 42

Ворошилов А.П., Головко А.А. Построение ходов электронными тахеометрами в кадастровой деятельности..... 45

Дубовикова Е.П., Лебедев С.Г. Методы и формы внеаудиторной самостоятельной работы студентов..... 50

Колмогорова А.О., Сосновских Е.Г., Ларионова А.А. Восприятие городского пространства жителями Челябинска..... 54

Колобаева Т.В., Сергеева Т.Э. Самостоятельная работа студентов АСИ с элементами проектирования..... 61

Кондратенко Т.А., Саночкин С.А. Состояние и перспективы развития системы озеленения центрального района г. Челябинска..... 65

Короткий В.А. Квадратичные кремоновы преобразования..... 72

Костюнина И.Л., Даутов В.И. Создание трехмерных объектов в AutoCAD..... 80

Кувшинов Н.С. NanoCAD – Графический пакет, заменяющий AutoCAD..... 86

Кучин В.Н., Шилоносова Н.В., Кравченко Т.А., Андриевских Ю.С. Влияние посещаемости занятий студентами на качество обучения... 91

Мельник А.А. Уточнение норм затрат труда при устройстве вентилируемых фасадов..... 96

Оленьков В.Д., Колмогорова А.О., Радзевич М.Ю. Конструктивные особенности сводов храмов Южного Урала..... 106

Оленьков В.Д., Тазеев Н.Т. Градостроительные пути решения экологических проблем (на примере Челябинской агломерации)..... 113

Потапов А.Н. Моделирование задач динамики диссипативных конструкций с нелинейной восстанавливающей силой..... 119

Решетов А.Л., Хмарова Л.И. К вопросу получения твердых копий чертежей, выполненных в пакете AutoCAD..... 125
Сбитнев В.Ф. Решение одной плоской задачи теории упругости с помощью алгебраических полиномов..... 129
Сидоров Г.Ф. Оперативный способ расчета концентрации напряжений в пластинах с отверстиями..... 138
Скоцкая Т.Н., Агеев П.А. Применение российских графических стандартов при выполнении чертежей в AutoCAD..... 143
Телешова Н.А. Всемирные выставки XXI века: архитектура Британских павильонов..... 149
Усманова Е.А. Роль студенческой олимпиады «Прометей» в профессиональной подготовке студента..... 155
Шилоносова Н.В., Малев И.В., Кучин В.Н., Сунагатуллина Д.Р. Прогнозирование развития города Челябинска методом анкетирования..... 158
Шутова О.В. Вариативность подачи теоретического материала на примере задания по инженерной графике..... 165
Ярина Т.В., Усиевич Е.М. Определение толщины изоляционных материалов на примере общественных зданий..... 168

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ ФАУЛЬТЕТ

Пешков Р.А. Определение газодинамических параметров в пусковом контейнере с учетом догорания горючих компонентов..... 172

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Ардашев Д.В. Методологические основы проектирования операций шлифования в условиях многономенклатурного производства.. 178
Сироткин А.А., Чигинцев П.А., Мазеин П.Г. Учебные гибкие производственные модули с компьютерным управлением..... 185
Акинцева А.В., Переверзев П.П. Особенности моделирования съема металла в зонах реверса круга на примере внутреннего шлифования 192
Шаламов В.Г., Сметанин С.Д. Динамика ротационного фрезерования..... 198
Болдырев И.С. Численное моделирование свободного ортогонального резания методом EFG..... 203
Еговцев И.О., Шаламов В.Г. Получение металлических порошков ротационным точением по групповой схеме резания самовращающимися режущими элементами..... 206

Щуров И.А. Повышение качества поверхностей деталей при фрезеровании на станках с ЧПУ..... 212
Щурова А.В. Восстановление шейки вала ротора с базированием по ее обрабатываемой поверхности в цилиндрической опоре подшипника корпуса турбины..... 216
Городкова А.Е. Апробация теплофизической модели процесса микрошлифования..... 220
Шипулин Л.В. Комплексный подход к имитационному моделированию процессов шлифования..... 226
Дегтярева А.С. Обзор методов проектирования операций высокоскоростной обработки с применением систем адаптивного контроля 231
Баев А.В. Учёт вибрационных эффектов при формообразовании узких глубоких пазов и отверстий в системах автоматизированного управления..... 235
Виноградов К.М., Некрутов В.Г., Дорофеев Н.А. Бесконтактный генератор на базе синхронной реактивной машины независимого возбуждения..... 238
Виноградов К.М., Буфетова И.С. Отрицательный опыт применения светодиодных светильников в уличном освещении в муниципальных образованиях Челябинской области..... 242
Некрутов В.Г., Иршин А.В., Шмаков А.П. Повышение эффективности процесса сатурации..... 247
Пестов С.П., Юдин С.Н. Инвариантная система инструментальной оснастки для обработки отверстий на станках с ЧПУ..... 250
Исмагилов А.Р., Исмагилов Д.Р. Определение предпочтительной длины рабочей камеры жидкостно-газового эжектора с помощью программного комплекса Ansys Fluent..... 254

ФАКУЛЬТЕТ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Залавин Я.Е., Ильичев В.Г. Методика расчета кинематических и энергосиловых параметров вальцевой формовки..... 261
Дубинский Ф.С., Зинатулин А.Р., Мальцев П.А. Состояние и тенденции развития непрерывных многониточных прокатных станов... 271
Зайцев Н.Л., Зайцев П.Д. К вопросу оценки напряжённого состояния и остаточного ресурса стальных конструкций по результатам коэрцитиметрических измерений..... 281

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Анчугов А.Е. Определение критической длины линии 0,4 кВ, выполненной четырехпроводными воздушными линиями, при использовании отношения напряжения нулевой последовательности к обратной в качестве критерия обнаружения обрыва нулевого провода 289
Goon V.S., Bakin A.A., Litvinova E.V. A way of the AC machine stator current decreasing…….. 294
Гун В.С., Бакин А.А., Литвинова Е.В. Анализ динамических свойств дискретного контура регулирования по линейному приближению разностных уравнений…….. 296
Волкова О.С. Повышение эффективности светопередачи солнечного световода с учетом светоклиматических особенностей Южного Урала…….. 301
Волкова О.С., Смолина Т.С. Влияние паропроницаемости и влагонасыщения материала на свойства ограждающих конструкций……. 304
Грамм М.И. Три пути учёта энергии в многофазных системах и ортогональные преобразования……... 306
Мартьянов А.С., Калмаков В.А. Методика определения остаточного ресурса на основе математической модели износа…….. 312
Нараева Р.Р. Особенности преподавания электротехнической дисциплины для дистанционного обучения студентов…….. 316
Низамутдинова Н.С., Пташкина-Гирина О.С. Меры государственной поддержки возобновляемой энергетики в мире и РФ…… 320
Пташкина-Гирина О.С., Низамутдинов Р.Ж., Козырев Д.В. Исследование режимов работы теплонасосной установки на многофункциональном стенде…….. 327
Смолин В.И., Яковлев В.А. Метод оценки мгновенного состояния электромагнитной системы трехфазных электромеханических преобразователей……... 333
Сироткин Е.А. Анализ экономической целесообразности применения автоматических систем торможения в конструкциях ветроэнергетических установок……... 337
Топольский Д.В., Топольская И.Г. Развитие технологии «цифровая подстанция»…….. 341

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

Алеева В.Н. Q-эффективная реализация численных алгоритмов…... 346
Алёшин Е.А. О задаче оптимального управления тепловым режимом здания с неопределенностью в начальном состоянии…….. 354

Баринов А.Е., Рябцева О.В. Адаптивная оценка риска в облачных инфраструктурах..... 357
Зырянов Г.В. Цифровая реализация алгоритмов управления угловым движением летательного аппарата..... 362
Исмагамбетова В.К., Плетенкова А.Д., Бердюгин В.Ю. Исследование методов защиты от кибератак системы ботнет..... 369
Костюченко Е.А., Бердюгин В.Ю. Организация раннего обнаружения лиц, склонных к разглашению конфиденциальной информации 374
Салов Д.Д., Ибряева О.Л. Применение классического и модифицированного метода матричных пучков для обнаружения сигнала в шуме..... 379
Силкина Н.С., Федосеев Г.И. Опыт разработки REST-сервиса на примере системы информирования клиентов охранного предприятия 383
Соколинская И.М. Следящий алгоритм решения нестационарной задачи линейного программирования..... 390
Чернецкий В.О. Параметрический синтез нелинейных регуляторов многоконтурных следящих систем..... 398
Щербаков В.П. Гибридный алгоритм оценки параметров динамического объекта..... 404

ФАКУЛЬТЕТ ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

Наумов А.В., Дудоров В.В. Новые компьютерные технологии при изучении дисциплины «Тактическая подготовка»..... 409
Тазетдинов М.Н., Хахалев А.И. Поворотливость колесной машины 8×8 с комбинированной системой управления поворотом..... 415
Зайчиков Ю.Н., Сидоров В.А. Подготовка танкистов с использованием технических средств в иностранных армиях..... 420
Кузнецов В.М., Наумов А.В. Особенности организации технического обеспечения подразделений танковых войск на марше..... 429
Хуснутдинов А.М., Полянский А.Н. Вопросы организации технического обслуживания бронетанковой техники..... 437
Меньк А.Р., Белов А.А. Значение ремонта БТВТ в современных условиях..... 441
Белов А.А., Покрышкин А.Б. Совершенствование методической подготовки студентов, обучающихся по программе сержантов запаса ВУС-824182, 825182..... 446
Меньк А.Р., Мешков А.Ю. Уровень патриотизма слушателей факультета военного обучения..... 453

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ В г. МИАСС

Киселёв В.И., Наговицына О.Ю., Котова Н.В. Математические проблемы и методы в задачах экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного города…… 457
Абдуллин Р.Р., Мухачев А.Г. Методы перемещений, ускорений, выделения квазистатических составляющих в расчетах внутренних силовых факторов в конструкциях ракет при полете…….... 462
Смоленцев Н.И., Четошникова Л.М., Казанцев А.М. Повышение электросбережения и энергоэффективности в троллейбусных электросетях Миасского депо с помощью накопителей энергии……... 470
Казанцев А.М., Носиков М.В. Алгоритмическое обеспечение зон безопасности манипулятора МР-48…… 478
Смоленцев Н.И., Лысов А.Н., Казанцев А.М. Силовые гиростабилизаторы (гиродины) с бесконтактным сверхпроводящим подвесом маховика для космических летательных аппаратов…… 486
Читалов Д.И., Тимофеев Д.Н. Роботизация в аэрокосмической промышленности…….. 492
Телегин А.И., Тимофеев Д.Н., Читалов Д.И. Web-приложение для моделирования РТК…… 500
Горшков В.А. Об особенностях реализации в СМК современных предприятий требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в части оценки рисков 509

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ В г. ЗЛАТОУСТ

Пестов С.П. Компьютерное моделирование точности обработки отверстий концевыми мерными инструментами на переходах…….... 514
Сорокин Г.В. Сбор и анализ данных для мониторинга аудитории сайтов…… 519
Сандалов В.М., Романов К.В. Автономное зарядное устройство на базе модуля Пельтье…… 523
Шведова Е.В. Анализ результатов поверки средств измерений, применяемых в сфере энергосбережения…….. 530
Заскалина Е.Н. Реализация межпредметных связей в программной среде MathCAD…… 533
Трофимов Е.А., Галкина Д.П. Анализ фазовых равновесий, реализующихся в боросиликатных системах, включающих щелочные и щелочноземельные металлы…… 535
Трофимова С.Н. Оценка влияния атмосферных условий на разрядные напряжения в электрических сетях…… 540
Халиулин Е.В., Козлов А.В. Станок для гибки труб из титановых сплавов……... 545

Бружас В.В., Лопатин Б.А., Романов Н.В. Построение моделей зубчатых колес методом обкатки инструментом реечного типа в САПР «КОМПАС 3D»…….. 549

ФИЛИАЛ В г.ОЗЕРСК

Акинцева А.В. Моделирование съема металла в процессе внутришлифовальной обработки прерывистых поверхностей……... 557
Акинцева А.В., Баранов И.В., Кротов И.И., Малева Т.А. Анализ влияния структурных составляющих цикла на процесс внутреннего шлифования……... 563
Калугин Ю.Е. Уточнение функций профессионального самообразования…….. 571
Калугин Ю.Е. Понятие «образование» в широком и узком смыслах 576
Кононов С.Н., Кононова Ю.Б. Общий подход к созданию контента СДО с интегрированными элементами имитационного моделирования……... 581
Химичева Д.П. Информационно-коммуникационные технологии в современной дошкольной образовательной среде……. 583
Елисеенко О.В. О правовых знаниях детей старшего дошкольного возраста в сфере образования…….. 587
Силаева Л.А. Пути повышения мотивации студентов к аудиторным занятиям и самостоятельной работе по начертательной геометрии... 592

ФИЛИАЛ В г. САТКА

Масолов В.В. Включение трёхфазного двигателя переменного тока от однофазной электрической системы……. 597
Михайлов А.В. Использование профессионального инструмента как способ повышения производительности труда…….. 601
Михайлов В.В., Михайлов А.В. Разработка и изготовление лабораторного стенда «Энергоснабжение в осветительных сетях промышленного предприятия»…… 602

ФИЛИАЛ В г. НИЖНЕВАРТОВСК

Топольский Д.В. Развитие слабого искусственного интеллекта в энергетике…….. 605
Юмагулов Н.И., Галиев А.Л. Устройство, осуществляющее воздействие на объект исследования сигналами затухающих колебаний с заданной энергией…….. 609

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

УДК 69.07 +620.9.004.18

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭФФЕКТИВНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

С.В. Амелькович

Актуализированы проблемы энергосберегающего домостроения. Рассмотрены возможности применения нетрадиционных источников энергии. Установлены основания, по которым реконструкция влечет за собой модернизацию энергетического хозяйства. Рассмотрена концепция пассивного дома.

Ключевые слова: реконструкция, модернизация, энергосберегающий эффект, пассивный дом.

Решение проблемы энергосберегающего домостроения сегодня невозможно только за счет применения традиционных технологий и мероприятий, предусматривающих лишь увеличение теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций зданий. Этот ресурс экономии энергии сегодня практически исчерпан, т.к. тепловые потери через наружные конструкции зданий составляют 25 % от общего теплопотребления здания, а 75 % приходится на вентиляцию и горячее водоснабжение. В связи с этим технологии, технические решения при строительстве и реконструкции, введение нового оборудования для активного энергосбережения являются весьма актуальными вопросами. Это не только утепление зданий, но и, прежде всего, создание систем вентиляции, утилизирующих сбросное тепло вентиляционных выбросов и других вторичных энергоресурсов, теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения. Такие системы используют тепло грунта и других нетрадиционных источников энергии, двухтрубные системы отопления с регулируемой теплоотдачей, а также системы учета и контроля потребления энергоресурсов и управление микроклиматом, обеспечивающие наибольший резерв экономии энергии.

Наивно предполагать, что сегодня люди если что-то и строят, то делают это на века. Часто владельцы зданий, живущие в них много лет, необъективно оценивают состояние здания или его техническое оснащение. Например, могут встречаться утверждения наподобие следующего: «Мы же совсем недавно меняли систему отопления», хотя на самом деле это было 25 лет тому назад. Как правило, владельцы склонны завышать субъективную оценку здания по сравнению с его реальной стоимостью. Тем не менее, для каждого здания можно найти побудительные мотивы к реконструкции и выбрать целый пакет мероприятий по его модернизации. При этом не важно, что это может быть – влажная стена, облупившийся фасад, высокие це-

ны за отопление или просто желание владельца обновить свое жилье. В любом случае существует достаточно оснований, по которым и без того неизбежная реконструкция домов старой постройки может повлечь за собой еще и модернизацию энергетического хозяйства. В идеальном случае эти усовершенствования сочетают в себе средства по оптимизации освещенности, повышению комфорта и энергетической эффективности (табл. 1).

Таблица 1

Средства реконструкции, обеспечивающие повышение комфортности жилья при одновременном внедрении энергосберегающих технологий

Мероприятие	**Повышение комфортности**	**Энергосберегающий эффект**
Увеличение окон и улучшение остекления	Повышение освещенности, улучшение вида из окна, улучшенный обогрев поверхностей, снижение конвективной составляющей	До 15 % за счет повышения доли пассивной составляющей солнечного отопления, меньший расход электроэнергии за счет более эффективного использования дневного освещения
Реставрация фасада	Осушение стен за счет смещения точки росы, повышение температуры внутренних поверхностей	До 20 % снижает утечки тепла за счет теплопередачи
Обновление, реконструкция или надстройка крыши	Экономически выгодный вариант получения дополнительного жилого пространства, снижение перегрева основных жилых помещений в летнее время	До 20 % снижает утечки тепла за счет теплопередачи
Новые полы	Поглощение ударных шумов, теплые полы	Примерно на 5 % снижает утечку тепла за счет теплопередачи
Термическая (пассивная) солнечная установка	Солнечный нагрев воды	До 70 % горячей воды, до 30 % общего потребления горячей воды
Фотогальваническая энергетическая установка	Высокая окупаемость в течение ближайших 20 лет	До 100 % покрывает потребности в индивидуально подключении электроэнергии
Модернизация отопительной системы	Возможности плавного регулирования по мере необходимости	Применение техники максимального использования теплоты сгорания топлива: энергетические расходы снижаются на 20 % по сравнению с более старым оборудованием

Окончание табл. 1

Мероприятие	Повышение комфортности	Энергосберегающий эффект
Управляемая вентиляция	Совершенствование микроклимата в помещении (влажность, процентное содержание CO2), фильтрация цветочной пыльцы и мелкой пыли, недопущение образования пыли	До 30 % общего теплопотребления

Концепция пассивного дома

Как известно, стандарт на пассивный дом предписывает получать как можно большие объемы энергии из возобновляемых источников. В результате реконструкции здания основным источником энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения стал солнечный коллектор площадью 15 м^2. В пасмурные дни включается расположенный на крыше воздушно-водяной тепловой насос. Оба источника энергии передают выработанное тепло в 2600-литровй буферный накопитель-теплообменник с интегрированным бойлером горячего водоснабжения на 300 литров. От этого накопителя снабжаются все точки отбора воды для технических целей, все стиральные машины, а также все калориферы управляемой системы парового отопления. Еще одной важной составной частью концепции пассивного дома является управляемая система вентиляции квартир. Применение такого оборудования диктуется необходимостью обеспечить герметичность оболочки, заключающей отапливаемые помещения здания, а так же удовлетворить требования стандарта на пассивный дом по минимизации потерь тепла на выветривание. Каждая квартира оборудована собственной вентиляционной установкой (Maico) с интегрированной системой рекуперации тепла. Жильцы могут самостоятельно устанавливать желательную кратность воздухообмена с помощью трехступенчатого регулятора. Дом общей площадью 111 м^2 благодаря своей форме имеет благоприятное соотношение общей площади поверхностей и поверхностей, через которые возможен дополнительный приток энергии. Примерно 70 % площади поверхностей ограждающих конструкций реконструированного здания имеют коэффициент теплопередачи U=0,15 Вт/м^2*К. Толщина слоя теплоизоляции из минерального волокна варьируется от 16 до 40 см.

Выходящий на улицу фасад составляет примерно одну пятую часть всех ограждающих конструкций здания. В ходе реконструкции предъявлялось требование, которое заключалось в том, чтобы фасад оптически подвергся минимальным изменениям. Благодаря слою внутренней теплоизоляции толщиной 3 см и новому слою наружной теплоизоляции такой же толщины коэффициент теплопередачи этой наружной стены составил 0,36 Вт/м^2*К.

Ещё 10 % ограждающих конструкций зданий составляют окна. Окна имеют коэффициент теплопередачи менее 0,7 Вт/м^2*К. Таким образом, окна утеплены довольно хорошо, зато и обошлись они относительно дорого. На фасаде, выходящем на улицу, оконные рамы были установлены вровень с поверхностью фасада и герметично проклеены. Чтобы удалить «мостики холода», теплоизолирующие плиты из лубяного волокна были установлены так, чтобы покрывать поверхность рам вровень со слоем теплоизоляции на наружном фасаде.

За счет этого было достигнуто повышение температуры поверхности окон на 2 градуса. Окна, выходящие во двор, находятся внутри слоя теплоизоляции, что гарантирует почти полное отсутствие «мостиков холода». За счет проклеивания стыков в месте сопряжения окна со стеной была обеспечена необходимая герметичность.

Конструкция кровли была смонтирована заранее и устанавливалась уже в собранном виде. Это была очень сложная часть процесса реконструкции (рис.).

Установка предварительно собранной кровельной конструкции

Инженерное оборудование здания

Помимо повышения уровня комфорта, обеспечиваемого для жильцов, автоматическая система вентиляции позволяет поддерживать относительную влажность воздуха на постоянном уровне. За счет этого даже при температуре поверхностей около 10° (до такого уровня температуры поверхностей в населенном пассивном доме никогда не опускаются) активируется защита от выпадения конденсата и связанных с этим повреждений. В состав вентиляционного оборудования входит встраиваемый специализированный калорифер (водно-воздушный теплообменник), благодаря которому возможна рекуперация тепла от вытяжного нагретого воздуха. Рекуперация тепла позволяет бесконечно поддерживать в помещении комфортный тепловой режим без привлечения дополнительного отопительного оборудования.

Расход первичной энергии на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и электроэнергию для бытовых нужд до реконструкции составлял около 1000 Вт/м^2*К в год. В результате реконструкции он был снижен в 10 раз.

Старая конструкция здания в основном осталась без изменений. Несмотря на большие комнаты, квартиры сохранили свою привлекательность и очарование. По соображениям культуры и экологии строительства был демонтирован лишь необходимый минимум элементов здания, и все, что можно было сохранить, было сохранено, в том числе внутренние стены, оконные рамы и дверные коробки, обшивка цоколя.

Таблица 2

Технические параметры здания до и после реконструкции

Конструктивные элементы здания	**Площадь, м^2**	**U, Вт/м^2*К**	**Мероприятия по реконструкции**	**U, Вт/м^2*К**
Крыша	99,6		Новая стропильная конструкция в сборе с теплоизоляцией, толщиной 40 см	0,09
Наружные стены	396,4			
Фасад, выходящий на улицу	79		Теплоизоляция толщиной 3 см внутри и снаружи	0,36
Подвальные наружные стены	317		Комплексная система теплоизоляции (WDVS) толщиной то 16 до 32 см	0,10
Подвальные перекрытия	95		Теплоизоляция толщиной 23 см под перекрытием	0,14
Окна, двери	59	2,6	Новые окна – теплоизолированные стеклопакеты с тройным остеклением и утепленными рамами	0,75
Инженерное оборудование здания до реконструкции			**Мероприятия по реконструкции**	
Вентиляция	Ручное проветривание через окна		Автоматически управляемая система вентиляции с рекуперацией тепла	Кратность воздухообмена 0,3–0,5
Отопление	Общий отопительный котёл (жидкое топливо) + электрообогреватели		Распределительная система вентиляции с нагревательным калорифером, регенеративные печи на случай пиковых нагрузок	Проект по замерам фактического расхода еще не закончен
Горячее водоснабжение			Солнечный коллектор, площадью 15 м^2 + воздушно-водяной тепловой насос (9 кВт) с теплообменником-накопителем (2600 л) и встроенным бойлером (300 л)	
Жилая площадь до реконструкции	**Расход энергии на отопление и горячее водоснабжение**		**Жилая площадь после реконструкции**	**Расход энергии на отопление и горячее водоснабжение**
375 м^2	Нет данных		375 м^2	13,3 кВт/м^2*год (расчетный)

Заключение. За последние 30 лет общепринятый стиль жизни фундаментально изменился. Требования к жилью давно уже переросли тот уровень, для которого основную роль играла формулировка «главное – это чтобы было тепло и сухо». При этом изменились требования не только к количеству жилой площади, но и стандарты на отделку жилых помещений. Требования к полам, облицовочной плитке, ванным комнатам и санузлам, а также к архитектурно-планировочным элементам достигли доселе невиданно высокого уровня. Сейчас уже невозможно себе представить, в каких условиях люди жили еще 50 лет назад. Поскольку реконструкции подлежат уже такие здания, возраст которых составляет более 30 лет, сравнение современных домов со зданиями, чей возраст превышает эту цифру, иногда просто не имеет практического смысла.

Библиографический список

1. Граник, Ю.Г. Конструкции наружных ограждений и инженерные системы в новых типах энергоэффективных жилых зданий / Ю.Г. Граник, А.А. Магай, В.С. Беляев // Энергосбережение. – 2003. – № 5. – С. 73–75.

2. Рей, Д Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайл; пер. с англ. – М: Энергоиздат, 1982. – 224 с.

3. Табунщиков, Ю.А Энергетически пассивный многоэтажный жилой дом / Ю.А. Табунщиков // АВОК. – 2013. – № 1. – С. 14–23.

4. Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов / В. Файст. – М.

5. Шилкин, Н.В. Пассивные здания: возможности современного строительства / Н.В. Шилкин // Энергосбережение. – 2011. – № 4. – С. 34–41.

6. Мультикомфортный дом ISOVER. Комфорт и безопасность для окружающей среды // Брошюра компании SAINT. – GOBAIN ISOVER, 2012. – 11 с.

7. URL: http://www.saveplanet.su/articles_442.html, http://www.computerra.ru/78045/tsement-ochishhayushhiy-gorodskoy-vozduh-ot-zagryazneniy/, http://www.membrana.ru/particle/10721.

8. URL: http://ventys.ru/articles/rekuperatsiya-tepla.

9. URL: http://www.newgazon.ru/konstr.html.

К содержанию

УДК 697 + 697.3

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗДЕЛИТЕЛЯ

Е.Ю. Анисимова, Р.Б. Бортвин

Приведены данные о результатах анализа работы системы теплоснабжения с применением термогидравлического разделителя. Выполнен обзор литературы по данной теме. Произведена оценка работы термогидравлического разделителя при различных гидравлических режимах системы теплоснабжения и упрощенной методики подбора габаритных размеров термогидравлического разделителя.

Ключевые слова: термогидравлический разделитель (ТГР), централизованное теплоснабжение (ЦТС), децентрализованное теплоснабжение (ДЦТС), индивидуальный тепловой пункт (ИТП).

В настоящее время в России преимущественно используется ЦТС. В основе ЦТС лежат комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на ТЭЦ (или крупных котельных) и доставка тепла по тепловым сетям потребителям. ЦТС позволяет снизить расход топлива и эксплуатационных затрат, даёт возможность использования низкосортного топлива, уменьшает степень загрязнения воздушного бассейна и улучшает санитарное состояние населённых пунктов.

Однако в последнее время в адрес ЦТС поступает множество критических замечаний, связанных с несоблюдением температурного графика и требуемых располагаемых напоров у потребителей, большими потерями тепла и значительными утечками теплоносителя в сетях.

Вышеперечисленные проблемы приводят к снижению надежности и эффективности теплоснабжения, а также к повышению тарифов на оплату за энергоресурсы.

К одним из способов, позволяющих обеспечить потребителям многоквартирных жилых домов, производственных и общественных зданий существенную экономию при оплате за энергоресурсы, а также повысить качество теплоснабжения, можно отнести системы ДЦТС. Рассмотрим автономную систему ДЦТС на базе автоматизированной блочно-модульной котельной с применением ТГР.

Термогидравлический разделитель (ТГР) – устройство для гидравлического разделения потоков теплоносителя между первичным контуром (котловым) и вторичным (контур потребителей). Конструктивно ТГР представляет собой некую вертикальную ёмкость с сечением в виде окружности или квадрата (рис. 1). Обычно имеет 4 рабочих патрубка: 2 напротив друг друга или со смещением вверху и 2 напротив друг друга или со смещением внизу.

ТГР является простым в изготовлении и оригинальным по простоте устройством, устраняющим разбалансированность системы теплоснабжения.

Применение схем с ТГР в котельных и ИТП не нарушает требования [1] и [2].

Рис. 1. Термогидравлический разделитель с гидроколлектором

По принципу работы ТГР представляет собой короткозамкнутый участок, который имеет минимальное гидравлическое сопротивление. Основная задача ТГР – гидравлическое разделение контуров потребителей тепла, со своими условиями циркуляции теплоносителя и графиком теплопотребления от котлового контура, с его практически постоянным гидравлическим режимом, обеспечивающим надежные условия охлаждения теплопринимающих поверхностей. Более подробная информация об особенностях применения ТГР в системах теплоснабжения изложена в [3].

ТГР создает благоприятный режим работы для котла, снижает вероятность разрушения его теплообменника из-за температурных напряжений и гидроударов (например, при включении/выключении насоса на контур системы горячего водоснабжения).

Помимо своего основного назначения – гидравлического разделения контура распределительной сети от контуров потребителей – ТГР также

является фильтром-отстойником для крупных взвешенных частиц (шлама), т.е. выполняет функцию грязевика и производит удаление неконденсирующихся газов (воздуха).

Рассмотрим упрощенную тепловую схему котельной с использованием ТГР (рис. 2).

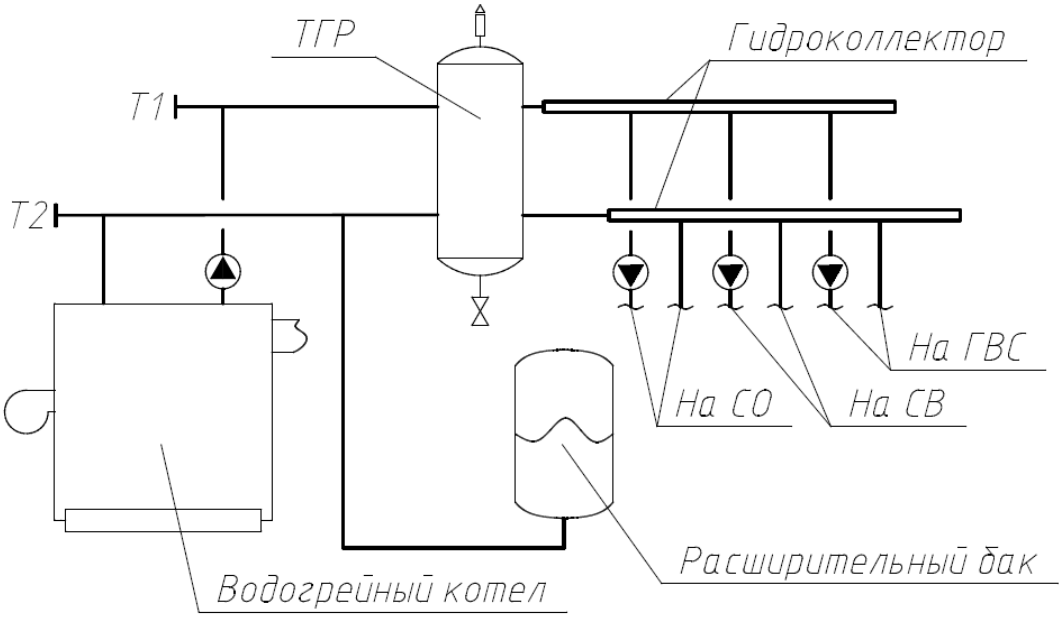


Рис. 2. Упрощенная схема ИТП с применением ТГР

В данной схеме в качестве основных элементов применяются: газовый водогрейный котел, ТГР с гидроколлектором, расширительный бак, циркуляционные насосы. Три потребителя тепловой энергии: система отопления (СО), система вентиляции (СВ) и система горячего водоснабжения (ГВС).

Для выбора ТГР необходимо определить полную тепловую нагрузку.

Методика определения расчетных нагрузок на системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения эксплуатируемых жилых и общественных зданий приведена в приложении А [4].

Рассмотрим основные режимы работы ТГР в системе ДЦТС, представленные производителем инженерного оборудования «VALTEC».

Режим 1. Нагрузка на контур потребителей такова, что расходы G и температуры в первичном (котловом) и вторичном (контур потребителей) контурах совпадают (G1 = G11 = G2 = G21, T1 = T11, T21 = T2), где G1,T1 и G2,T2 – расход и температура теплоносителя на подающей и обратной линиях в первичном контуре соответственно; G11,T11 и G21,T21 – расход и температура теплоносителя на подающей и обратной линиях во вторичном контуре соответственно.

В этом случае ТГР «включен» напрямую и работает как два раздельных трубопровода.

Схема движения, хромограммы скоростей и давлений теплоносителя в корпусе ТГР показаны для этого режима на рис. 3 и 4. Такой режим можно назвать расчетным.

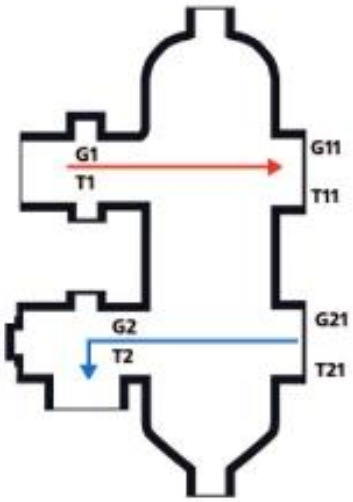


Рис. 3. Схема движения теплоносителя
в корпусе ТГР (режим 1)

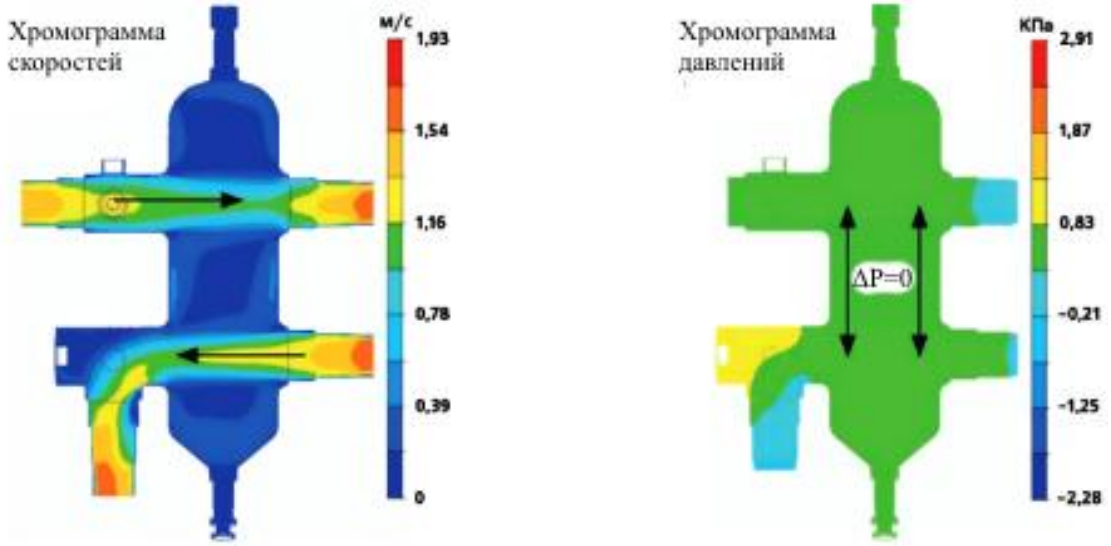


Рис. 4. Хромограммы скоростей и давлений теплоносителя
в корпусе ТГР (режим 1)

Режим 2. Контур потребителей перегружен. Суммарный расход в контуре потребителей превышает расход в котловом контуре ($G1 < G11$, $T1 > T11$; $T21 = T2$; $G1 = G2$; $G11 = G21$). Разность расходов компенсируется подмесом в линию подачи контура потребителей части теплоносителя из его «обратки» (рис. 5, 6).

Режим описывают следующие формулы:

$\Delta T1 = T1 – T2 = Q/c \cdot G1$;

$\Delta T2 = T11 - T21 = Q/c \cdot G11;$
$T2 = T1 - \Delta T1;$
$T11 = T21 + \Delta T2.$

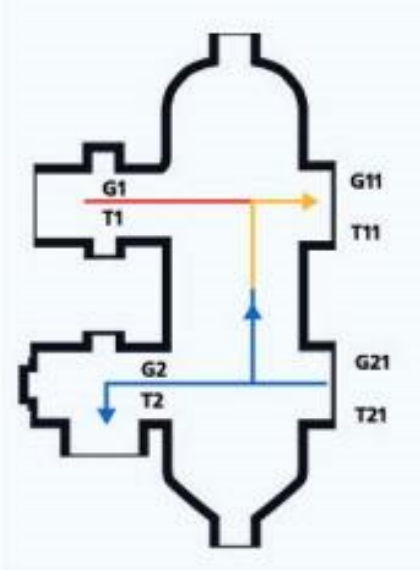


Рис. 5. Схема движения теплоносителя
в корпусе ТГР (режим 2)

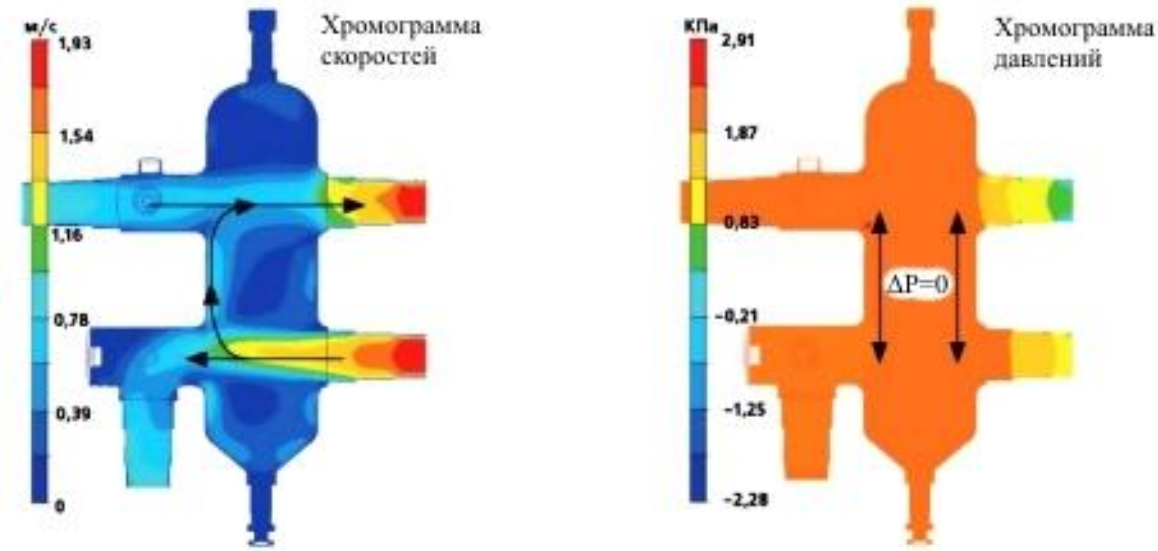


Рис. 6. Хромограммы скоростей и давлений теплоносителя
в корпусе ТГР (режим 2)

Режим 3. Контур потребителей недогружен. Суммарный расход в котловом контуре превышает расход в контуре потребителей (G1 > G11, T1 = T11, T21 < T2, G1 = G2, G11 = G21). При этом избыток теплоносителя возвращается в котловой контур через ТГР, не попадая в контур потреби-

телей (рис. 7, 8). Данный режим является оптимальным при необходимости защиты котла от низкотемпературной коррозии.

Расчетные формулы:

$\Delta T1 = T1 – T2 = Q/c \cdot G1;$

$\Delta T2 = T11 – T21 = Q/c \cdot G11;$

$T2 = T1 – \Delta T1;$

$T11 = T1;$

$T21 = T11 – \Delta T2.$

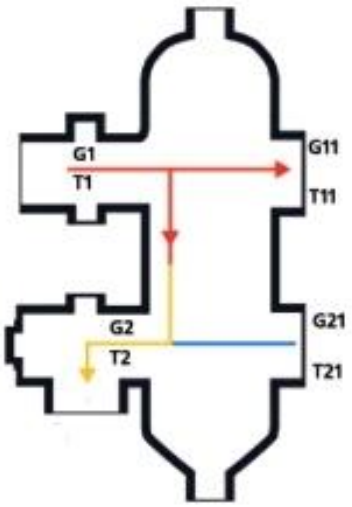


Рис. 7. Схема движения теплоносителя в корпусе ТГР (режим 3)

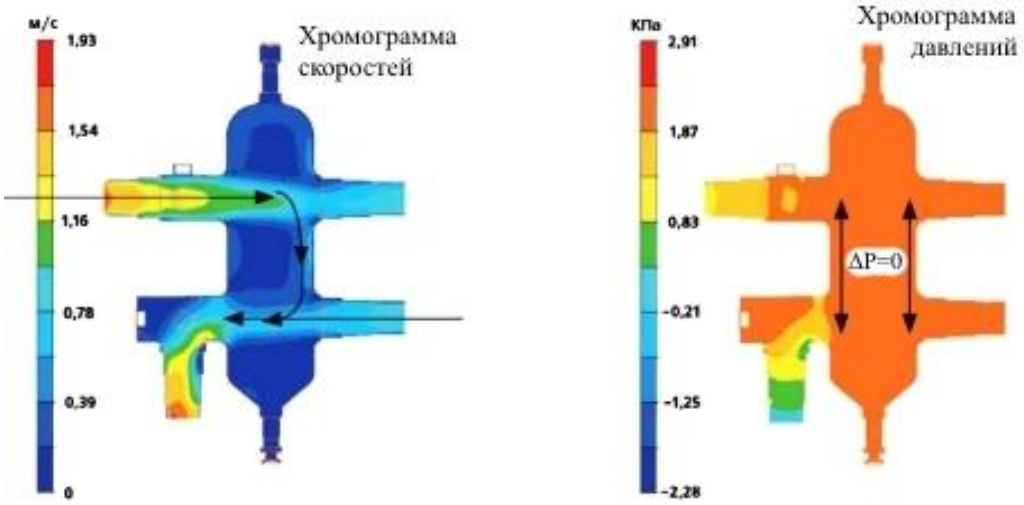


Рис. 8. Хромограммы скоростей и давлений теплоносителя в корпусе ТГР (режим 3)

В Ивановском государственном энергетическом университете проводились исследования работы ТГР. В отчете о научно-исследовательской работе [5] представлены различные схемы с применением ТГР и ЧРП в сис-

темах ЦТС и ДЦТС, а также гидравлические расчеты ТГР. Результаты проводимых расчетов и анализ использования различных схем с применением ТГР и ЧРП показали высокую эффективность, простоту и надежность использования таких схем не только в ДЦТС, но и возможность применения их в системах при ЦТС.

На практике для выбора габаритных размеров ТГР, как правило, используют упрощенный способ, основанный на общих законах гидравлики [6]. Этот расчет основан на определении диаметра поперечного сечения ТГР в зависимости от максимального расхода воды через ТГР:

$$D = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot G_{ТГР}}{3600 \cdot \pi \cdot W}},$$

где W – максимальная вертикальная скорость движения теплоносителя в ТГР, принимается 0,1 м/с; π – константа, отношение длины окружности к диаметру этой окружности, принимается 3,14; $G_{г.р}$ – расход воды через гидроразделитель, м^3/ч, определяется по формуле:

$$G_{г.р} = G_{в.к} \cdot \frac{T_1 - \tau_1}{T_1 - \tau_2}.$$

Здесь $G_{в.к}$ – расход теплоносителя во вторичном контуре в период наибольшей разности расходов в первичном и вторичном контурах, м^3/ч; τ_1, τ_2 – температура теплоносителя во вторичном контуре на подающем и обратном трубопроводе соответственно, °С; T_1 – расчетная температура теплоносителя в первичном контуре на подающей линии, °С.

Также на практике для определения габаритных размеров ТГР используют так называемый метод «трех диаметров» и метод «чередующихся патрубков» (рис. 9).

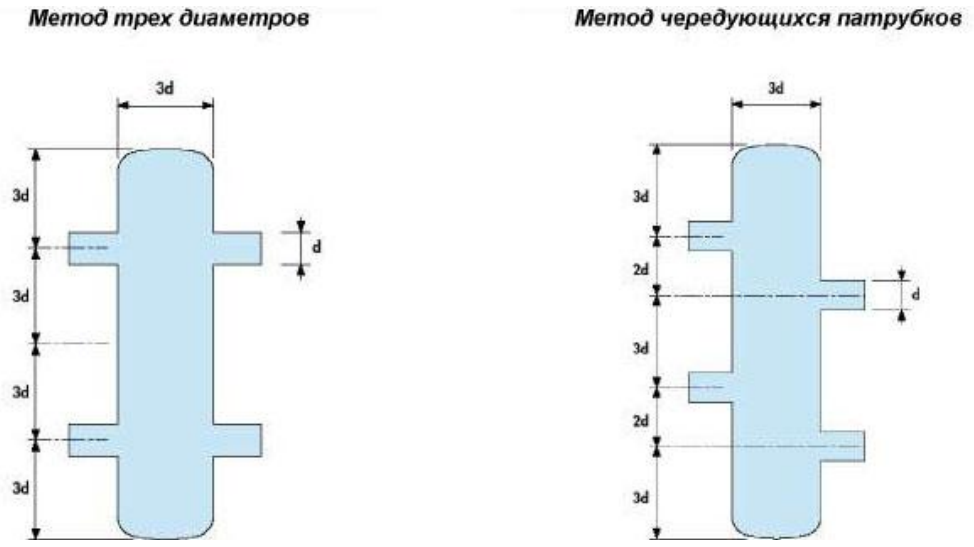


Рис. 9. Иллюстрация методов «трех диаметров»
и «чередующихся патрубков»

Однако приведенные выше методы не учитывает некоторые факторы: влияние высоты ТГР на изменение температуры теплоносителя (термический градиент), влияние изменения всех габаритных размеров на гидравлический режим работы и образование застойных зон теплоносителя в ТГР и т.д.

Заключение. ТГР может быть эффективно использован в системах ДЦТС с несколькими потребителями тепловой энергии. Данное устройство имеет множество преимуществ перед независимым присоединением контуров через теплообменник, исключая гидравлическое влияние между контурами при изменении расходов теплоносителя у потребителей. Может выполнять функцию грязевика и деаэратора. Низкая стоимость, простота конструкции и высокая эффективность работы открывают большие перспективы для использования схем подключения с ТГР в системах теплоснабжения.

Библиографический список

1. СП 89.13330.2012 Котельные установки. – М.: Минрегион России, 2012.

2. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. – М.: Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997.

3. Использование гидравлического разделителя при децентрализованном теплоснабжении здания // АВОК. – 2000. – № 4.

4. Р НП «АВОК» 3.3.1-2009. Автоматизированные индивидуальные тепловые пункты в зданиях взамен центральных тепловых пунктов, 2009.

5. Отчет о научно-исследовательской работе на тему: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счет разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла» / В.П. Созинов и др. – ИГЭУ, 2011.

6. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика: учебник для вузов / А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987.

К содержанию

УДК 697.3 + 697.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РЕЖИМА ПРЕРЫВИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ

Е.Ю. Анисимова, А.Д. Щербак

Проводится оценка эффективности внедрения оптимального режима прерывистого отопления для здания комбината бытового обслуживания в городе Челябинске. Оптимальный режим прерывистого отопления обеспечивает экономию тепловой энергии с соблюдением требуемых параметров микроклимата. Показаны графические зависимости величины экономии тепловой энергии от тепловой инерционности здания и температуры наружного воздуха. Определены капитальные затраты при конструировании системы с режимом прерывистого отопления.

Ключевые слова: энергосбережение, режим прерывистого отопления, постоянная времени здания, тепловая инерция, энергоэффективность, регулирование системы отопления.

На сегодняшний день невозможно представить себе новое здание, сооружение или систему, которая хотя бы частично не была ориентирована на экономию энергии. Инженерные системы во вновь строящихся зданиях (в частности, отопление) имеют так называемый «минимальный набор» устройств и мер по энергосбережению:

– пофасадное регулирование отпуска теплоты;

– регулирование температуры воды в системе горячего водоснабжения;

– применение автоматических и ручных терморегулирующих вентилей у отопительных приборов;

– установка теплосчетчиков (как мера, стимулирующая энергосбережение).

Все эти мероприятия известны давно, но лишь последние несколько лет они закрепились в российской энергетической структуре.

Постоянное удорожание энергоносителей, постепенное перестроение политики государства и опыт других стран заставляет россиян всерьез задумываться об экономии природных ресурсов.

Изношенность тепловых сетей, большие потери тепла при транспортировке и достаточно низкий КПД большинства теплоэлектростанций в России постепенно приводят к росту децентрализации теплоснабжения. На фоне этого появляется возможность использования такого способа экономии тепловой энергии в общественных и промышленных зданиях, как режим прерывистого отопления (РПО). РПО заключается в поддержании температуры внутреннего воздуха в помещении на требуемом уровне в течение времени, когда здание эксплуатируется, и снижении внутренней

температуры, а соответственно и тепловой мощности системы отопления, в остальное время – ночью, в выходные дни и т.д. Причем, СП 60.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция, кондиционирование» рекомендует проектировать такое регулирование отпуска теплоты.

РПО – та мера, которая требует минимум капитальных вложений в виде оборудования, однако позволяет экономить за отопительный период 6–7 % тепловой энергии. Основное условие для её работы – резерв мощности источника теплоты, что делает невозможным применение такой системы при подключении к централизованному источнику энергии.

Анализ литературы не дает четкого понятия о результатах действия таких систем на реальных объектах различного назначения. Существует несколько статей как российских авторов [1, 2], так и зарубежных [3, 4] об экспериментах по выбору наиболее эффективного отопительного прибора, проверке математических и 3D-моделей, сравнении полученных данных с модели с экспериментальными.

Большинство работ имеют сложные расчетные формулы и зависимости [3], что зачастую непривлекательно для заказчика либо проектировщика, которые рассматривают режим прерывистого отопления в качестве способа экономии тепловой энергии.

Таким образом обнаруживается, что данная тема не получает необходимого объема исследований и объема практического внедрения, чтобы можно было пользоваться этими результатами для обоснования выбора РПО в качестве энергосберегающего мероприятия.

В качестве объекта исследования было выбрано нежилое здание комбината бытового обслуживания в г. Челябинске. Для нужд отопления и ГВС используется газовый водогрейный котел. Здание имеет среднюю степень остекленности наружных ограждающих конструкций, общие теплопотери составляют 64 кВт. Основная часть помещений имеет общий температурный режим $t_в = 18$ °С. В качестве отопительных приборов были выбраны биметаллические радиаторы, т.к. они имеют низкую инерционность и обеспечивают максимальную скорость разогрева помещения, что обосновывается в опытах [1, 5]. Ниже приведены характеристики слоев наружной стены:

1. Кирпич рядовой одинарный полнотелый КР-р-ПО/1НФ/150/2.0/25 ГОСТ 530-2012 ρ= 1800 кг/м^3, δ_1=0,51 м, λ=0,81 Вт/(м·°С).

2. Теплоизоляционные плиты на основе базальтового волокна ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ ТУ 5762-010-74182181-2012 γ = 80 кг/м^3, δ_2=0,1 м, λ=0,038 Вт/(м·°С).

3. Облицовка фасадными кассетами.

Рабочий день на исследуемом объекте продолжается с 9-00 до 18-00, то есть нерабочий период составляет 15 часов. За этот промежуток времени можно обеспечить экономию тепловой энергии за счет отключения систе-

мы отопления и последующего интенсивного разогрева здания. Согласно [6], в жилых, общественных, административно-бытовых и производственных помещениях можно снижать температуру внутреннего воздуха, но необходимо обеспечивать требуемую температуру к моменту использования помещения. Ввиду того, что происходит остывание помещения, необходимо проверять, чтобы температура внутреннего воздуха не опускалась ниже требуемого значения по [7] во избежание выпадения конденсата на внутренней поверхности стены. При данных параметрах влажности воздуха она составляет $t_{\text{в}}^{min} = 12$ °С.

Анализировалась зависимость количества сэкономленного тепла от величины, характеризующей тепловую инерцию здания. Постоянная времени, характеризующая тепловую инерцию здания, вычислялась по следующей формуле из [5]:

$$T = \frac{c \cdot \rho \cdot F \cdot \delta}{2 q_0 V} \cdot \left(\frac{\delta}{R\lambda} + \frac{2}{R' \alpha_{\text{н}}} \right) = 39{,}3 \text{ ч},$$

где c – теплоемкость материала наружной стены; ρ – плотность материала наружной стены; F – площадь наружной поверхности здания, δ, R – соответственно толщина и приведенное термическое сопротивление теплопередаче наружной стены здания, λ – коэффициент теплопроводности материала, α_H – коэффициент теплоотдачи для наружной поверхности стены здания; q_0 – удельная тепловая характеристика здания, V – объем здания.

Конструкция стены состоит из двух слоев, однако постоянная времени для слоя теплоизоляции незначительно мала. Исходя из этого, к расчету была принята постоянная времени для основного конструктивного слоя – кирпича.

Далее определяли временные интервалы охлаждения, τ_1, и разогрева, τ_2, здания при различных температурах наружного воздуха, tн. Особенностью является то, что в начале и в конце рассматриваемого промежутка времени избыточная температура должна быть равна одному и тому же значению $\theta_0 = t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$. При этом $t_{\text{н}} = const$ за исследуемый период.

Кроме того, вычислялись затраты тепловой энергии в РПО и в обычном режиме отопления. Таким образом, количество теплоты, израсходованной системой отопления, оценивалось следующими зависимостями [5]:

– расход теплоты для системы отопления, реализующей режим прерывистого отопления, Вт·ч:

$$I_{пр} = W_{01}\tau_1 + W_{02}\tau_2;$$

– расход теплоты для обычной системы отопления, Вт·ч,

$$I = W_0 \tau \ ;$$

где W_{01} – мощность системы отопления в режиме охлаждения здания, согласно [5], равна 0 Вт; W_{02} – мощность системы отопления в режиме разо-

грева здания – максимально возможная (установленная), Вт; τ_1, τ_2 – соответственно продолжительность времени охлаждения и продолжительность времени разогрева здания при реализации режима прерывистого отопления здания, ч; τ – продолжительность нерабочего времени, ч (в данном случае 15 ч).

Данные расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета режима прерывистого отопления

$t_н$, °С	τ_1, ч	τ_2, ч	Т, ч	I, Вт·ч	Iпр, Вт·ч	Экономия теплоты, Вт·ч	Экономия теплоты, %	$t_в$ факт
8	12,53	2,47	39,3	184615	158248	26367	14,3	15,27
-3	9,6	5,39	39,3	387692	344654	43038	11,1	13,44
-9	7,9	7,07	39,3	498462	452471	45991	9,2	13,07
-14	6,5	8,53	39,3	590769	545989	44780	7,6	13,14
-20	4,6	10,36	39,3	701538	663003	38536	5,5	13,77
-25	3,0	11,95	39,3	793846	764853	28993	3,7	14,79
-30	1,4	13,61	39,3	886154	871002	15152	1,7	16,33
-34	0,0	14,99	39,3	960000,0	959269	730	0,0761	17,98

Зависимость величины экономии тепловой энергии, Iпр, от температуры наружного воздуха, $t_н$, в режиме прерывистого отопления для данного здания представлена на рис. 1.

Рис. 1. Зависимость экономии тепла $I_{пр}$ от температуры наружного воздуха $t_н$

Из рис. 1 видно, что при снижении температуры наружного воздуха величина экономии уменьшается, так как резерв тепловой мощности сокращается.

При исследовании зданий с более высокой инерционностью было выявлено, что эффективность РПО снижается с увеличением постоянной времени. Это отражено на рис. 2.

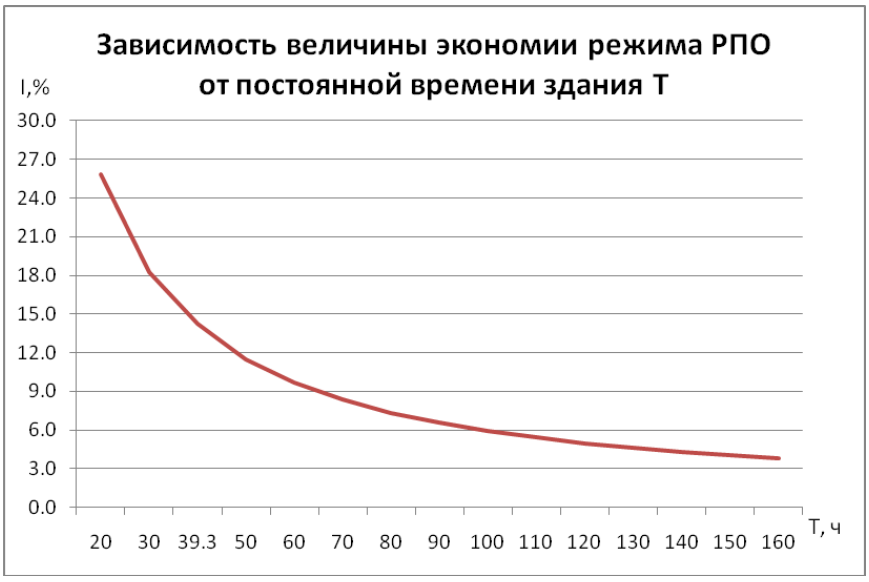


Рис. 2. Зависимость экономии тепловой энергии
от постоянной времени Т, характеризующей тепловую инерцию здания

Материальная экономия от реализации режима прерывистого отопления по сравнению с обычным (традиционным) режимом отопления определялась с учетом ежемесячной потребности здания в тепловой энергии при реальных (фактических) температурах наружного воздуха. Ежемесячная потребность объекта в теплоте, Гкал, рассчитывается по формулам:

– при прерывистом отоплении $I_{пр}^{мес} = W_{02}\tau_2 n$, (1)

где n – количество дней в расчетном месяце;

– при обычном режиме отопления $I^{мес} = W_o^{мес}\tau\, n$, (2)

причем $W_o^{мес} = W_o^{расч} \cdot \dfrac{t_{вн} - t_{ср}^{факт}}{t_{вн} - t_н^р}$,

где $W_o^{расч}$ – расчетная мощность системы отопления, $t_{вн}$ – температура внутреннего воздуха, °С, $t_{ср}^{факт}$ – фактическая среднемесячная температура наружного воздуха, °С, $t_н^р$ $t_{ср}^{факт}$ – расчетная температура наружного воздуха, °С.

Значения фактических среднемесячных температур наружного воздуха по месяцам для отопительного сезона 2015–2016 гг. в городе Челябинске приняты согласно данным сайта [8] и приведены в табл. 2.

Таблица 2

Фактические среднемесячные температуры наружного воздуха за отопительный период 2015–2016 гг.

Месяц	Фактическая средняя температура наружного воздуха по месяцам, °С
апрель	7,4
март	-4,0
февраль	-6,5
январь	-17,2
декабрь	-7,2
ноябрь	-6,8
октябрь	1,5

Исходя из приведенных температур можем определить затраты тепловой энергии при обычном режиме отопления и сравнить их с затратами при прерывистом режиме теплоснабжения здания. Так как режим прерывистого отопления реализуется в нерабочее время (15 часов), то есть ночью, то сравнивать будем только этот период времени.

Тогда для обычного режима отопления расход тепловой энергии определяется по формуле (2):

$$I^{мес} = 64000 \cdot \frac{18-7,4}{18-(-34)} \cdot 15 \cdot 30 = 5,889 \text{ МВт}.$$

Для определения затрат теплоты в РПО необходимо вычислить время разогрева помещения [5] для средней температуры наружного воздуха за расчетный месяц. Для апреля τ_2 составит:

$$\tau_2 = -T \cdot \ln\left(1 + \frac{\frac{a\theta_0}{k} - aW_{01}}{W_{01} - W_{02}}\right),$$

где $a -$ безразмерный коэффициент, $a = 1 - \exp\left(-\frac{\tau_k}{T}\right)$; $\theta_0 -$ разность внутренней температуры и фактической среднемесячной температуры наружного воздуха.

$$\tau_2 = -39,3 \cdot \ln\left(1 + \frac{\frac{0,317 \cdot (18-7,4)}{0,000813} - 0,317 \cdot 0}{0-64000}\right) = 2,634 \text{ ч}.$$

Тогда затраты тепловой энергии при РПО за апрель составят по (1):

$$I_{пр}^{мес} = 64000 \cdot 2,634 \cdot 30 = 5,057 \text{ МВт}.$$

Для других месяцев отопительного сезона расчет ведется аналогично. Данные результатов расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение затрат тепловой энергии и денежных средств для обычного режима отопления и РПО

Месяц	Средняя температура, °С	Затраты тепла в РПО, МВТ (Гкал)	Затраты тепла в обычном режиме, МВт (Гкал)	Экономия денежных средств, руб.
апрель	7,4	5,057(4,35)	5,889(5,065)	1384,30
март	-4,0	11,219(9,648)	12,577(10,817)	2263,89
февраль	-6,5	11,401(9,805)	12,670(10,896)	2114,65
январь	-17,2	18,840(16,202)	20,146(17,325)	2175,91
декабрь	-7,2	13,030(11,206)	14,444(12,422)	2355,58
ноябрь	-6,8	12,398(10,662)	13,762(11,835)	2272,58
октябрь	1,5	8,010(6,889)	9,148(7,867)	1895,34

Стоимость 1 Гкал тепловой энергии в г. Челябинске в 2015–2016 отопительном сезоне составляла 1937,4 руб. Таким образом, затраты денежных средств при обычном режиме отопления за весь отопительный сезон составят 147682,3 руб. При реализации РПО – 133219,9 руб. Итого экономия за отопительный сезон – 14462 руб.

Для реализации режима прерывистого отопления на объекте необходимо, чтобы его система отопления была оснащена датчиками температур внутреннего и наружного воздуха, контроллером управления режимами отопления и регулирующим клапаном. Тогда капитальные вложения в организацию режима прерывистого отопления сложатся из следующего:

– датчик температуры внутреннего воздуха ESM-10 Danfoss (3057 р. за шт.);

– датчик температуры наружного воздуха ESMT Danfoss (3575 р. за шт.);

– контроллер управления режимами отопления и тепловым пунктом Danfoss ECL Comfort 310 – контроллер 087H3040 (32,790.56 руб.);

– двухходовой регулирующий клапан для системы отопления Danfoss VB2 с электроприводом AME 13 (68, 322 руб.)

Однако и контроллер, и регулирующий клапан в современных системах отопления устанавливаются при обычном режиме отопления, поэтому выделять их как капитальные затраты на устройство РПО нелогично.

Итого:

– 120490 руб. – при реконструкции полностью неавтоматизированного теплового узла.

– 6632 руб. – при дополнении современного автоматизированного теплового узла.

В первом случае окупаемость составит:

$$\text{срок окупаемости} = \frac{120490}{14462} \approx 8{,}33\ \text{отоп. сезонов.}$$

Во втором случае:

$$\text{срок окупаемости} = \frac{6632}{14462} \approx 0{,}45\ \text{отоп. сезона.}$$

Заключение. По полученным результатам можно сделать вывод, что режим прерывистого отопления является малозатратным, легко реализуемым и эффективным энергосберегающим мероприятием. Необходимо отметить, что для его реализации требуется автономный источник теплоты. Кроме того, доказана неэкономичность распространенного в настоящее время режима, когда здание подключено к центральным тепловым сетям.

Библиографический список

1. Табунщиков, Ю.А. Экспериментальные исследования оптимального управления расходом энергии / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач // АВОК. – 2006. – № 1.

2. Гершкович, В.Ф. О возможности практической реализации регулирования теплопотребления зданий методом периодического прерывания потока теплоносителя / В.Ф. Гершкович // Новости теплоснабжения. – 2000. – № 02 (02).

3. A. Lechowska, A.Guzik // Energy and Buildings 76 (2014).

4. C. Buratti, E. Moretti, E. Belloni, F. Cotana «Unsteady simulation of energy performance and thermal comfort in non-residential buildings, Building and Environment, Elsevier 59 (2013).

5. Панферов, В.И. Анализ возможности экономии тепловой энергии при прерывистом режиме отопления / В.И. Панферов, Е.Ю. Анисимова // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». – 2008. – № 12. – 7 с.

6. СП 60.13330.2012 СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М., Министерство регионального развития, 2012. – 54 с.

7. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Госстрой России. – М., 2012. – 100 с.

8. Архив погоды в г. Челябинске. – URL: https://rp5.ru/.

К содержанию

УДК 719 + 911.53 + 712.2(470.55)

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОЕ БЛАГОУСТРОЙСТВО ТРОПЫ ПЕНСИОНЕРОВ И УРОЧИЩА «МОНАХИ» В г. ЧЕЛЯБИНСКЕ

С.А. Белов, А.И. Ильина

В статье рассмотрено распределение по территории тропы пенсионеров в Челябинском городском бору рекреационной нагрузки, выделены основные факторы, способствующие территориальной неоднородности в размещении отдыхающих. На основании полевых исследований и с учетом рекомендуемых СНиП нормам приведены рекомендации по территориальному планированию и благоустройству территории.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, благоустройство, Челябинский городской бор, тропа пенсионеров.

В настоящее время остро стоит вопрос о сохранении природных комплексов, в том числе находящихся в черте города. Создание экотропы может помочь в достижении цели сохранения природных комплексов в сочетании с интересами экологического просвещения населения. Первые экологические тропы появились более 60 лет назад в национальных парках Северной Америки, затем стали распространяться и в других уголках мира. Чуть более 30 лет назад они появились и на Южном Урале под ведением биолога и краеведа Дамиры Драковой [1].

Целью работы является исследование влияния антропогенных нагрузок на тропу пенсионеров и урочища «Монахи» для ландшафтно-рекреационного благоустройства с целью последующего создания экотропы.

Шершневский бор Челябинского городского округа находится в западной части Центрального района, расположен по правому берегу реки Миасс. Это ленточный островной бор, находящийся в черте города. Природный массив является уникальным островным бором, имеет особое значение для населения города, так как выполняет средозащитную, водоохранную, санитарно-гигиеническую, оздоровительную и рекреационную функции. И поэтому его относят к лесам первой группы охраны.

Памятник природы создан в 1969 году. Общая площадь особо охраняемой природной территории составляет 1 130,5 га. Площадь охранной зоны составляет 14,8 га. Протяженность с северо-востока на юго-запад около 5,5 километра, а средняя ширина около 2 километров [2]. Рассматриваемая территория: тропа пенсионеров и урочище «Монахи».

Использование данного памятника природы осуществляется в рекреационных целях. Основной целью объявления бора памятником природы

является сохранение его в естественном состоянии, вследствие чего, необходимо достижение возможных научных и эколого-просветительских целей, например, мониторинг состояния окружающей природной среды, изучение функционирования и развития природных экосистем и их компонентов, проведение учебно-познавательных экскурсий. Челябинский бор является объектом массовой рекреации, из-за чего подвергается дигрессионным сменам.

Процесс развития рекреационной стороны на рассматриваемой территории должен быть тесно связан с выполнением основных природоохранных задач. Выбор природоохранных мероприятий в большей степени зависит от определения допустимой рекреационной нагрузки. При использовании объекта в рекреационных целях определение этого значения поможет снизить наносимый ущерб природе. Методика определения рекреационной нагрузки на объекты рекреации указана в примечании таблицы № 11 в приказе Министерства регионального развития Российской Федерации от 27.12.2011 № 613 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований». В соответствии с ней фактическая рекреационная нагрузка определяется замерами, ожидаемая (R) – рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{N_i}{S_i}, \quad (1)$$

где R – рекреационная нагрузка,

N_i – количество посетителей объектов рекреации,

S_i – площадь рекреационной территории.

При оценке рекреационной нагрузки были выбраны следующие ключевые опорные точки, на которых наблюдается повышенное антропогенное воздействие:

1. Входная группа – имеет два рекреационных потока, находится в районе памятника им. Курчатова. В начале тропы расположены спортивные турники и асфальтовая дорога.

2. Поляна пенсионеров – место массового отдыха пенсионеров по время праздников и в выходные, представлено благоустроенной площадкой с лавочками, навесами.

3. Развилка на поселки Каменные карьеры, Мелькомбинат и урочище «Монахи» – очень много транзитных отдыхающих, которые перемещаются не только к вышеуказанному урочищу и обратно, но и между двумя поселками, примыкающими к памятнику природы (необходим учет боковых выходов).

4. Урочища «Монахи». Достаточно интересная большая рекреационная территория, представленная одноименным холмом, на склонах которого круглый год можно наблюдать обилие отдыхающих: зимой – лыжников, саночников, летом – велосипедистов, бегунов (рис.).

Схема расположения расчетных точек

В табл. приведены данные о количестве рекреантов при рассмотрении двух временных аспектов: в выходные и в будние дни.

Таблица

Количественные расчетные данные по рекреантам

Наименование	Кол-во рекреантов в каждой точке, чел.				Общее кол-во, чел.
Дата	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Σ
Будни (16:30–18:30)					
20.01.17	24	10	15	5	54
22.03.17	42	32	36	48	158
Выходные (14:00–16:00)					
18.02.17	36	45	25	34	140
26.03.17	27	49	21	42	139

При помощи формульной (1) была рассчитана ожидаемая рекреационная нагрузка на рассматриваемою территории:

$$R = \frac{158}{26} = 6{,}08 \approx 7 \text{ чел/га}.$$

Согласно СП 42.13330.2011 [3] нормированные показатели рекреационной нагрузки для лесопарковых территорий составляют 10 чел/га.

Исходя из расчетных значений, полученных в результате обработки полевых исследований, можно сделать вывод, что рассматриваемый участок дает высокую ожидаемую рекреационную нагрузку.

Состояние бора соответствует преимущественно третьей стадии дигрессии, когда площадь вытоптанной поверхности напочвенного покрова к общей площади находится в пределах 5,1–10,0 %, на внетропиночных участках возобновление леса удовлетворительное. Местами имеется четвертая стадия дигрессии: сильное вытаптывание наблюдается у входа от памятника Курчатову при разветвлении тропиночной сети, также на территории урочища – излюбленного места отдыха горожан. Территория ООПТ находится в удовлетворительном состоянии, ее нужно сохранить. Ряд мероприятий, в том числе ландшафтно-рекреационных, создадут притягательное место для жителей города Челябинска. Но такие меры помогут контролировать нагрузку от перемещения рекреационных потоков и создадут щит для городского бора.

Для благоустройства необходимо использовать весь потенциал территории. Использование малых архитектурных форм поможет обустроить территорию, создать композиции красивые, но и в то же время многофункциональные. Необходимо также создать комфортное перемещение рекреантов по выбранным участкам, максимально сохраняя естественность территории, для чего покрытие пешеходных путей следует создать из песчано-гравийной смеси (ПГС). Ширина экотропы может варьироваться на протяжении всего пути от 0,5 до 2 м.

На территории особо охраняемых природных территорий допускается выполнять скамьи из древесных пней-срубов, бревен и плах, не имеющих сколов и острых углов [3]. Необходимое количество лавочек принимается из расчета единовременного максимального количества рекреантов, которое составляет 158 человек. Обеспеченность лавочками 50 % отдыхающих:

$$N = \frac{n}{k}, \quad (2)$$

где n – количество отдыхающих, чел.,

k – количество мест для одной лавочки.

$N = \frac{79}{4} = 19{,}75 \approx 20$ шт.

При распределении лавочек нужно учитывать основные места скопления рекреантов, в связи с чем оптимально разместить:

1) поляна пенсионеров – 5 лавочек

2) входная группа –3 лавочки.

3) развилка на поселок и мелькомбинат – 2 лавочки.

4) урочище «Монахи» – 4 лавочки.

Остальные лавочки предлагается разместить по самой тропе на рекомендуемом расстоянии 10–15-минутной доступности друг от друга в местах с хорошими фотографическими видами, перекрестками тропинок.

В качестве ландшафтно-рекреационных мероприятий предлагается проект экотропы – специально оборудованного маршрута. Замысел заключается в том, что необходимо снизить нагрузку на природный охраняемый объект, помочь ему справиться с ней. Экологическая тропа будет удачным компромиссом между потребностями человека в отдыхе и сохранением городского бора в более естественном виде. Она помимо природоохранных и рекреационных целей будет нести в себе культурно-просветительскую и воспитательную составляющие, посредством которых можно привить у подрастающего поколения более бережное отношения к нашей природе.

Библиографический список

1. Туристический портал Челябинской области. – URL: http://www.карта74.рф/nature/articles/ecotropy_istoria/.
2. Кадастровый отчет по ООПТ памятник природы регионального значения «Челябинский (городской) бор».
3. СП-42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Поправкой). – М., 2011. –109 с.
4. Приказ Министерства регионального развития РФ от 27 декабря 2011 г. № 613 «Об утверждении Методических рекомендаций по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70018446/.

К содержанию

УДК 711.7(470.55) + 712.36(470.55)

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ г. ЧЕЛЯБИНСКА С УЧЕТОМ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА

С.А. Белов, В.У. Саттарова

В статье рассмотрены вопросы развития в больших городах дорожно-транспортной сети и на примере города Челябинска с учетом сформировавшейся социальной инфраструктуры и ландшафтно-экологического каркаса даны рекомендации по планированию уличного движения на магистральных улицах мегаполиса.

Ключевые слова: дорожно-транспортная сеть, городские улицы и дороги, благоустройство улиц, транспортная инфраструктура

С увеличением количества автомобилей в городах ухудшается экологическая обстановка и понижается качество жизни населения. И решение

этого вопроса заключается не в переходе на электрические автомобили, а в правильной транспортной политике, отдающей приоритет пешеходам, пассажирам общественного транспорта и велосипедистам.

Проблема окружающей среды решается исключительно с помощью увеличения плотности населения, смешанной застройки и личного решения использовать меньше энергии. Это значит, что людей нужно поощрять к тому, чтобы ходить пешком, ездить на велосипеде или пользоваться общественным транспортом.

Независимо от того, что служит источником энергии для движения машин, главная транспортная проблема наших городов заключается в том, что автомобили занимают слишком много места. Им нужно пространство для движения и территории, отведенные под парковки. В настоящее время большая часть наших городов отводится для машин, и часто мы отказываемся делить это пространство с другими пользователями. Электрические машины никак не решают эту пространственную проблему.

Когда автомобили приходят в движение, то занимают больше места. И чем быстрее они двигаются, тем больше становится дистанция между ними.

Следовательно, **целью** работы является выявление перспективы развития улично-дорожной сети большого города, например, Челябинска, посредством анализа сложившейся социальной инфраструктуры, ландшафтно-экологического каркаса территории и сформировавшейся транспортной инфраструктуры мегаполиса.

Исходя из современных представлений о развитии транспортного движения в больших городах, а также по данным исследований можно отметить, что личный автомобильный транспорт занимает большую часть пространства современных городов, что можно увидеть на представленных графиках (рис. 1, 2).

Пешеходная инфраструктура, общественный транспорт и велосипеды не только экономят городское пространство, но и деньги, а также помогают снизить вредные выбросы в атмосферу и способствуют созданию здоровых и экономически эффективных городов. Благодаря им города работают лучше.

Большое внимание при организации безопасного движения в городах необходимо уделить активно развивающемуся велосипедному движению. Чем больше людей ездит на велосипедах по городским улицам, тем безопасней становится поездка для каждого из них. Этот феномен, получивший название «безопасность в количестве» (safety in numbers), открыл в 2003 году Питер Джейкобсен. Недавно Национальная ассоциация транспортных чиновников США (NACTO) провела исследование в семи американских городах, чтобы понять, как предложенные ими меры по развитию велосипедной инфраструктуры отразились на количестве поездок и их безопасности. Итоги исследования говорят о том, что Джейкобсен был абсолютно прав.

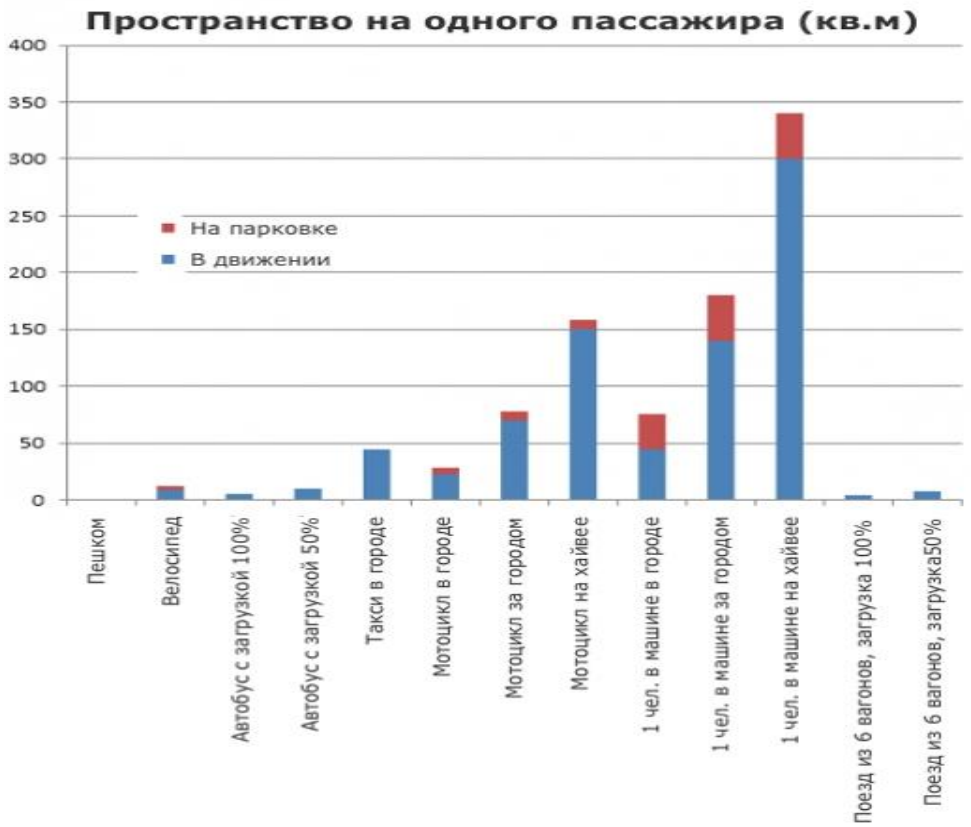


Рис. 1. Пространство на одного пассажира в м^2

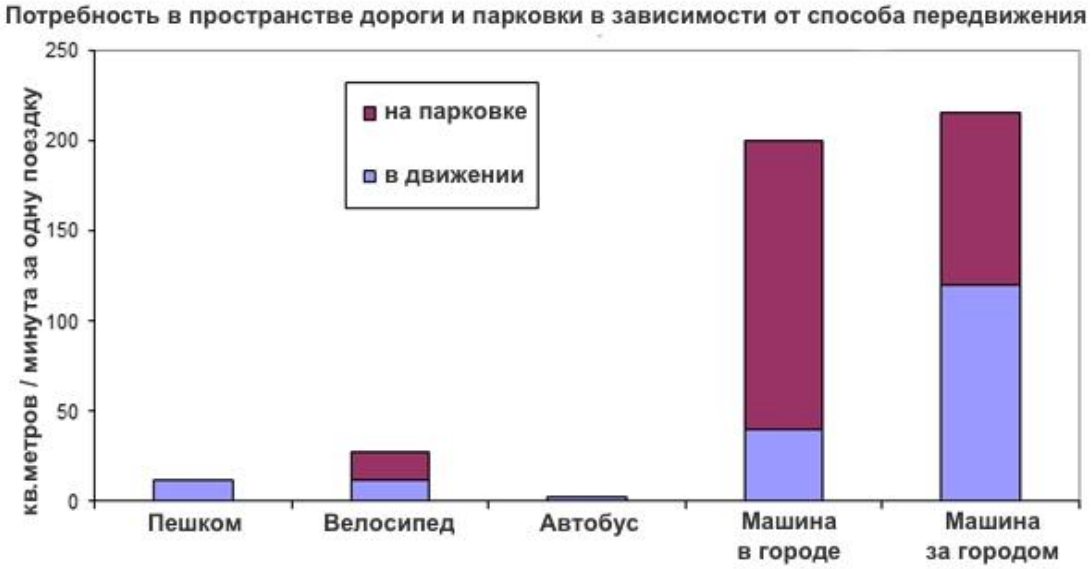


Рис. 2. Потребность в пространстве дороги и парковки в зависимости от способа передвижения

NACTO постаралась выяснить, какие проекты и инициативы способствовали увеличению числа поездок, в том числе среди малообеспеченного и

цветного населения. Результатом стал доклад «Велопрокат для всех предполагает наличие велоинфраструктуры», в котором акцент делается на принцип «безопасность в количестве» и предлагается развивать велопрокат в связке с велосипедной инфраструктурой.

«В городах, где строятся выделенные велодорожки, число велосипедистов растёт, а риск травм уменьшается, – говорится в начале доклада. – Комбинация развитой сети велопроката и выделенных дорожек даёт рост числа поездок, способствуя социальному равенству и мобильности горожан».

Все семь попавших в исследование городов сделали в последние годы существенные инвестиции в развитие велоинфраструктуры, в том числе в наиболее комфортную ее разновидность – выделенные велодорожки. В случае, когда безопасную велоинфраструктуру дополняет хорошо спланированная сеть велопроката, число поездок растёт особенно заметно, создавая крепкий политический фундамент для дальнейшего развития сети. К примеру, в 2015 в Нью-Йорке совершили 10 миллионов поездок на велосипедах городского проката Citi Bike, что сделало велосипедистов по-настоящему заметными на улицах города [4, 5].

В Челябинске существуют различные проекты развития велосипедной инфраструктуры, но в данный момент ни один еще эффективно не работает. Проекты администрации города предполагают создание сети велосипедных дорог за счет пешеходных тротуаров. При этом выбираются такие улицы, как проспекты Ленина и Свердловский, а также Свердловский тракт.

В городе также существует проект, направленный на продвижение велосипедной культуры в Челябинске «Дорогу велодорогам», который предлагают иной, более эффективный подход. По мнению авторов поекта, центральные магистрали города не приспособлены под велодвижение, и системе лучше занять другие улицы города. «По нашему мнению, в Челябинске неудобно и неэффективно размещать велодорожки на тротуаре. Мы выбираем маленькие тихие улицы, чтобы не мешать ни автомобилистам, ни пешеходам. Планируем выделить там немного места для людей, которые хотят крутить педали. Когда ты едешь по велопешеходной дорожке, тебе приходится слезать с велосипеда на перекрёстках, уступать дорогу пешеходам, которые пока не привыкли к тому, что ходить по велодорожкам нельзя. Всё это замедляет скорость передвижения велосипедиста, сразу же пропадает смысл быстрого и эффективного передвижения, – рассказывает автор проекта Наталья Пирогова. – Схожая ситуация сложилась сейчас на улице Чичерина, где велосипедная дорожка превратилась в тротуар, где пешеходы не пропускают велосипедистов».

С учетом ландшафтно-экологического каркаса и сложившейся социальной инфраструктуры города наиболее перспективными путями для развития велодорожек могут, например, стать:

1) городской бор – Тополиная аллея – микрорайон «Парковый»;
2) городской бор – Алое поле – парк Пушкина – ж/д вокзал;
3) «Кировка» – Собачий остров – река Миасс – Каштакский бор.

Также необходимо будет разработать и установить систему бесплатных велопарковок, так как в городе они практически отсутствуют.

В связи с тем, что природно-климатические условия Челябинска не позволяют передвигаться на велосипедах круглогодично, к тому же часть населения не может пользоваться данным видом транспорта, то основной упор должен приходиться на развитие городского общественного транспорта.

Большие города по всему миру задыхаются от пробок, и многие связывают решение этой проблемы с развитием общественного транспорта. Например, мэр Лос-Анджелеса, где сейчас строят вторую очередь системы легкого рельсового транспорта (ЛРТ), пообещал горожанам, что после ее ввода в строй дороги станут свободней, а воздух чище.

Проблема в том, что статистически этот факт ничем не подкрепляется. Замеры показывают, что развитие общественного транспорта если и проводит к уменьшению пробок, то лишь незначительно. Виной тому – скрытый спрос. Та же самая причина, по которой строительство новых дорог не помогает избавиться от пробок: как только на дороге освобождается место, тут же находятся желающие его занять. Это подтвердило исследование уже работающего участка лос-анджелесской системы ЛРТ – оказалось, что его влияние на дорожную ситуацию очень ограничено.

Но это не означает, что нет смысла развивать общественный транспорт. У него масса других, вполне реальных преимуществ. В городах, где пробки – привычное дело, качественный общественный транспорт – зачастую самый быстрый способ добраться из жилых районов в центр, конечно, при условии, что он движется по выделенным линиям (рис. 3).

Общественный транспорт повышает мобильность горожан, а это, в свою очередь, работает как стимул для экономики. Пробки при этом сохраняются, но на приемлемом уровне – если город встает намертво, люди ищут альтернативу и пересаживаются на общественный транспорт. В городах, где нет альтернативы в виде общественного транспорта, возможности ходить пешком или ездить на велосипеде, экономика начинает буксовать вместе с автомобильным движением.

Другой плюс общественного транспорта в том, что он повышает мобильность людей, которые не имеют машины, упрощая им доступ к рабочим местам и обеспечивая им равенство возможностей. Не стоит сбрасывать со счетов и экологический аспект – общественный транспорт меньше загрязняет воздух. Иными словами, автомобилистам от развития общественного транспорта толку мало, зато от него выигрывают все остальные [1, 2, 3].

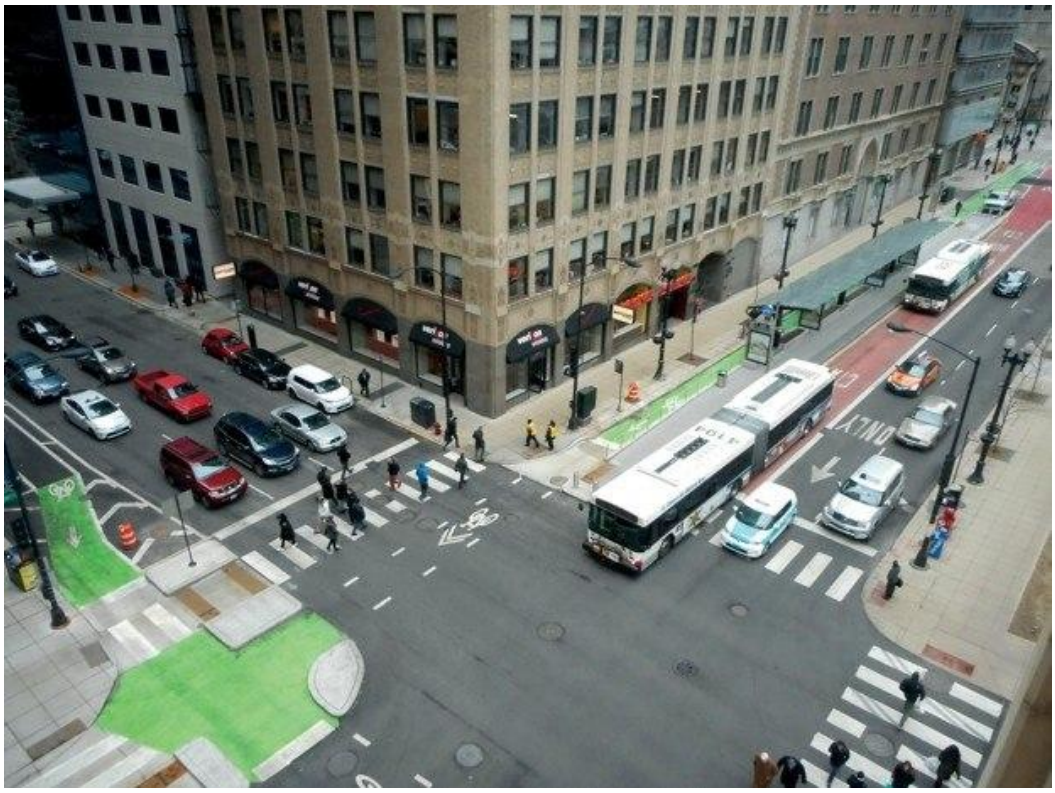


Рис. 3. Улично-дорожная сеть с выделенными полосами движения общественного транспорта

Что касается борьбы с пробками, то для этого есть другие проверенные средства. Например, платный въезд в наиболее загруженные части города. Тогда у многих автомобилистов появится существенный повод пересесть на общественный транспорт. Главное, чтобы у них была такая возможность.

Челябинску для развития городского общественного транспорта необходимо разработать новую маршрутную сеть, которая исключит дублирующие маршруты, а также предусмотрит необходимый подвижной состав на каждый маршрут. В идеале автобусы большой вместимости должны работать на центральных улицах города, а «маршрутки» – уйти на второстепенные и подвозные дороги. Однако в настоящий момент 70 % общественного транспорта – это частные перевозчики, которые работают на выгодных маршрутах, в том числе забирая пассажиров и у муниципалитета. Из-за этого транспортные МУПы несут колоссальные убытки и уже находятся в предбанкротном состоянии.

Также Челябинску требуется обновление парка подвижного состава, так как большая часть имеющегося уже устарела.

Таким образом, главная задача у города – это повысить привлекательность общественного транспорта для жителей города. А это в первую очередь – увеличение скорости передвижения. Самый эффективный метод решения этого вопроса – это создание выделенных полос для общественного транспорта. Выделенные полосы для общественного транспорта –

идеальный способ быстро и недорого значительно улучшить работу общественного транспорта и качество жизни, ведь автобус/троллейбус/трамвай, который не стоит в пробке, становится реальной альтернативой поездкам на личном автомобиле и потере времени в заторах.

Библиографический список

1. Вучик, Вукан Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / Вукан Р. Вучик, пер. с англ. А. Калинина под науч. ред. М. Блинкина. – М.: Территория будущего, 2011. – 576 с.
2. Спек, Д. Город для пешехода / Д. Спек; пер. с англ. В. Самошкин. – М.: Искусство-XXI век, 2015. – 351 с.
3. Трофименко, Ю.В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 464 с.
4. Brent Toderian. Mobility in Cities is About Space – Proven Powerfully in Pictures! – URL: https://www.planetizen.com/.
5. NACTO Urban Bikeway Design Guide, 2011. – 304 с.

К содержанию

УДК 378.031.4 + 378.016:69 + 378.016:514.18

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРЕПОДАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ

Т.В. Беляева

В условиях современного развития, непрерывно обновляющегося технического потенциала строительства в компетенцию современного инженера наряду с формированием личности с высокой общественной активностью, осознанностью поведения, высоким уровнем эрудиции входит обязательное обладание навыками самостоятельной познавательной деятельности. Одними из составляющих, формирующих конкурентоспособного специалиста, являются знания и навыки работы с чертежом, то есть умение изображать трехмерные объекты на плоскости. Начертательная геометрия способствует получению этих знаний.

Ключевые слова: начертательная геометрия, инженерное образование, чертеж, графические средства, самостоятельная работа студента.

Рассматривая проблемы преподавания графических дисциплин для студентов-строителей следует отметить, что основополагающим является тезис: дисциплина «Начертательная геометрия» есть элемент общепрофес-

сиональной подготовки молодых специалистов. При получении инженерного образования, графическая подготовка формирует у специалиста знания, умения, навыки работы с чертежом – изображением трехмерного объекта на плоскости. То есть традиционные цели дисциплины – развитие пространственного мышления, способности абстрактно мыслить и творческого воображения – остаются актуальными.

Обучение графическим дисциплинам на архитектурно-строительном факультете университета требует базовой подготовки в школе, которая предполагает:

– знание техники черчения и выполнения чертежа;

– навыки самостоятельной графической работы.

Однако в настоящее время эта подготовка у большинства поступивших на технические специальности в университет студентов отсутствует. Этим объясняется причина, почему начертательная геометрия остается наиболее трудноусвояемой дисциплиной [1].

Начертательная геометрия является для студентов совершенно новой и по содержанию, и по методике, так как не имеет подобных предшественников в школе. Начиная осваивать курсы математики, химии или физики в университете, первокурсники уже имеют базовый запас знаний, полученный в школе, а при изучении начертательной геометрии эта платформа отсутствует.

Обучаясь на кафедре графики Южно-Уральского государственного университета на первом курсе, студенты архитектурно-строительного факультета приобретают знания, необходимые для их реализации в различных областях проектной деятельности, и навыки графической культуры.

Наряду с современными графическими средствами в контрольно-графических заданиях, разработанных преподавателями нашей кафедры, широко используются традиционные – архитектурная отмывка, элементы теории тени и перспективы. Такой подход, на наш взгляд, повышает графическую культуру, образное восприятие и способствует развитию творческих способностей студентов не в ущерб точным графическим решениям поставленных перед ними задач. Инженеру-строителю без умения работы с чертежом не обойтись, ведь язык графики является одним из выражений технической культуры, а умение усилить визуальный эффект за счет рисунка и использования архитектурной отмывки расширяет сферу коммуникативных возможностей личности. Кроме того, сам процесс изучения начертательной геометрии при такой подаче может способствовать значительному расширению профессиональной культуры будущих специалистов [2].

На инженерно-строительных специальностях в университете каждый студент выполняет обязательные упражнения в рабочей тетради, разработанной преподавателями кафедры графики. Тетрадь содержит сто задач, часть из которых (около 40 %) рассчитана на самостоятельную работу, 10 % задач – повышенной сложности, а остальные 50 % задач выполняют-

ся на практических занятиях. Каждое практическое занятие начинается с десятиминутного контрольного теста по домашнему заданию, содержащего ряд ключевых вопросов из пройденной темы. Такой подход позволяет сразу оценить степень понимания пройденного материала студентом и при необходимости дополнительно остановиться на наиболее сложных для понимания моментах. Помимо этого, для обобщенного контроля знаний по группам тем разработаны контрольно-графические задания. Каждое задание имеет тридцать вариантов одинаковой сложности. Исходные данные задаются как элементы зданий, малых архитектурных форм, инженерных сооружений. Обязательным условием при защите и сдаче задания является его графическое оформление с архитектурной отмывкой и построением теней предложенных геометрических образов [3].

Завершающим этапом изучения курса начертательной геометрии студентам предлагается контрольно-графическое задание по построению перспективных проекций, причем изучение теней в перспективе вынесено в раздел самостоятельного изучения. Параллельно с выполнением задания первокурсники инженерно-строительных специальностей выполняют классный рисунок группы гипсовых геометрических тел, для этого на кафедре имеется постановочный фонд, и домашний рисунок, используя бытовые предметы геометрической формы. К каждому контрольно-графическому заданию студентам предлагаются учебно-методические пособия, позволяющие большую часть работы выполнить самостоятельно.

Пройдя базовый курс традиционными методами с карандашом и линейкой, студент более подготовлен к изучению графических программ, у него уже имеются необходимые основы для реализации компьютерных графических моделей. Кроме этого, появляется интерес к предмету и заинтересованность в качественном выполнении задания. Предлагаемая методика дает необходимые навыки не только в изучении предмета, но и в применении его на практике, как этого требует современный ритм жизни.

Библиографический список

1. Астафуров, К.В.Создание видиоматериалов по начертательной геометрии на электронных носителях с использованием технологии DIRECTX / К.В. Астафуров, О.К. Лихачев, Г.А. Нечукин // Межвуз. науч.-метод. сб. «Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации». – Саратов: СГТУ, 2005. – С. 100–104.

2. Короев, Ю.И. Сборник задач и заданий по начертательной геометрии / Ю.И. Короев, Ю.В. Котов, Ю.Н. Орса; под ред. Ю.И. Короева. – М.: Стройиздат, 2001. – 175, [1] с.

3. Беляева, Т.В. Практикум по начертательной геометрии. Текст. учеб. пособие для студентов СиЛП факультета / Т.В. Беляева, Т.Э. Сергеева; под ред. Л.И. Хмаровой; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Графика. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 42, [1] с.

К содержанию

УДК 528.4 + 528.425.2

ПОСТРОЕНИЕ ХОДОВ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ В КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.П. Ворошилов, А.А. Головко

В статье рассмотрены возможности применения электронных тахеометров в кадастровой деятельности. Установлено, что они обеспечивают требуемую нормативными документами точность в ходах полигонометрии, теодолитных и тахеометрических ходах. А также приведены рекомендуемые схемы таких построений.

Ключевые слова: электронный тахеометр, ходы полигонометрии, теодолитные ходы, тахеометрические ходы, кадастровая деятельность.

В настоящее время традиционные технологии геодезических работ изменились в соответствии с тем, что в производство внедряются электронные средства измерений, имеющие технические и технологические особенности. Одним из современных автоматизированных методов съёмочных работ является электронная тахеометрия. В современной нормативной кадастровой литературе [1, 2] особенности проведения кадастровых работ с применением электронных тахеометров не освещены.

Целью работы является исследование точностных характеристик ходов, построенных электронными тахеометрами, а также эффективности их применения при производстве геодезических работ в кадастровой деятельности.

Основные положения о кадастровой деятельности изложены в Федеральном законе № 221-ФЗ от 24.07.2007 «О кадастровой деятельности» [1] (далее – Закон о кадастре). Согласно этому закону, «кадастровой деятельностью является выполнение работ в отношении недвижимого имущества в соответствии с установленными федеральным законом требованиями, в результате которых обеспечивается подготовка документов, содержащих необходимые сведения для осуществления государственного кадастрового учёта».

Для формирования государственного кадастра и поддержания его на современном уровне информация об объектах недвижимости, их расположении, о границах земельных участков, площадях, инфраструктуре и технических характеристиках объектов, а также данные о прохождении Государственной границы, о границах субъектов РФ, муниципальных образований и населённых пунктов должны быть актуальными и максимально достоверными. Такую информацию получают по результатам геодезических и картографических работ, обеспечивающих необходимую точность.

В ходе геодезических работ определяются координаты точек границ кадастровых объектов, в том числе земельных участков, а также проводятся специальные кадастровые съёмки. Методы и требования к точности таких определений регламентируются Приказом Министерства экономического развития РФ от 17 августа 2012 г. № 518 «О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке».

Для оценки точности определения координат характерных точек рассчитывается средняя квадратическая погрешность [2], величина которой не должна превышать значения нормативной точности, установленной в приложении к Приказу [2]. При этом значение величины варьируется в зависимости от категории земель, на которых проводятся работы.

Положение характерной точки на местности определяется геодезическими координатами *x, y*. Поэтому средняя квадратическая погрешность местоположения характерных точек границ может быть выражена следующей формулой:

$$\mathrm{M_t^2} = \mathrm{m}_x^2 + \mathrm{m}_y^2, \quad (1)$$

где m_x, m_y – СКП определения координат *x, y* характерной точки. При условии, что $\mathrm{m}_x = \mathrm{m}_y$, можно определить среднеквадратическую погрешность определения координат характерной точки границы:

$$\mathrm{m}_x = \mathrm{m}_y = \frac{\mathrm{M_t}}{\sqrt{2}}. \quad (2)$$

В соответствии с нормативными требованиями наибольшая точность в определении местоположения и, как следствие, координат характерных точек границы земельного участка должна быть обеспечена на землях населённых пунктов.

Для определения координат характерных точек границ земельных участков Закон о кадастре [1] определяет следующие методы:

— геодезический;
— спутниковый;
— фотограмметрический;
— картометрический.

В соответствии с требуемой точностью определения координат выбирается метод. Наибольшая точность обеспечивается геодезическим и спутниковым методами определения координат.

Основными методами координирования в кадастровой деятельности остаются геодезические построения на местности, так как они обеспечивают необходимую точность на объектах землеустройства, измерения производятся непосредственно на территории объекта работ, а главное определение координат выполняется с контролем и оценкой точности. Методы таких построений зависят от применяемого геодезического оборудования.

Согласно Инструкции по топографической съёмке [3], могут использоваться методы триангуляции, полигонометрии, трилатерации, прокладки теодолитных и тахеометрических ходов, различные засечки.

Для кадастровой деятельности в настоящее время могут быть применены построения методом полигонометрии, теодолитных и тахеометрических ходов. Нормативные требования к данным ходам установлены Инструкцией [3], которая была издана в 1982 году и является действующей в настоящее время. Но следует учесть, что она составлялась исходя из геодезического оснащения и применяемых методов того времени. Кроме того, основной характеристикой точности ходов в Инструкции [3] является относительная невязка, а в кадастровых работах – точность местоположения определяемых пунктов M_t.

Путём простых расчётов можно заметить, что для отдельных ходов полигонометрии длиной до 3 км и относительной погрешностью не более 1:5000 и для ходов длиной до 5 км с относительной погрешностью не более 1:10000 СКП местоположения пункта меняет своё значение в интервале 0,2–0,6 м. А согласно Приказу [2], СКП местоположения характерных точек границ на землях населённых пунктов должна составлять не более 0,1 м. Значит, для кадастровых работ ходы, регламентируемые Инструкцией [3], имеют ограничения в применении.

В этой же инструкции имеются ограничения по длинам сторон отдельных ходов и некоторым другим параметрам, которые следовало бы скорректировать применительно к электронным тахеометрам. Ведь в настоящее время съёмочное обоснование создаётся путём проложения ходов электронными тахеометрами, позволяющих заменить ходы полигонометрии, теодолитные и тахеометрические на более точные. Электронные приборы позволяют прокладывать ходы с точностными характеристиками, намного превышающими требования к точности, установленные Инструкцией [3]. Значит, ходы, проложенные электронными тахеометрами, стоит рассматривать как самостоятельный вид геодезического построения.

В учебном пособии [4] предлагаются следующие схемы построения ходов электронными тахеометрами, применяемые в кадастровой деятельности (рис. 1):

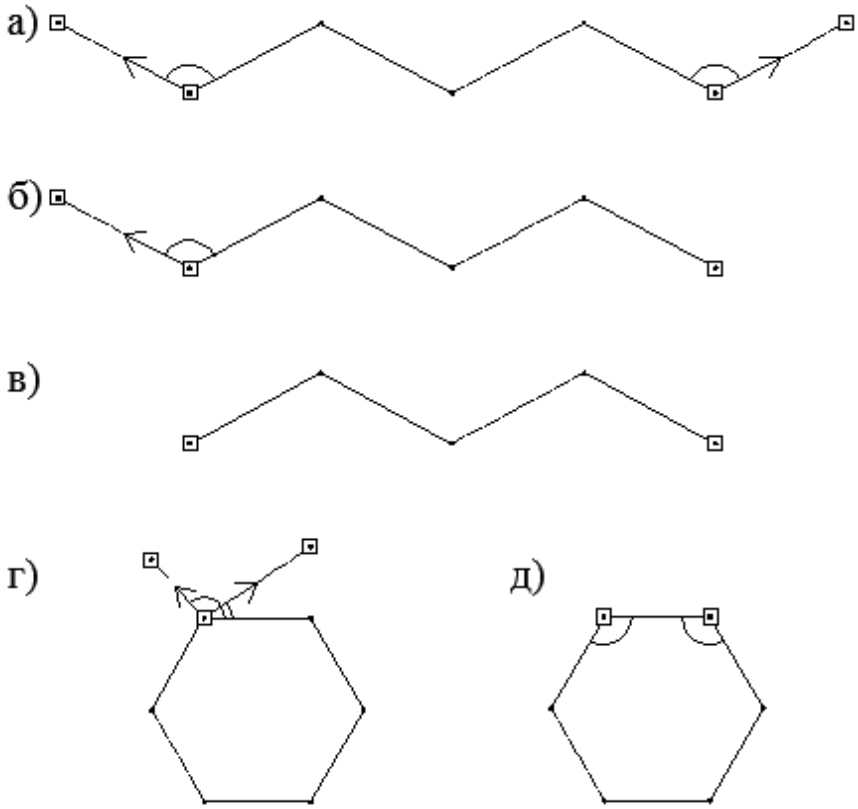
а) ход, опирающийся на два исходных пункта и на два исходных направления на каждом исходном пункте;

б) ход, опирающийся на 2 исходных пункта без угловой привязки на одном из них;

в) ход, опирающийся на 2 исходных пункта с координатной привязкой к каждому из них;

г) замкнутый ход, опирающийся на 1 исходный пункт с измерением двух дирекционных углов на две смежные стороны в слабом месте хода;

д) замкнутый ход, опирающийся на два исходных пункта с координатной привязкой к каждому из них.



Схемы ходов электронным тахеометром

О точности хода свидетельствует средняя квадратическая ошибка положения пункта в слабом месте хода после уравнивания. Эту ошибку вычисляют по разным формулам в зависимости от формы хода.

Так СКП положения удалённого пункта вытянутого хода оценивается по следующей формуле:

$$m_t^2 = n \cdot m_S^2 + \frac{m_\beta^2 \cdot L^2}{\rho^2} \cdot \frac{(n+3)}{12}, \quad (3)$$

где n – число сторон в ходе; СКП измерения расстояний и углов соответственно; L – длина хода.

СКП положения удалённого пункта изогнутого хода оценивается по формуле:

$$m_t^2 = n \cdot m_S^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \left[D_{0,i}^2\right], \quad (4)$$

где $D_{0,i}$ – расстояния от центра тяжести хода до i-го пункта.

Координаты центра тяжести хода определяют по координатам всех точек хода, включая начальный и конечный исходные пункты хода:

$$x_0 = \frac{\sum x_i}{(n+1)}, y_0 = \frac{\sum y_i}{(n+1)}, \quad (5)$$

где $(n+1)$ – число пунктов хода.

При построении хода по характерным точкам границ земельного участка, полученные значения СКП положения точек хода по формулам (3) и (4) не должны превышать нормативных значений, установленных Приказом [2].

Для исследования возможностей ходов, построенных электронными тахеометрами, по формуле (3) выполним оценку точности положения пункта для наиболее распространённых в кадастровых работах длин ходов, точности измерений электронным тахеометром $m_S = 5$ мм, $m_\beta = 5''$, при различном числе сторон в ходах. Результаты оценки приведены в табл.

Таблица

СКП положения пунктов хода (m_t)
при измерениях электронным тахеометром

СКП измерений		n	Длина хода L, м	m_t, м
m_S, мм	m_β, угл.сек			
5	5	3	1000	0,019
5	5	4	1500	0,030
5	5	5	2000	0,041
5	5	10	5000	0,127

Данные, представленные в табл., можно использовать для проектной оценки точности вытянутых ходов, измерения в которых выполнены электронным тахеометром.

Так, из табл. видно, что при длине хода до 2 км и числе сторон в ходе 3–5 обеспечивается точность, соответствующая требованиям Приказа [2] для проведения кадастровых работ на землях населённых пунктов.

Если ход электронным тахеометром прокладывается как геодезическое обоснование, то должно выполняться следующее соотношение:

$$m_{ГО}^2 + m_{ГР}^2 \le M_t^2, \quad (6)$$

где $m_{ГО}$ – СКП положения точек хода, являющегося геодезическим обоснованием; СКП положения точек границ относительно точек хода; M_t – нормативное значение СКП положения характерных точек.

Значениями СКП в формуле (6) можно пренебречь, при условии их влияния на в пределах 10 %, что соответствует соотношению:

$$m_{ГО} = \frac{m_{ГР}}{2,2} = \frac{0,1}{2,2} = 0,045 \text{ м}, \quad (7)$$

где величина $m_{ГР}$, принята допустимой для земель населённых пунктов.

Анализируя полученное значение и табл., мы видим, что в качестве съёмочного обоснования на землях населённых пунктов могут выступать ходы длиной до 2 км с числом сторон в ходе от 3 до 5, проложенные электронными тахеометрами с $m_S = 5$ мм и $m_\beta = 5''$.

Таким образом, современные электронные тахеометры с запасом обеспечивают требуемую точность определения положения точек на местности в соответствии с действующими нормативными источниками [1–3] по осуществлению кадастровой деятельности.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» (редакция, действующая с 1 января 2017 года) // ИПП «Гарант».
2. Приказ Министерства экономического развития РФ от 17 августа 2012 г. № 518 «О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке» // ИПП «Гарант».
3. ГКИНП-02-033-82 Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М., «НЕДРА», 1982. – 98 с.
4. Ворошилов, А.П. Геодезические работы в кадастровой деятельности: учебное пособие / А.П. Ворошилов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, ЦДО, 2011. – 126 с.

К содержанию

УДК 378.026.7 + 378.041

МЕТОДЫ И ФОРМЫ ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Е.П. Дубовикова, С.Г. Лебедев

В статье рассмотрены возможности системы самостоятельной работы в вузе для управления формированием общих и профессиональных компетенций обучающихся по инженерной графике.

Ключевые слова: внеаудиторная самостоятельная работа, компетенции, коммуникации в образовательном процессе, профессиональное самообразование.

Проект 5-100 стал новым вектором в процессе модернизации российского высшего образования. В настоящее время в вузах необходимо готовить специалистов завтрашнего дня, конкурентоспособных, умеющих творчески, оперативно решать нестандартные учебные и научные задачи с максимальным эффектом как для себя, так и в целом для общества.

В соответствии с новыми федеральными образовательными стандартами изменилось и соотношение аудиторной и самостоятельной работы студентов. Все больше делается упор именно на внеаудиторную работу.

В рамках традиционной парадигмы обучения сложились хорошо отработанные структуры обеспечения преподавательской деятельности, которая изначально понимается как информационная, сводящаяся в основном к чтению лекций и проведению семинарских и практических занятий в лекционно-дискуссионном формате [1].

В организации учебного процесса в качестве способа передачи информации, как правило, используется односторонняя форма коммуникации. Суть ее заключается в трансляции преподавателем информации и в ее последующем воспроизведении обучающимся. Обучающийся находится в ситуации, когда он читает, слышит, говорит об определенных областях знания, занимая позицию воспринимающего. Иногда односторонность может нарушаться, в том случае, если студент что-либо уточняет или задает вопрос, и тогда возникает двусторонняя коммуникация.

Преподаватель осуществляет организацию учебной деятельности студента и управление ею, стимулируя развитие творческой и технической инициативы студента, столь необходимой для будущей инновационной активности специалиста-выпускника вуза. Наиболее важные из них:

– проявление сознательности, самостоятельности и активности обучающихся в процессе решения поставленных задач;

– наличие положительных результатов работы, которые отражают понимание проблемы;

– владение навыками самостоятельной работы.

Самостоятельная работа включается во все виды учебной деятельности, а качество самоподготовки студентов в значительной степени определяет эффективность их аудиторных занятий.

Самостоятельная работа студентов может быть как аудиторной, т.е. выполняемой в ходе аудиторных занятий, так и внеаудиторной и включает:

а) подготовку к аудиторным занятиям и выполнение соответствующих заданий по изучаемой дисциплине;

б) выполнение самостоятельных заданий на практических и семинарских занятиях;

в) подготовка к различным видам контрольных испытаний (коллоквиумы, устные опросы);

г) участие в научной и научно-методической работе – это написание рефератов, участие в конференциях и семинарах.

Внеаудиторная самостоятельная работа (далее самостоятельная работа) – это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия [2].

Систематическая, управляемая преподавателем самостоятельная деятельность студента становится доминирующей в современных условиях перехода к многоступенчатой подготовке специалистов. Задача преподавателя в связи с этим сводится к следующему:

- мотивировать обучающихся к освоению учебных программ;
- создавать условия для совершенствования информационной компетентности;
- способствовать развитию компетенций в области самообразовательной, учебно-исследовательской, проектной и творческой деятельности студентов;
- формировать системное мышление на основе самостоятельной работы над выполнением индивидуальных творческих заданий по учебным дисциплинам и т.п. [3].

Успех от совместной деятельности обучающего и студента во многом зависит от выбора оптимальных форм и видов занятий для организации самостоятельной работы. Форму самостоятельной работы предлагают кафедры, разрабатывающие рабочие программы дисциплин. При этом они могут установить и другие формы, утверждённые научно-методическим советом по направлениям подготовки.

При организации самостоятельной работы большую роль играет формирование мотивации студентов. Различают три вида мотивации:

1) внешнюю мотивацию – зависимость профессиональной карьеры от результатов учёбы в вузе;

2) внутреннюю мотивацию – склонности студента, его способности к учёбе в вузе. Ею можно управлять в период довузовской подготовки путём использования тестов при выборе специальности;

3) процессуальную (учебную) мотивацию, которая проявляется в понимании студентом полезности выполняемой работы [4].

Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя является средством обеспечения развития целевой готовности к профессиональному самообразованию. Для эффективности СРС, на наш взгляд, необходимо выполнить ряд условий:

- обеспечение правильного сочетания аудиторной и самостоятельной работы;
- методически правильная организация работы студента в аудитории и вне её;
- обеспечение студентов необходимыми методическими материалами с целью превращения процесса самостоятельной работы в процесс творческий;
- контроль за организацией и ходом самостоятельной работы и мер, поощряющих студента за её качественное выполнение.

Кроме этого, студенту необходимо помочь перейти от «формального» мотива (выучить материал, чтобы не получить неудовлетворительную оценку) к вполне осознанной самостоятельной познавательной деятельности. Будет правильным, если перед студентом ставить цель совершенствования его профессионально значимых знаний и умений с тем, чтобы обеспечить себе преимущества на конкурентном рынке труда в будущем [3].

Очевидно, что не всем студентам удается приобрести необходимые компетенции, такие, например, как самоорганизация и самообразование.

Повышение роли организации самостоятельной работы предполагает следующие направления деятельности преподавателя:

1) наличие и доступность всего необходимого учебно-методического, информационно-коммуникационного и справочного материала;

2) переработку учебных планов и программ с целью увеличения доли самостоятельной работы студента над изучаемым материалом, включение тем, выносимых для самостоятельного изучения, в том числе и с помощью компьютерных средств;

3) оптимизацию методов обучения, т.е. внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих эффективность труда преподавателей, а также активное использование информационных технологий, позволяющих студенту в удобное для него время осваивать учебный материал;

4) совершенствование системы текущего контроля работы студентов, возможно введение балльно-рейтинговой системы, внедрение компьютеризированного тестирования по курсу «Инженерная графика»;

5) совершенствование методики проведения практических занятий по инженерной и компьютерной графике и научно-исследовательской работы студентов, т.к. именно эти виды учебной работы студентов в первую очередь готовят их к самостоятельному выполнению профессиональных задач [4].

В качестве оценочных критериев, определяющих уровень самостоятельной работы, могут быть приняты следующие факторы: степень самостоятельности и творческой активности студентов, система самооценки и самоконтроля со стороны студента за ходом и результатами занятий [5].

Самостоятельная работа способствует формированию профессиональной компетентности, формированию высокого профессионализма, обеспечивает процесс развития методической зрелости, навыков самоорганизации и самоконтроля образовательной деятельности студента учебы в вузе. Это предполагает становление будущего специалиста как субъекта профессиональной деятельности, способного к саморазвитию.

Библиографический список

1. Трофимова, И.А. Педагогика и психология. Основы самостоятельной работы студентов / И.А. Трофимова. – СПб., 2001. – 222 с.

2. Измайлова, М.А. Организация внеаудиторной самостоятельной работы студентов / М.А. Измайлова. – М.: Изд-во Дашков и К, 2008.

3. Самостоятельная работа студентов по педагогике: развитие профессиональных компетенций: учебно-методическое пособие для преподавателей и студентов. Ч. III / Под ред. проф. А.П. Тряпицыной. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2008.

4. Дубовикова, Е.П. Самообучение и самообразование студентов при изучении компьютерной графики / Е.П. Дубовикова, Т.Ю. Попцова, Л.Л. Карманова // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 1013–1016 с.

5. Дубовикова, Е.П. Организация внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов при изучении курса инженерной графики / Е.П. Дубовикова, А.Л. Решетов // Наука и современность. Сб. ст. Ч. 1. – Уфа: Аэтерна, 2015.

К содержанию

УДК 711.4(470.55) + 316.77

ВОСПРИЯТИЕ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА ЖИТЕЛЯМИ ЧЕЛЯБИНСКА

А.О. Колмогорова, Е.Г. Сосновских, А.А. Ларионова

Представлена практика восприятия местными жителями процесса конструирования и преобразования городского пространства на примере города Челябинска. Рассматривается «Городское пространство» с точки зрения архитектуры и социологии. На примере истории прослеживается отражение промышленного развития города в его архитектуре. Город исследуется как знаковая система, как место действия различных коммуникативных кодов. Также в статье оценивается заинтересованность горожан в формировании облика столицы Южного Урала и восприятие современного облика на данный момент. Рассматриваются результаты конкурса Archchel-2020, оцениваются с точки зрения восприятия городского пространства жителями Челябинска.

Ключевые слова: окружающая среда, архитектура, социология, восприятие, Archchel-2020, городское пространство, искусство, дух города.

История становления Челябинска уходит своими корнями в XVIII век. Город был основан 13 сентября 1736 г. на реке Миасс как сторожевая крепость на пути из Зауралья в Оренбург. В 1781 г. Челябинск получил статус уездного города.

Со времен основания в Челябинске сохранились здания, являющиеся объектами культурного наследия, придающие уникальный облик городу.

Ярким примером является магазин купцов Стахеевых (ул. Кирова, 80) – объект культурного наследия регионального значения. Это одно из крупных торговых заведений дореволюционного Челябинска. И. Стахеев основал торговый дом «Григорий Стахеев и сыновья». В 1874–1882 гг. этот торговый дом построил целый комплекс торговых помещений, которые

состояли из 2 каменных магазинов по ул. Уфимской, каменной кладовой по ул. Азиатской. Внутри двора находились деревянный дом, кладовые, баня, амбар, погреб, чайная развеска, конюшня и др. строения. В 1905 г. по ул. Уфимской у Стахеевых стояли каменный магазин и полукаменный дом, облицованный кирпичом, имевший по 5 комнат вверху и внизу; а на ул. Азиатской – полукаменный дом с мезонином на 14 комнат. Была и своя оранжерея. 1 июля 1906 г. решением Троицкого окружного суда в его ведение были переданы челябинские постройки. Накануне Первой мировой войны торговый дом И.Г. Стахеева вошел в состав крупнейшего монополистического объединения России, ведавшего комплексом промышленных, транспортных, сельскохозяйственных, торговых и кредитных предприятий. В 1917 г. имущество концерна было национализировано. Постройки Стахеевых в Челябинске перешли в ведение города. До войны здесь располагались торговые заведения «Торгсин». В годы войны – цеха по производству «Катюш». На данный момент там располагается Челябинская табачная фабрика [5].

Нельзя не упомянуть о том, что известность Челябинск приобрел в 1892 г. с окончанием строительства Самаро-Златоустовской железной дороги, когда было открыто движение из Москвы до Челябинска. В считанные годы он превратился в один из крупнейших торговых центров России. Считается, что с этого момента можно определять город Челябинск как целостный культурный организм, который имеет свое лицо, где сохранялся выраженный в архитектуре «дух», то есть система архитектурного символизма. «Дух» города – его контекст, его общая структура.

Благодаря строительству железной дороги стремительно начали развиваться промышленность и образование. Челябинск формируется как целостный организм, независимый и значимый среди других городов. Открылись духовное училище (1830), женская прогимназия (1870), реальное училище (1902), торговая школа. Были построены Народный дом и Клуб железнодорожного собрания. Челябинск быстро входил во всероссийский и мировой рынок. В период первых советских пятилеток Челябинск превратился в один из крупнейших в стране промышленных центров. С начала 1930-х начали свою работу тракторный, абразивный, ферросплавный, станкостроительный, цинковый заводы. Важнейшую роль играл Челябинск во время Великой Отечественной войны как тыловой город. Его население выросло с 270 до 650 тысяч человек. На базе эвакуированных предприятий создавались гиганты индустрии – ЧКПЗ, ЧМК, ЧТПЗ. Уже в начале войны Челябинск обрел второе, неофициальное имя – Танкоград [3].

Как мы знаем из истории, развитие культуры и индустриализация любого города всегда сопровождается новыми архитектурными сооружениями.

В период промышленного подъема сформировалась знаково-символическая интерпретация города. Впервые такая интерпретация была зафиксирована в теории и методологии герменевтики.

В герменевтике город и городское пространство рассматриваются как текст. Важнейшее значение в исследованиях отдавалось архитектуре. Например, для Х.Г. Гадамера архитектура представляется самым интересным и самым благодатным материалом для изучения и понимания города. Исследователь повседневности П. Рикёр в рамках герменевтики говорил о городе как о сконструированном и одновременно геометрическом пространстве, пространстве, фиксирующем место проживания и предназначенном для передвижения.

Социологией города занимались М. Вебер и Г. Зиммель. В рамках социологического подхода город трактуется как сообщество индивидов. М. Вебер ввёл социологическое понятие города. Также он рассуждал о типах города: город производителей, город потребителей, торговый город и города сельскохозяйственного типа. В работах исследователя говорится о городе и городской общине. Так же как и К. Маркс, он рассматривал историческое развитие городов. Г. Зиммель рассуждал о больших городах в современности и их проблемах. Он говорил о психологической среде большого города, развитии рефлексивного сознания и специфике социальных отношений. Также исследованиями о городе с точки зрения социологии занимались Э.У. Бёрджесс, Х.У. Зорбо, С. Милграм, А. Лефевр, М. Кастельс, Ч. Лэндри, М. де Серто, М. Оже.

Попыткой синтеза символического подхода и социологии города стали работы У. Эко. Он рассматривал современный город как место исполнения знаков. Городское пространство являлось для него необъятной совокупностью означающих и означаемых, где каждый объект приобретает множество значений, а город выступает для него местом действия различных коммуникативных кодов. Р. Барт одним из первых определил части городской среды как слова, а сам город как речь, бесконечную цепь метафор.

В рамках постструктурализма можно выделить Ж. Бодрийяра. Он говорил, что современный город – это место исполнения знаков. Современный город и городская среда, по его мнению, – «это одновременно и нейтральное, однородное пространство безразличия, и пространство нарастающей сегрегации, городских гетто, пространство отверженных кварталов, рас, отдельных возрастных групп; пространство, фрагментированное различительными знаками» [2]. Бодрийяр также говорит об обществе потребления, и с этой позиции определяет город как «современную метрополию». Характерной чертой «современной метрополии» является существование символических ансамблей, которые объединяют в себе магазины, места проведения досуга, доступа к информации. Городское поведение в такой среде – это игровое потребительское поведение посетителя торгово-развлекательного или выставочного центра. Исследуя окружение и деятельность жителей «современной метрополии», Бодрийяр приходит к выводу, что сообщество горожан превращается в сообщество потребителей образов. Одной из отличительных черт современного города в рамках пост-

структурализма можно назвать наличие грандиозного потока средств массовой информации, структурирующего многочисленные городские гетто.

Городское пространство в российской науке в основном рассматривается через призму социокультурного подхода, который делает акцент на изучении социальных отношений и культурных смыслов в их нерасторжимом единстве. Такие исследователи как Ш. Зукин, Р. Флорида, Л. Грин, Ф. Матарассо, Ф. Бьянчини, В.Л. Глазычев, В.Г. Ильин, И.В. Тулиганова, В.Л. Каганский, А.В. Бабаева, В.Г. Рыженко придают в своих работах значение городской культуре, которая является неотъемлемой духовной компонентой «городской среды».

Обзор концепций позволяет рассматривать архитектуру и городское пространство с различных точек зрения: культурологической, герменевтической, символического подхода. Таким образом, в рамках социологии сложился ряд подходов для изучения городского пространства, которые при умелом сочетании с теорией и практикой архитектуры смогут помочь в изменении и усовершенствовании облика современных городов [1].

Для архитекторов как для творческих личностей всегда была важна духовная составляющая профессиональной деятельности, в отличие от инженеров-строителей, у которых на первом месте стояла практичность и технологии. Архитектор должен за определенный срок в рамках заданного бюджета для конкретного заказчика сконструировать объект. Он работает вместе с командой специалистов и находится в ситуации, когда его действия так или иначе подвергаются контролю ради обеспечения безопасности, имеют финансовые ограничения. Где же простор для творчества? Проблема состоит в том, чтобы увязать проекты с концепциями или с уже сложившимися представлениями заказчиков об этих проектах. Таким образом, определяется участок, который мы не знаем. Мы находимся в окружении вымысла, незнания, риска, и в конечном итоге этот участок становится полной загадкой, где преднамеренно или нет неподвластные вещи не подвергаются контролю. Здесь начинается открытая иллюзия, иллюзия пространства, которое можно не просто увидеть само по себе, но можно и почувствовать его духовное продолжение.

Кроме того, согласно одной из основных гипотез, архитектура – это не то, что наполняет пространство, а то, что его создает. В этом процессе всегда присутствует духовная составляющая. В качестве примера можно привести японские сады, в которых всегда есть так называемая «точка схода», то есть место, где человек не может понять, заканчивается ли здесь сад, или же он продолжается дальше. Или также проект «Turm ohne Ende» (Башня без конца) в районе Парижа Ля Дефанс, в рамках которого Жан Нувель попытался одержать верх над логикой «перспективы Альберти», иными словами, так организовать все элементы, чтобы они могли бы быть восприняты как восходящая лестница и рождали бы пространственное сознание. Вид башни должен теряться в небе; будучи на границе с немате-

риальным, на границе с чувственным восприятием, эта башня является частью архитектуры, которая ни в коем случае не является виртуальной (хотя башня виртуальна в том смысле, что она никогда не была построена) и создает намного большее, чем то, что можно увидеть.

Таким образом, архитектор, создавая проекты, формирует знаковое пространство города. Он четко продумывает, как каждое здание впишется в существующий «контекст», будет ли соответствовать облику, стилю города.

Духовное пространство может создать только сам человек. А без духовной составляющей не стоит рассматривать архитектуру как вид искусства. Это остаётся лишь сухой наукой, основанной на расчетах и исследованиях земли и материалов, что по сути превращает её в отдельные виды строительства, геодезии и инженерии.

Большинство населения города Челябинска небезразлично к изменениям окружающей среды. Например, были создано общественно движение «Стоп ГОК» против строительства Томинского ГОКа, петиции против строительства СПАРа у памятника Курчатову. А отношение к строительству часовни перед ЮУрГУ вовсе различное. Кто-то выступает за строительство, а кто-то резко против. Также неравнодушны жители и к проекту Archchel-2020, о котором будет сказано чуть позднее.

Авторами был проведен анализ ряда интервью. В нём приняли участие студенты второго курса, возраста 19–20 лет, обучающиеся на строительных и гуманитарных специальностях, жители города Челябинска, чья профессия связана с архитектурой или же нет (от 40 до 60 лет).

Жители города Челябинска вполне положительно оценивают город с точки зрения архитектуры. Звучали такие варианты как «Новый город, интересные здания»; «Центр – шикарно, остальные районы тоже радуют». В повседневной деятельности, (например по пути на работу), они встречают не только жилые и общественные здания привычной и уникальной архитектуры, но и различные заводы, электростанции, (электрометаллургический) комбинат, «большие, просто огромные цеха, высоченные трубы». Видимо, граждане живут в районах города, где расположены заводские территории (ведь Челябинск – это промышленный город). Судя по использованным словам, они производят яркое впечатление на них, особенно при описании размера территории и построек. Но в то же время отмечают, что в центре города много растительности, парк им. Гагарина. Внимание привлекают и мероприятия по озеленению центра города, организация клумб (Н., 19 лет, удивляется: «Разделительная полоса на Ленина возле ЮУрГУ – вся зеленая»).

Горожане небезразличны к внешнему облику своего города и считают, что внешний облик Челябинска должен изменяться, ведь «некоторые фасады старых домов просто «вопият» о капитальном ремонте». Однако речь идет не о сносе старых зданий, а об их преобразовании. А., 53 года, отме-

чает: «Я надеюсь, что лет через 10–20 все дома нашего города будут выглядеть новее благодаря улучшению фасада, например, замене на навесной фасад».

Ни у кого не возникало сомнений по поводу того, что мнение жителей должно учитываться, и зачастую это было вызвано тем, что их пожелания уже когда-то не учли. Например, при строительстве парковки на месте детского двора. «Для кого изменять облик города, если не для жителей? Конечно, основная работа проделывается архитекторами и конструкторами, но проводить иногда социологические вопросы очень даже желательно».

В 2016 году стартовал конкурс Archchel-2020, который позволял учитывать мнения жителей по поводу облика города. Он проводился при официальной поддержке Министерства экономического развития Челябинской области, Министерства культуры Челябинской области, Главного управления архитектуры и градостроительства Челябинской области, Администрации города Челябинска, Министерства строительства Челябинской области.

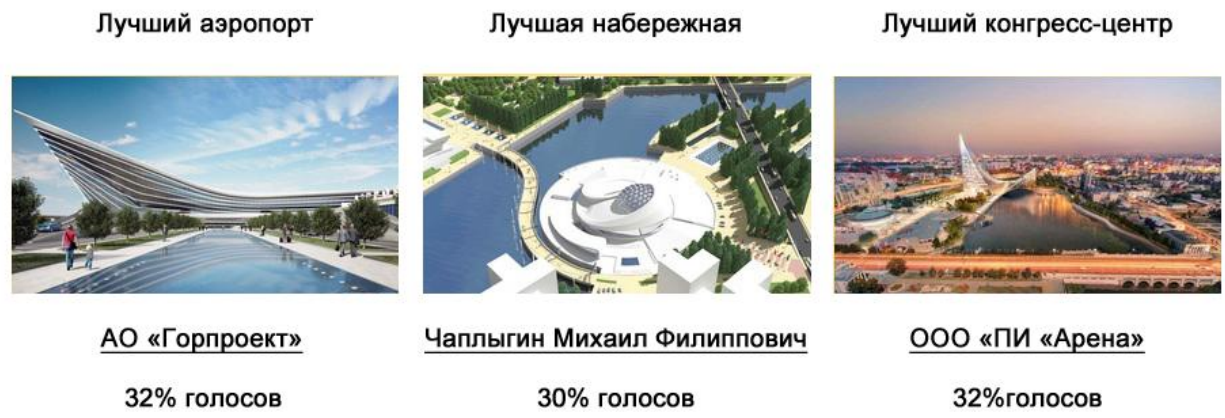
Архитекторы со всего мира приняли участие в формировании облика южноуральской столицы, представив на суд жюри проекты по трем объектам: аэропорту, конгресс-центру и набережной реки Миасс. Заместитель главы региона Руслан Гаттаров отметил: «Всем нам хочется, чтобы Челябинск был красивым, удобным, с развитой инфраструктурой. Такую задачу ставит перед нами губернатор Челябинской области Борис Дубровский» [4]. Это связано в первую очередь с попыткой расширения международных связей города, привлечением инвесторов для предприятий города и региона. В 2020 году город принимает ответственное мероприятие – саммит ШОС. Ранее таких широкомасштабных мероприятий не проводилось, поэтому для города это шанс показать свой промышленный потенциал, а также достойно встретить участников. Архитектурная среда, дружелюбная городская среда имеют колоссальное значение.

По словам Эдуарда Кубенского, международное участие для такого конкурса предполагает максимальное количество вариантов на разработку объектов строительства к предстоящим саммитам ШОС и БРИКС. «Задачи по благоустройству такого рода объектов присутствуют в каждом городе мира, и архитекторы всех стран решают их, – добавил он. – Поэтому мы планируем рекрутировать в конкурс практикующие бюро. Проекты должны быть максимально приближены к реальности» [4]. Исходя из сказанного, по итогам конкурса будут построены принципиально реализуемые проекты, дизайн которых будет уместным и гармонирующим с окружающей застройкой.

За время проведения Archchel-2020 архитекторы из Москвы, Уфы, и других городов посетили Челябинск, чтобы познакомиться с площадками для строительства, а иностранные специалисты готовили свои проекты, основываясь на опыте зарубежных индустриальных городов. Кроме того,

были проведены выставки, на которых конкурсанты представляли свои проекты, для того чтобы жители Челябинска, члены жюри и архитекторы из различных стран мира могли ознакомиться с ними получше. Представитель жюри Наринэ Тютчева поделилась своими впечатлениями о проекте и подвела итог: «В моем понимании Челябинск – это город-труженик, поэтому он заслуживает лучшего, мы смотрели на представленные проекты с точки зрения придания нового импульса для развития, поднятия планки. Возможно, глядя на эти объекты, в городе появится новое архитектурное дыхание» [4].

Также организаторами конкурса был проведен интернет-опрос. Его результаты были объявлены 20 февраля 2017 года (рис.). Опрос показал, какие проекты жители Челябинска хотят видеть в своем городе. В опросе приняло участие более 10 тысяч человек. Интернет опрос доказывает, что людям интересно принимать участие в преображении своего города. Основным минусом опроса является то, что представлены не все возрастные группы населения. Причиной этого является то, что организаторы не популяризовали, недостаточно осветили конкурс в СМИ. Нет сомнений, что старшее поколение было менее осведомлено об этом проекте из-за отсутствия навыков пользования компьютером, а также, возможно, из-за отсутствия электронной почты. Но ведь ничто не мешает завести её? То есть принимать ли участие – это выбор каждого.



Результаты интернет-опроса конкурса Archchel-2020

Заключение. Проекты, направленные на приближение простых людей к обустройству городской среды, несомненно пользуются популярностью. Только важны методы, к которым прибегают власти для этого. У жителей города есть желание влиять на обустройство городской среды. Подтверждение этому – конкурс Archchel-2020, в котором активно приняли участие жители города. В голосовании принимало участие свыше 10 тысяч человек.

В целом городское пространство воспринимается положительно, несмотря на обилие заводских построек. Жители считают, что в Челябинске

можно наблюдать множество современных зданий, реализовано множество уникальных проектов, которые заставляют гордиться архитектурой родного города. При этом у жителей есть желание изменять облик Челябинска в лучшую сторону, не разрушая при этом памятники архитектуры.

Библиографический список

1. Филько, А. Изучение феномена города и городского пространства в современных социальных исследованиях / А. Филько А. – URL: http://e-notabene.ru/pr/article_15933.html.
2. Бодрийяр, Ж. Архитектура: правда или реальность? / Ж. Бодрийяр. – М., 2011. – С. 114–122.
3. Сайт администрации города Челябинска. – URL: http://cheladmin.ru/ru/gorod-chelyabinsk/istoriya-chelyabinska.
4. Официальный сайт конкурса Archchel-2020. – URL: http://archchel2020.ica74.com/#/about.
5. Челябинск: Энцикл. / Сост: В.С. Боже, В.А. Черноземцев. – Изд. испр. и доп. – Челябинск: Каменный пояс, 2001. – 1112 с.

К содержанию

УДК 378.026.7 + 004.92

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ АСИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Т.В. Колобаева, Т.Э. Сергеева

Разработаны задания по инженерной графике для студентов АСИ, способствующие развитию навыков самостоятельной работы. Намечены этапы самостоятельного выполнения определённых разделов задания: подготовительный (расчеты элементов здания, эскиз генерального плана) и исполнительный (рабочий чертёж, пояснительная записка). Приведены основные этапы выполнения заданий, включающих самостоятельную работу, в которых поставлены задачи, требующие от студентов организации и планирования учебной деятельности.

Ключевые слова: инженерная компьютерная графика, самостоятельная работа, проектирование, здание, ферма, строительный чертёж.

Студенты строительных специальностей во втором семестре изучают курс инженерной и компьютерной графики – одной из основополагающих дисциплин строительного черчения. В ходе обучения они выполняют ряд

заданий, целью которых является усвоение приёмов и правил изображения зданий и строительных конструкции. Самостоятельная часть работы заключена в заданиях по вариантам, где учащийся, знакомясь со строительным чертежом, выступает в роли проектировщика. Элементами проектирования самостоятельно выполняемых заданий выступают: элементы генеральных планов, планы и фасады общественных зданий (помещения, оконные и дверные проёмы, лестницы, санитарные узлы), узлы строительных конструкций – металлических ферм. Студент может воплотить свои творческие идеи, выполняя конкретные задачи контрольных графических работ.

При изучении многих строительных дисциплин используют чертёж, поясняющий устройство узлов и элементов зданий. Студент как состоявшийся специалист проектирует в своём задании внешний вид и внутреннее устройство здания и составляющих его элементов. Таким образом, раскрывается его взгляд на проект как будущего инженера.

Студенты выполняют курсовую работу «Архитектурно-строительный чертеж гражданского здания». Учебное задание содержит различные технологические сведения и данные с условными обозначениями элементов зданий и конструкций. Выполнение курсовой работы знакомит с основными правилами оформления архитектурно-строительных чертежей здания и проектной документации. Началу выполнения курсовой работы предшествует ознакомительная лекция, в которой преподаватель объясняет основные сведения об архитектурно-строительных чертежах, о последовательности их вычерчивания, о стадиях проектирования.

Курсовая работа представлена индивидуальными вариантами различных типов общественных зданий. Фасад здания задан незаконченным чертежом. Требуется самостоятельно закончить оформление фасада, вычертив проемы в соответствии с выбранными типами окон и дверей; а также нанести высотные отметки основных архитектурных деталей. Кроме этого, самостоятельная работа студента заключается в построении поперечного разреза здания по лестничной клетке после расчета ее элементов.

Приступая к выполнению задания, студент прежде всего должен понять, «прочитать» предлагаемые исходные чертежи индивидуального задания и получить по ним представление о внешнем и внутреннем конструктивном устройстве здания. Исходный чертёж также знакомит с условными обозначениями деталей и элементов зданий и строительных конструкций. К нему прилагаются данные о типоразмерах стандартных оконных и дверных проёмов, применение которых создаёт определённую композиционную схему фасада и определяет внутреннюю планировочную схему здания. Студент самостоятельно выбирает из предложенных приложений типы оконных и дверных блоков и в соответствии с ними выполняет расчёты элементов здания: определяет размеры простенков в наружных стенах здания, размеры лестничной клетки, лестничных площадок и маршей.

Самостоятельно подбирая типы оконных и дверных блоков, учащийся приходит к пониманию законов проектирования, осознавая взаимосвязь внешнего вида с внутренней планировкой. Все элементы проектируемого здания в композиции плана и фасада должны быть взаимосвязаны друг с другом так, чтобы композиция смотрелась единым целым и строилась по законам симметрии или асимметрии. Элементы оконных и дверных проёмов как композиционные составляющие, повторяясь и перекликаясь друг с другом, располагают по законам гармонии и определённого метрического порядка для достижения определённого равновесия.

После обсуждения с преподавателем и получения одобрительной оценки проведенных расчетов студент приступает к вычерчиванию плана первого этажа. План первого этажа здания вычерчивают по размерам исходного чертежа и результатов проведённого расчета.

На архитектурном чертеже фасада для большей наглядности объемных форм студенты строят падающие тени, применяя знания, полученные при изучении темы «Тени в ортогональных проекциях» в курсе «Начертательной геометрии» первого семестра. В дальнейшем для придания объемности изображённому фасаду или его светотеневой моделировки применяют графический прием – заливку. Студенты подходят к этому этапу работы творчески, применяя навыки и знания, полученные на занятиях, выполняя цветовые решения в соответствии со своим художественным видением.

Следующим этапом работы является разработка фрагмента благоустройства прилегающей территории проектируемого гражданского здания. В качестве примера выдаются готовые фрагменты генеральных планов и их условных обозначений, на основе которых студент создаёт свой чертёж фрагмента генплана. Самостоятельная разработка планировочного решения застройки даёт возможность усвоить взаимосвязь отдельных её элементов, а также оценить самим разработчиком качество композиции благоустройства и озеленения территории. Для придания чертежу генерального плана большей наглядности студенты строят на нем контуры падающих теней существующих зданий и проектируемого гражданского здания. Графическую часть задания распечатывают на формате А2.

Учебным планом дисциплины предусмотрено выполнение заданий по 3D-моделированию. В программе AutoCAD компании Auto Desk студенты создают простые геометрические формы с применением команд 3D-тела и операций: объединения, вычитания, пересечения, вытягивания, выдавливания, вращения, лофта.

Этап 3D-моделирования завершается учебным заданием – проектирование узла металлической фермы. Цель задания заключена в самостоятельном изучении элементов, комплектующих узлы фермы и выполнение 3D-модели одного из них. Рабочие чертежи металлических конструкций со своими специфическими особенностями имеют специальные графические

условные обозначения и маркировку. В процессе выполнения задания учащиеся знакомятся с оформлением и чтением таких чертежей.

Ознакомившись с металлическими профилями, составляющими узел фермы и его конструкцией, учащийся осознанно подходит к созданию сложной 3D-формы, выступая в роли 3D-проектировщика. При выполнении задания и поставленных им основных задач трёхмерного проектирования студент приобщается к конструкторским разработкам, выступает в роли разработчика конструкторской проектной документации.

Приобретённые знания по 3D-компьютерной графике в процессе работы помогают студентам всесторонне представить свой замысел в проектировании строительных узлов зданий и сооружений.

На каждый этап выполнения задания устанавливается определённый срок в соответствии с учебным планом, позволяющий студентам самостоятельно организовать выполнение поставленной задачи, проявляя усилия и творческую активность.

Определяющая роль преподавателя в организации самостоятельной работы заключается в грамотной постановке задач курсовой работы, проведении инструктажа о порядке выполнения этапов задания. Он контролирует работу учащихся, оказывает им помощь, анализирует выполнение задания, разбирает допущенные ими ошибки. Преподаватель должен пробудить у студентов интерес к самостоятельному приобретению новых знаний и получению профессиональных навыков. Таким образом, в результате самообразования и развития постепенно отпадает необходимость в постоянном контроле и подробном инструктаже студентов преподавателем. По мере овладения материалом, приёмами работы и самоконтроля растёт опыт студентов и развивается их самостоятельность и активность в обучении.

Решение конкретного инженерного проекта опирается на приобретённые знания и навыки будущего специалиста. Как показала практика, подготовленный специалист должен хорошо разбираться в конструировании и проектирований объектов профессиональной деятельности. Задания по инженерной и компьютерной графике помогают студенту посредством развития навыков самостоятельной работы стать таким специалистом.

В результате выполнения заданий накапливаются знания и умения, обеспечивающие овладение выбранной специальностью и дальнейший профессиональный рост, что обусловлено проявлениями студентами самостоятельности и творческой активности при решении поставленных перед ними познавательных и практических задач.

Заключение. На современном этапе развития общества качеству застройки большое внимание должны уделять не только архитекторы, но также и инженеры-строители. Начальным этапом в достижении этой задачи служит обязательный элемент обучения – самостоятельная работа по курсу инженерной и компьютерной графики. Процесс самостоятельной работы позволяет развить у студента профессиональные навыки для будущей качественной производственной и конструкторской деятельности.

Библиографический список

1. Короев, Ю.И. Черчение для строителей. Текст. учеб для нач. проф. образования / Ю.И. Короев. – М.: Высшая школа, 2009. – 255 с.

2. Будасов, Б.В. Строительное черчение. Учеб. Для вузов по направлению 653500 – «Стр-во» / Б.В. Будасов, О.В. Георгиевский, В.П. Каминский; под ред. О.В. Георгиевского. – М.: Стройиздат, 2003. – 450 с.

3. Хмарова, Л.И. Дизайн архитектурной среды. Задачи проектной деятельности / Л.И. Хмарова, Т.В. Колобаева // Графические коммуникации в технике и дизайне. Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень: «Нефтегазовый университет», 2006. – С. 150–151.

4. Толстов, Е.В. AUTOCAD и AUTODESK ARCHITECTURAL DESKTOP как базовые пакеты проектирования / Е.В. Толстов // Развитие региональных архитектурно-художественных школ в контексте историко-культурных традиций. Материалы международной научно-методической конференции. Т. 1. – Казань: КГАСУ, 2005. – 320 с.

К содержанию

УДК 712.4(470.55) + 712.2(470.55)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА г. ЧЕЛЯБИНСКА

Т.А. Кондратенко, С.А. Саночкин

В статье исследуется состояние зеленых насаждений и системы озеленения города Челябинска на примере Центрального района и приведены примеры решения проблем, связанных с учетом зеленых насаждений с использованием современных технологий. Приведены данные о количественном и качественном составе озеленения на 2009 г.

Ключевые слова: система озеленения, экологические условия, деревья, кустарники, зеленый фонд, парки, сады, скверы, городской район, управление зеленым хозяйством, кадастр зеленых насаждений.

Вопросы формирования полноценной среды обитания, в том числе организация озелененных территорий, приобретают в настоящее время особую значимость и остроту.

В конце XX – начале XXI вв. в связи с интенсивной «урбанизацией» и ростом численности населения в крупных городах неуклонно увеличивается нагрузка на общедоступные и благоустроенные места рекреации на территории муниципальных образований. Значение для каждого жителя и города в целом ранее созданных ландшафтных объектов, особенно город-

ских парков как важнейшего звена общегородской ландшафтной системы, неизменно повышается. Потребность в легкодоступных и хорошо благоустроенных рекреационных территориях с высокой степенью устойчивости и художественной эстетики сегодня остается неудовлетворенной.

В крупных и крупнейших городах Российской Федерации значительно ухудшается экологическая ситуация. Повышается загазованность воздуха, увеличивается нагрузка на почвы, в зоне корневой системы зеленых насаждений повышается площадь твердых покрытий, подземные коммуникации и сооружения занимают все большие территории, в местах произрастания насаждений происходит интенсификация использования городских озелененных территорий населением и многое другое, что оказывает отрицательное воздействие на жизнедеятельность городских насаждений в городе, как важнейшего элемента комфортной среды обитания человека.

Реконструкция и озеленение города необходимы для обеспечения статуса города как имеющего высокую экологическую культуру и обладающего эстетически привлекательными свойствами с высоким уровнем качества жизни населения.

В связи с этим анализ состояния озеленения современных городских поселений является своевременным и актуальным.

Город Челябинск – уже сформировавшаяся, но и интенсивно развивающаяся структура. Здесь широко ведется новое строительство, в связи с чем возникает проблема недостатка территорий, так как во многих частях города не хватает свободных земель и, к сожалению, часто при уплотнении застройки, особенно в центре города, идут на освоение тех участков, где существуют зеленые насаждения. Это приводит к дальнейшему ухудшению состояния городской среды, а для остающихся небольших по площади участков зеленых насаждений – к уменьшению продолжительности жизни в несколько раз по сравнению с естественной средой обитания.

Улучшить условия жизнедеятельности зеленых насаждений в городах и продлить сроки их эффективного функционирования можно путем решения целого комплекса вопросов таких как: формирование системы озелененных пространств города и его отдельных районов; функциональное назначение озелененных территорий и его соответствие размерам, характеру и особенностям города; видовой состав насаждений и степени интенсивности использования их, управление городским зеленым хозяйством. Рассмотрим эти вопросы применительно к городу Челябинску и его центральной части.

Система озеленения города Челябинска представлена насаждениями общего, ограниченного пользования и специального назначения. Озеленения общего пользования подразделяются на общегородское и озеленение жилых районов.

Зеленые насаждения являются важнейшим элементом ландшафтного комплекса города.

В качестве источника информации для анализа состояния системы озеленения г. Челябинска служат материалы доклада «О развитии зеленого

фонда города Челябинска» и натурные обследования студентов Архитектурно-строительного института ЮУрГУ.

Система озеленения города представлена следующими видами озелененных территорий: зеленые насаждения (без учета кладбищ, коллективных садов и т.п.) занимают площадь 5798 га (52,1 кв.м на жителя города), из них [1]:

- зеленые насаждения общего пользования (парки, сады, скверы, бульвары, набережные, аллеи) занимают 702,9 га;
- зеленые насаждения ограниченного пользования (внутриквартальные, дворовые зеленые зоны) занимают 737,5 га;
- естественные лесные массивы – 4 357,6 га (3 853 га городские леса);
- зеленые насаждения парков, садов, скверов, бульваров, набережных, аллей составляют 10 % от территории жилой зоны или 9,5 кв.м на 1 жителя (при установленной норме 10 кв.м).

Количество объектов, деревьев, кустарников в городе распределяется следующим образом (табл. 1) [1].

Таблица 1

Зеленый фонд города Челябинска

№ п/п	Наименование объектов	Кол-во объектов	Площадь зеленых насаждений, га	Кол-во деревьев, шт.	Кол-во кустарников, шт.	в т.ч. живой изгороди, п.м.	Обеспеченность, кв.м/1 чел
А	Лесопарки	2	2602				23,4
Б	Улицы, переулки, площади, набережные	1 112	625,8	313 083	1 084 415	156 820	5,6
В	Общего пользования						
1	Парки	5	157,9	45 886	107 693	8 145	1,4
2	Сады	3	10,8	4 500	28 549	3 235	0,1
3	Скверы	128	223	36 876	372 295	54 773	2,0
4	Бульвары	19	50,4	12 964	152 657	35 625	0,5
Всего по п. В		1 267	442,1	413 309	1 745 609	258 598	4,0
Всего по п. Б-В		2 379	1 067,9	726 392	2 830 024	415 418	9,6
Ограниченного пользования							
Г	Зеленые насаждения внутри микрорайонов		576	566 046	839 057	16 703	5,2
Д	Стадионы	12	80,2	8 446	12 472	69	0,7
Е	Промышленные площадки			88 124	288 707		0,0
Ж	Коллективные сады	69	3 614,2				32,5
Всего по п. Г-Ж		81	4 270,4	662 616	1 140 236	16 772	38,5
Специального пользования							
З	Питомники		7,2	18 376	1 741 599	84	0,1
И	Кладбища	13	385,4				3,5
К	Защитные полосы вдоль ж/д и шоссе		3 882,9	558 197	1 171 599	191 356	35,0
Всего по п. З-К		13	4 275,5	576 573	2 913 198	191 440	38,5
ИТОГО:		2 475	12 215,8	1 965 581	6 883 458	623 630	110,0

Анализ этой таблицы свидетельствует, что по удельным показателям озелененных территорий на одного жителя г. Челябинска является достаточно благоприятным (9,6 м^2/чел обеспеченность по объектам общегородского значения и 5,6 м^2/чел – по объектам внутримикрорайонного значения), но распределение озелененных территорий по городским районам крайне неравномерно (табл. 2) [2].

Преобладающая часть парков, садов, скверов (до 30 %) расположена в Центральном районе. По районам города эти объекты зеленых насаждений распределены следующим образом [1]:

- Центральный район – 116,74 га (12,4 кв.м на одного жителя);
- Калининский район – 87,47 га (4,4 кв.м на одного жителя);
- Металлургический район – 52,82 га (3,6 кв.м на одного жителя);
- Тракторозаводский район – 52,00 га (3,3 кв.м на одного жителя);
- Курчатовский район – 50,41 га (2,8 кв.м на одного жителя);
- Советский район – 50,00 га (3,6 кв.м на одного жителя);
- Ленинский район – 17,27 га (0,9 кв.м на одного жителя).

Таблица 2

Распределение насаждений по районам города

Район	Лесопарки (норма 5 кв.м / человек)		Зеленые насаждения общего пользования (норма 10 кв.м / человек)						Зеленые насаждения внутри жилой застройки (норма 6 кв.м/ человек)	
			всего		в том числе:					
					скверы, сады, парки, бульвары		уличные аллеи			
	га	кв.м / человек	га	кв.м / человек	га	кв.м / человек	га	кв.м / человек	га	кв.м / человек
Калининский	110,0	*5,5*	130,0	*6,5*	87,5	*4,4*	42,48	*2,1*	107,2	*5,4*
Курчатовский	420,4	*23,2*	64,1	*3,5*	50,4	*2,8*	13,7	*0,8*	83,5	*4,6*
Советский	811,2	*57,8*	68,2	*4,9*	50,0	*3,6*	18,2	*1,3*	100,3	*7,2*
Центральный	1 351,6	*143,2*	139,4	*14,8*	116,7	*12,4*	22,7	*2,4*	95,9	*10,2*
Металлургический	1 474,6	*100,6*	208,9	*14,3*	52,8	*3,6*	156,1	*10,7*	125,9	*8,6*
Ленинский	118	*6,1*	28,3	*1,5*	17,3	*0,9*	11,0	*0,6*	113,5	*5,8*
Тракторозаводский	71,8	*4,6*	64,0	*4,1*	52,0	*3,3*	12,0	*0,8*	111,2	*7,1*
Город:	**4 357,6**	***39,2***	**702,9**	***6,3***	**426,7**	***3,8***	**276,1**	***2,5***	**737,5**	***6,6***

В Центральном районе г. Челябинска сложилась наиболее благоприятная ситуация по всем элементам системы озеленения как по отношению ко всему городу, так и к другим районам [2]. Однако если рассмотреть не только количественные, но и качественные показатели озеленения Центрального района, то станет ясно, что положение не столь благополучно.

Видовой состав деревьев и кустарников, используемых для озеленения города, сложился исторически. В парках, садах, скверах произрастает около 132 видов (пород) древесной и кустарниковой растительности, в том

числе 46 – местных, 86 – завезенных видов. В структуре озеленения Центрального района преобладают 19 видов, среди которых доминирующими являются 5 видов, занимающие 62,2 % площади всех насаждений (это: тополь бальзамический – 21,6 %; липа мелколистная – 12,6 %; клен ясенелистный – 10,6 %; береза бородавчатая – 9,3 %; ива древовидная – 8,1 %; кустарники: шиповник, спирея сиреневидная, барбарис, ирга, кизильник блестящий) [1].

В городе Челябинске в послевоенные годы озеленение проводилось путем массовых посадок деревьев населением города при проведении субботников, результаты данной работы хорошо видны в Центральном районе (Аллея Славы, сквер на Алом поле). В 70–80-е годы за период весенних субботников высаживалось несколько десятков тысяч деревьев и сотни тысяч кустарников. Такие посадки проводились в большинстве своем стихийно – без надлежащего проектного обеспечения, без соблюдения технологии, при посадке использовался в основном подручный посадочный материал. Методы массовых посадок позволяли быстро решить проблемы озеленения новостроек.

Тополя и клены, высаженные в то время, защитили жилые кварталы от возрастающего воздействия выбросов промышленных предприятий. Сегодня санитарное состояние 40–50-летних насаждений во дворах и на улицах города неудовлетворительно – посадки сильно загущены, имеет место большая сомкнутость крон, что, в свою очередь, ведет к нарушению норм освещенности квартир, расположенных на нижних этажах зданий, имеется много сухих и усыхающих деревьев [1, 3].

В целях замены старовозрастных зеленых насаждений на более ценные безаварийные породы (тополь пирамидальный, липа мелколистная, яблоня сибирская, ясень) необходимо произвести разработку и утверждение комплексных проектов капитального ремонта озеленения отдельных микрорайонов и улиц города. Проведение капитального ремонта озеленения особенно актуально в старой жилой застройке города. В Центральном районе работу по замене старовозрастных зеленых насаждений желательно проводить поэтапно [3].

Если смотреть на систему озеленения в целом, то она оставляет желать лучшего. Из-за проводившейся дорожной революции, постоянно растущего числа автомобилей и массового строительства новых микрорайонов было безвозвратно утеряно много зеленых островов, в которых часто отдыхали жители нашего города, а в свою очередь зеленые насаждения препятствовали распространению пыли и выбросам от автомобилей. Хорошим примером является Центральный район. В нем осталось мало тех мест, где не было бы ограждающих конструкций в виде деревьев и кустарников, тянущихся на всем протяжении улицы, от одной остановки общественного транспорта до другой. Также не составит особого труда пройти по «зеленому коридору» от одного сквера или парка до другого, находясь под звукозащитой этого зеленого барьера.

Зеленые насаждения вдоль улиц имеют большое значение как для защиты жилых кварталов от автомобильных шоссе и дорог, так и для кратковременного отдыха горожан. Всего на территории города уличные аллеи занимают площадь 276,13 га.

Озеленение внутри микрорайонов (около 737,51 га) тесно связано с возрастом застройки и близостью к центру города. Плотность внутриквартальных зеленых насаждений чрезвычайно низка (менее 10%) в новостройках (Северо-запад, Северо-восток) и районах одноэтажной застройки. Обеспеченность жителей зелеными насаждениями внутри микрорайонов с учетом озеленения школьных дворов, детских садов, учреждений соцкультбыта составляет на одного жителя [1]:

- Металлургический район – 8,6 кв.м;
- Центральный район – 10,2 кв.м;
- Советский и Тракторозаводский район – около 7 кв.м;
- Ленинский и Калининский район – от 5,5 до 6,0 кв.м;
- Курчатовский район – 4,6 кв.м.

В практике проектирования нередко возникает необходимость защиты городской застройки от неблагоприятных ветров. В этом случае поперек основного ветрового потока устраивают защитные полосы зеленых насаждений. В данном вопросе лидирующие позиции также занимает Центральный район.

Неравномерность распределения озелененных территорий во многом объясняется следующими факторами:

- различная потребность территорий города в рекреационных объектах;
- неодинаковая степень освоенности и урбанизированности городского ландшафта;
- функциональное назначение отдельных элементов городской территории;
- недостатки управления городским хозяйством, в частности, озеленением города.

Система управления городским хозяйством в настоящее время уже не соответствует современным требованиям, предъявляемым к подобным объектам, что проявляется в следующем:

- системы сбора информации разобщены ведомственно и организационно, что не обеспечивает обоснованность и полноту решений по развитию городских территорий;
- геоинформационные технологии слабо внедряются в практику управления;
- практически вся информация в области городского управления ведется на бумажных носителях, что усложняет ведение дела, учет, приватизацию объектов, развитие рынка недвижимости;

- сбор информации о состоянии городских объектов осуществляется при слабой связи с конечными целями территориального развития и управления;
- слабо используются инновационные, экономические, экологические методы и нормативы для повышения эффективности территориального развития.

В условиях реформирования системы административного управления создание городских информационных систем имеет первоначальное значение. Для современного изучения и использования городских территорий необходимо создать различные геоинформационные базы данных, среди которых особое значение имеет кадастр зеленых насаждений ввиду резкого ухудшения их состояния. А зеленые насаждения – один из основных элементов экологической среды города.

Сложившееся положение обусловлено следующими основными факторами:

- разработать научно-обоснованную концепцию озеленения города;
- провести экспертизу состояния зеленого фонда и выявить озелененные территории, требующие реконструкции или восстановления;
- разработать схемы по озеленению отдельных городских территорий;
- создать кадастр зеленых насаждений города.

Для этого необходимо составить перечень основных озелененных территорий города и произвести их инвентаризацию с выполнением следующих работ:

- на планах участков зеленых насаждений в масштабе 1:500 отметить все объекты – растения и присвоить им индивидуальный номер;
- сведения о растении занести в инвентарную карточку с указанием названия породы и порядкового номера;
- измерить параметры дерева: высоту, окружность и рассчитать диаметр;
- определить % усыхания кустарников и кроны деревьев (визуально);
- отметить крупные механические повреждения растений;
- указать проведение формовочной стрижки кустарников.

Затем произвести сканирование полевых материалов и привязку.

На основе полученных данных создается база данных, включающая: вид древесно-кустарниковой растительности, диаметр окружности, высоту, степень усыхания кроны, возраст, крупные механические повреждения.

Созданная база ГИС позволяет уточнить общую площадь, количество деревьев и кустарников, установить ассортимент деревьев, сделать анализ состояния озелененной территории и сравнить фактическое положение с нормативными показателями.

Все это позволит систематизировать сведения о состоянии зеленых насаждений и ускорить формирование системы озелененных пространств в городе.

Библиографический список

1. Пятницкий, Н.Ю. Доклад «О развитии зеленого фонда города Челябинска» / Н.Ю. Пятницкий. – Челябинск, 2009. – 4 с.

2. СП 42.13330-2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – М., 2011.

3. Экологический атлас Челябинска // Главное управление по радиационной и экологической безопасности Челябинской области. – Челябинск, 2001. – 43 с.

К содержанию

УДК 514.185.7 + 001.891.57:514

КВАДРАТИЧНЫЕ КРЕМОНОВЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В.А. Короткий

Рассматривается задача построения исключенных (фундаментальных) точек квадратичного кремонова преобразования, заданного семью парами соответственных точек. Для решения задачи разработан конструктивный алгоритм, согласно которому построение фундаментальных точек сводится к построению вспомогательных кривых второго порядка, на пересечении которых отмечаются искомые точки. Полученный результат служит развитию теории кремоновых преобразований и дальнейшему ее применению в практике геометрического моделирования.

Ключевые слова: пучки прямых, пучки конических сечений, фундаментальные точки, преобразование Гирста.

Введение. Геометрическое соответствие между точками двух плоскостей (различных или совмещенных) может считаться вполне определенным лишь тогда, когда имеются исходные данные, его устанавливающие, и указан способ построения, с помощью которого на основании этих данных можно для каждой точки одной плоскости находить соответственные точки другой [1]. В частности, квадратичное кремоново преобразование Ω вполне определено указанием семи пар соответственных точек [2]. Естественным образом ставится задача поиска фундаментальных точек (*F*-точек) квадратичного преобразования, заданного семью парами соответственных точек.

Постановка задачи. В плоских полях П, П′ даны семь пар точек $A{\sim}A'$, $B{\sim}B'$, $C{\sim}C'$, $D{\sim}D'$, $E{\sim}E'$, $R{\sim}R'$, $T{\sim}T'$, соответственных в почти всюду взаимно однозначном квадратичном отображении Ω (рис. 1). Взаимная однозначность отображения Ω(П↔П′) нарушается в *F*-точках и на соединяю-

щих их *j*-прямых. Требуется найти *F*-точки отображения Ω. Иначе говоря, в полях П, П′ надо найти три пары точек $F_1 \sim F'_1$, $F_2 \sim F'_2$, $F_3 \sim F'_3$, из которых указанные семь пар точек проецируются тремя парами проективных пучков:

$$F_1(a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, r_1, t_1) \barwedge F'_1(a'_1, b'_1, c'_1, d'_1, e'_1, r'_1, t'_1), \quad (3)$$

$$F_2(a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, r_2, t_2) \barwedge F'_2(a'_2, b'_2, c'_2, d'_2, e'_2, r'_2, t'_2), \quad (4)$$

$$F_3(a_3, b_3, c_3, d_3, e_3, r_3, t_3) \barwedge F'_3(a'_3, b'_3, c'_3, d'_3, e'_3, r'_3, t'_3), \quad (5)$$

где прямые $a_i,\ldots t_i$ соединяют центр F_i с точками $A,\ldots,T$ в плоскости П, а прямые $a'_i,\ldots t'_i$ соединяют центр F'_i с точками $A',\ldots,T'$ в П′ (i=1,2,3).

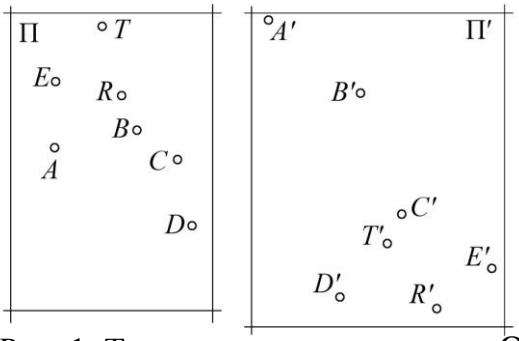


Рис. 1. Точки, соответственные в Ω

Выполним проективное преобразование Λ плоскости П, переводящее четырехугольник *ABCD* в четырехугольник, конгруэнтный четырехугольнику *A′B′C′D′* поля П′. Совместим плоскости П и П′ до совмещения конгруэнтных четырехугольников (рис. 2). Получаем задачу: на совмещенной плоскости П=П′ требуется найти *F*-точки квадратичного преобразования Ω(П↔П′), заданного семью парами соответственных точек, из которых четыре пары соответственных точек *A*=*A′*, *B*=*B′*, *C*=*C′*, *D*=*D′* совпадают.

Конструктивный алгоритм построения *F*-точек. Совмещаем поля П, П′ до совпадения каких-либо четырех пар соответственных точек, например, *A*=*A′*, *B*=*B′*, *C*=*C′*, *D*=*D′* (рис. 2). Для обеспечения такого совмещенного положения полей требуется предварительно выполнить коллинеарное преобразование Λ одного из полей.

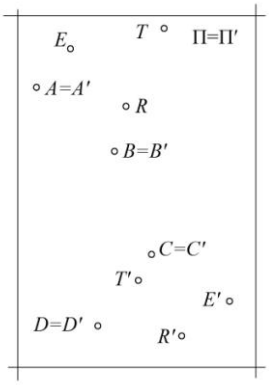


Рис. 2. Поля П=П′

Действие 1. Исключаем из рассмотрения какую-либо пару не совпадающих соответственных точек, например, *T*~*T′*. Рассмотрим однопараметрическое семейство квадратичных преобразований ω_{ER}, заданное четырьмя парами совпадающих соответственных точек и двумя парами не совпадающих точек *E*~*E′*, *R*~*R′*.

Выделяя три произвольных конических сечения k_1, k_2, k_3=*AC*∩*BD* пучка Ψ(*ABCD*), получаем три центральных квадратичных преобразования $(\omega_{ER})_1$, $(\omega_{ER})_2$, $(\omega_{ER})_3$ с общим центром $F_1=F'_1$ и инвариантными кониками k_1, k_2, k_3 (рис. 3).

На каждой конике k_1, k_2, k_3 находим две пары ассоциированных точек $F_2 \sim F'_2$, $F_3 \sim F'_3$, обеспечивающих выполнение проективитетов (4), (5) для всех пар заданных соответственных точек, кроме исключенной пары *T*~*T′*. Каждой конике k_i ставятся в соответствие две хорды: хорда $f_i=F_{2i}-F_{3i}$ в поле П, и хорда $f'_i=F'_{2i}-F'_{3i}$ в поле П′. Хорды f_i пересекаются между со-

бой в одной точке (точка Q_{ER} на рис. 3а). Хорды f'_i также пересекаются в одной точке (точка Q'_{ER} на рис. 3б).

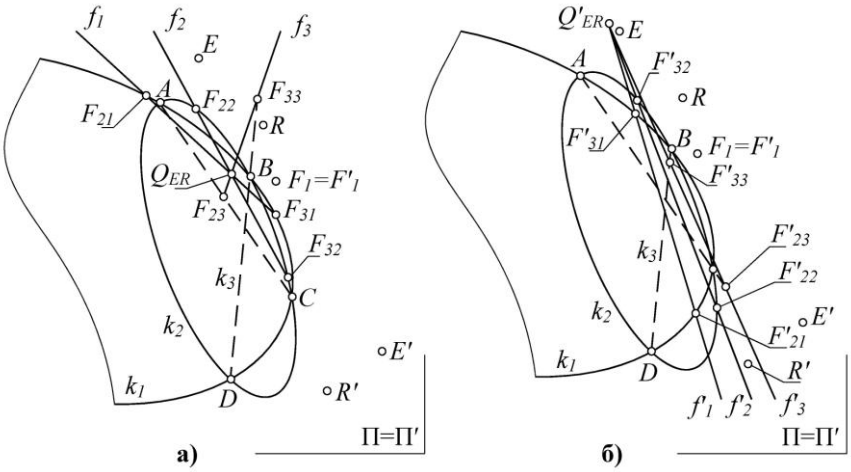


Рис. 3. Пучки хорд в семействе преобразований ω_{ER}:
а – хорды $f_i=F_{2i}-F_{3i}$; б – хорды $f'_i=F'_{2i}-F'_{3i}$ (i=1,2,3)

Лемма 1. Хорды f_i и f'_i образуют пучки прямых, проективные пучку конических сечений k_i (без доказательства).

Таким образом, в результате выполнения первого действия найдены пучки хорд $Q_{ER}(f_1, f_2, f_3,\ldots)$ и $Q'_{ER}(f'_1, f'_2, f'_3,\ldots)$, соединяющих F-точки преобразований $(\omega_{ER})_i$ в полях Π и Π′. Согласно лемме 1, пучки (Q_{ER}) и (Q'_{ER}) проективны пучку коник Ψ.

Действие 2. Исключаем из рассмотрения другую пару не совпадающих соответственных точек, например, R~R'. Исследуем семейство квадратичных преобразований ω_{ET}, заданное шестью парами соответственных точек $A=A'$, $B=B'$, $C=C'$, $D=D'$, E~E', T~T'.

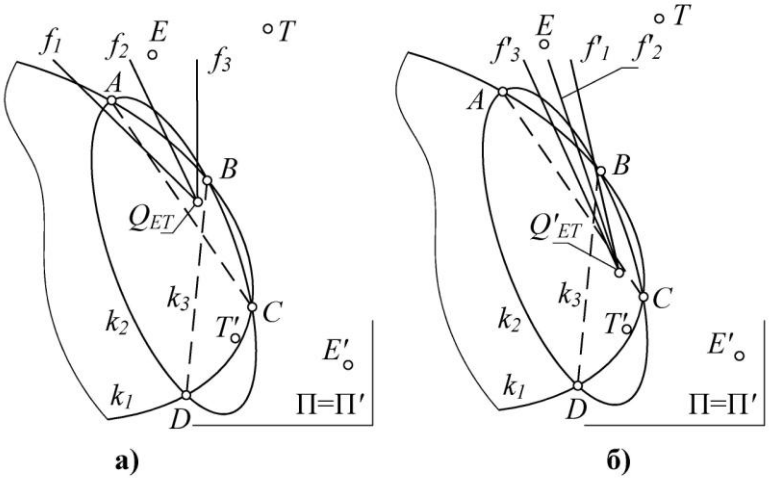


Рис. 4. Пучки хорд в семействе преобразований ω_{ET}:
а – хорды f_i; б – хорды f'_i (i=1,2,3)

Выделяем из Ψ те же самые коники k_1, k_2, k_3, что и в первом действии. На каждой конике k_1, k_2, k_3 находим две пары ассоциированных точек F_2~F'_2, F_3~F'_3, обеспечивающих выполнение проективитетов (4), (5) для всех пар заданных соответственных точек, кроме исключенной пары R~R'. Каждой конике k_i ставим в соответствие хорды $f_i=F_{2i}–F_{3i}$ и $f'_i=F'_{2i}–F'_{3i}$ (рис. 4). Получаем пучки хорд $Q_{ET}(f_1, f_2, f_3,\ldots)$ и $Q'_{ET}(f'_1, f'_2, f'_3,\ldots)$, проективные пучку коник $\Psi(k_1, k_2, k_3,\ldots)$.

Действие 3. Исключаем соответственные точки E~E'. Рассматриваем семейство квадратичных преобразований ω_{RT}, заданное шестью парами соответственных точек $A=A'$, $B=B'$, $C=C'$, $D=D'$, R~R', T~T'. Из пучка Ψ выделяем те же самые коники k_1, k_2, k_3, что и в предыдущих действиях. На конических сечениях k_1, k_2, k_3 находим две пары ассоциированных точек F_2~F'_2, F_3~F'_3, обеспечивающих выполнение проективитетов (4), (5) для всех пар заданных точек, кроме E~E'.

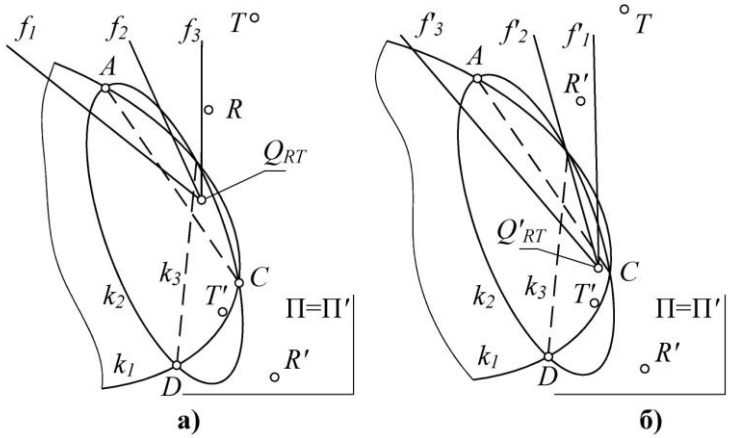


Рис. 5. Пучки хорд в семействе преобразований ω_{RT}:
а – хорды f_i; б – хорды f'_i (i=1,2,3)

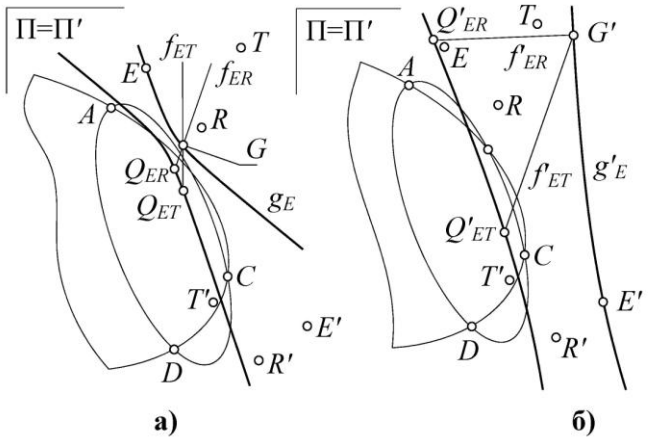


Рис. 6. Коники, образованные пучками хорд в преобразованиях ω_{ER} и ω_{ET}: а – коника g_E в поле Π; б – коника g'_E в поле Π′

В каждом из преобразований $(\omega_{RT})_i$ инвариантной конике k_i ставятся в соответствие хорды $f_i=F_{2i}–F_{3i}$ и $f'_i=F'_{2i}–F'_{3i}$. Получаем пучки хорд $Q_{RT}(f_1, f_2, f_3,\ldots)$ и $Q'_{RT}(f'_1, f'_2, f'_3,\ldots)$, проективные пучку $\Psi(k_1, k_2, k_3,\ldots)$ (рис. 5).

Действие 4. Совместно рассмотрим пару ω-преобразований, например, ω_{ER} и ω_{ET}. Пучки хорд, порожденные этой парой преобразований, проективны пучку коник Ψ, следовательно, проективны между собой:

$$Q_{ER}(f_1, f_2, f_3,\ldots) \overline{\wedge} Q_{ET}(f_1, f_2, f_3,\ldots), \quad (6)$$

$$Q'_{ER}(f'_1, f'_2, f'_3,\ldots) \overline{\wedge} Q'_{ET}(f'_1, f'_2, f'_3,\ldots). \quad (7)$$

Точки G пересечения хорд f_{ER} и f_{ET}, соответственных в (6), определяют конику g_E, проходящую через вершины Q_{ER}, Q_{ET} (рис. 6а). Точки G' пересечения хорд f'_{ER} и f'_{ET}, соответственных в (7), определяют конику g'_E, проходящую через вершины Q'_{ER}, Q'_{ET} (рис. 6б).

Покажем, что g_E проходит через точку E, общую для преобразований ω_{ER}, ω_{ET}. Выделим конику k_E пучка Ψ, проходящую через E. В пучках (Q_{ER}) и (Q_{ET}) этой конике проективно соответствуют хорды, соответственные в (6) и пересекающиеся в точке E. Следовательно, точка E принадлежит кривой g_E как геометрическому месту точек пересечения хорд, соответственных в (6).

Действие 5. Совместно рассмотрим другую пару ω-преобразований, например, ω_{RT} и ω_{ET}. Пучки хорд (Q_{RT}) и (Q_{ET}), порожденные этими преобразованиями, проективны пучку коник Ψ, следовательно, проективны между собой. Пучки (Q'_{RT}) и (Q'_{ET}) также проективны. Точки пересечения проективно соответственных хорд f_{RT} и f_{ET} в пучках (Q_{RT}) и (Q_{ET}) определяют кривую второго порядка g_T, проходящую через вершины Q_{RT}, Q_{ET} и через точку T, общую в преобразованиях ω_{RT} и ω_{ET} (рис. 7а). Точки пересечения соответственных хорд f'_{RT} и f'_{ET} в пучках (Q'_{RT}) и (Q'_{ET}) определяют кривую второго порядка g'_T, проходящую через вершины Q'_{ET}, Q'_{ET} и через точку T' (рис. 7б).

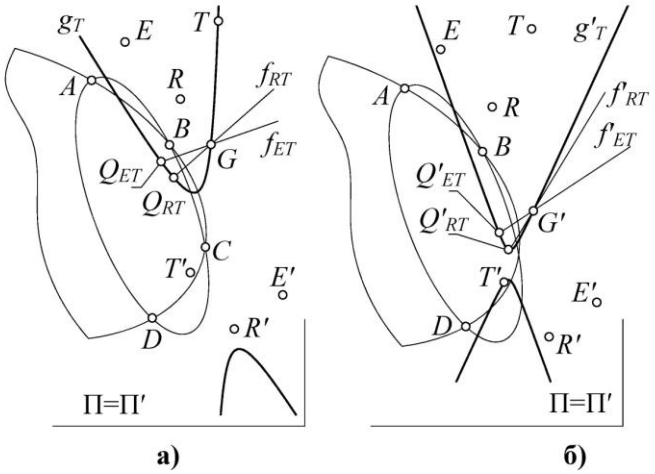


Рис. 7. Коники, образованные пучками хорд в преобразованиях ω_{RT} и ω_{ET}: а – коника g_T в поле П; б – коника g'_T в поле П′

Примечание. В результате выполнения действий 4, 5 получены две пары вспомогательных кривых второго порядка g_E~g'_E и g_T~g'_T. Далее будет показано, что решение задачи поиска F-точек преобразования Ω сводится к построению точек пересечения $g_E \cap g_T$, $g'_E \cap g'_T$ этих кривых.

Действие 6. Возвращаемся к рассмотрению исходного квадратичного преобразования Ω, заданного семью парами соответственных точек A=A', B=B', C=C', D=D', E~E', R~R', T~T' (см. рис. 2). Напомним, что задача заключается в поиске F-точек, удовлетворяющих условиям (3), (4), (5).

Лемма 2. В преобразовании Ω точки F_1, F_2, F_3 совпадают с точками пересечения вспомогательных конических сечений g_E и g_T, а точки F'_1, F'_2, F'_3 совпадают с точками пересечения коник g'_E и g'_T.

Доказательство. Предположим, что в совмещенных полях П=П′ найдены *F*-точки преобразования Ω, удовлетворяющие условиям (3), (4), (5). Любая пара ассоциированных *F*-точек преобразования Ω должна располагаться на одной и той же конике пучка Ψ(*ABCD*). Например, проективно соответственные лучи $a_1 \sim a'_1$, $b_1 \sim b'_1$, $c_1 \sim c'_1$, $d_1 \sim d'_1$ пучков (F_1) и (F'_1) попарно пересекаются в совпадающих базисных точках $A=A'$, $B=B'$, $C=C'$, $D=D'$ пучка Ψ, определяя тем самым конику φ_1, проходящую через базисные точки пучка Ψ. При этом, согласно теореме Паскаля, вершины F_1, F'_1 проективных пучков (F_1), (F'_1) должны принадлежать конике φ_1. Аналогичным образом, пары ассоциированных точек $F_2 \sim F'_2$, $F_3 \sim F'_3$ инцидентны коникам φ_2, φ_3 пучка Ψ (рис. 8).

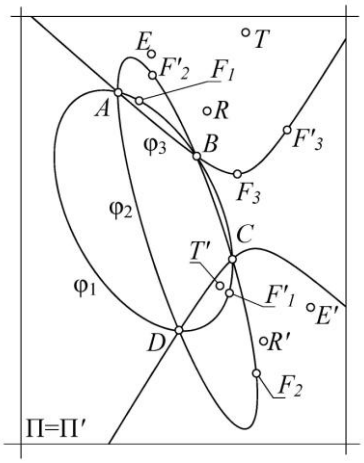


Рис. 8. Коники $\varphi_1 \ldots \varphi_3$

Покажем, что искомые *F*-точки преобразования Ω инцидентны вспомогательным коникам g_E и g'_E. Рассмотрим конику φ_1 пучка Ψ, проходящую через F_1 и F'_1. Очевидно, точки F_1 и F'_1 должны одновременно удовлетворять как преобразованию ω_{ER}, так и преобразованию ω_{ET}. Иначе говоря, преобразования ω_{ER} и ω_{ET} независимо друг от друга высекают на φ_1 одну и ту же пару ассоциированных *F*-точек, совпадающих с искомыми точками F_1, F'_1. Это означает, что хорды f_{ER} и f_{ET}, проективно соответственные конике φ_1 в пучках (Q_{ER}) и (Q_{ET}), пересекаются между собой в точке F_1. Следовательно, точка F_1 принадлежит конике g_E как геометрическому месту точек пересечения проективно соответственных хорд в пучках (Q_{ER}) и (Q_{ET}). Аналогичным образом доказывается, что хорды f'_{ER} и f'_{ET} пересекаются в точке F'_1, лежащей на g'_E. Повторяя доказательство для точек $F_2 \sim F'_2$, $F_3 \sim F'_3$, попарно лежащих на кониках φ_2, φ_3 пучка Ψ, убеждаемся, что все *F*-точки преобразования Ω инцидентны конике g_E, а все *F*′-точки – конике g'_E.

Точно так же доказывается, что *F*-точки преобразования Ω инцидентны вспомогательным коникам g_T и g'_T. Искомые *F*-точки, принадлежащие вспомогательным кривым второго порядка, должны совпадать с точками их пересечения. Лемма 2 доказана.

Таким образом, для окончательного решения задачи достаточно отметить точки пересечения $g_E \cap g_T$, $g'_E \cap g'_T$ вспомогательных конических сечений (рис. 9).

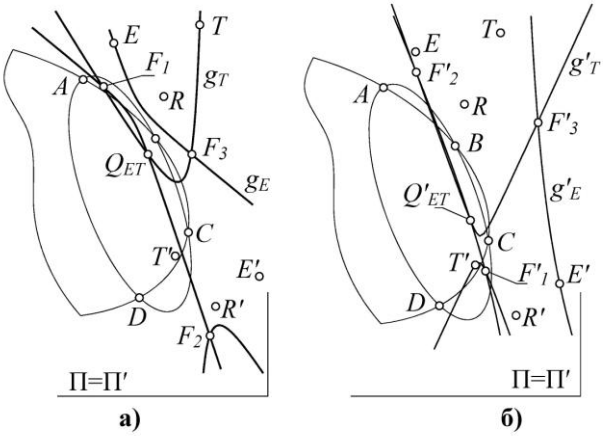


Рис. 9. Построение *F*-точек:
а – $F_i = g_T \cap g_E$; б – $F'_i = g'_T \cap g'_E$ (i=1,2,3)

В соответствии с леммой 2 эти точки являются искомыми *F*-точками преобразования Ω на совмещенной плоскости П=П′ (см. рис. 2). Чтобы возвратить найденные *F*-точки в исходное поле П, не совпадающее с П′ (см. рис. 1), достаточно выполнить обратное проективное преобразование Λ^{-1}. Напомним, что преобразование Λ над полем П было использовано для совмещения полей П и П′. Задача реконструкции полностью решена.

Исследование. Вспомогательные кривые второго порядка g_E, g_T пересекаются в четырех точках. Как выбрать из них искомые точки F_1, F_2, F_3? Заметим, что коника g_E образована проективными пучками (Q_{ET}) и (Q_{ER}) (рис. 6а), а коника g_T – проективными пучками (Q_{ET}) и (Q_{RT}) (рис. 7а). Вспомогательные кривые g_E, g_T проходят через вершину Q_{ET} общего для обеих коник пучка (Q_{ET}). Следовательно, Q_{ET} – одна из четырех точек пересечения вспомогательных кривых. Оставшиеся три точки пересечения указывают искомые *F*-точки преобразования Ω.

Вспомогательные кривые g'_E и g'_T также пересекаются в четырех точках, одна из которых совпадает с точкой Q'_{ET} (см. рис. 6б и рис. 7б). Оставшиеся три точки пересечения вспомогательных коник g'_E, g'_T указывают точки F'_1, F'_2, F'_3 преобразования Ω.

Как из найденных *F* и *F′* точек выделить ассоциированные пары? Напомним, что ассоциированные пары *F*-точек должны располагаться на одной и той же конике пучка Ψ (см. рис. 8). Поэтому для выделения точки F'_1, ассоциированной с точкой F_1, достаточно начертить коническое сечение φ_1, проходящее через F_1 и через базисные точки *A*=*A′*, *B*=*B′*, *C*=*C′*, *D*=*D′* пучка Ψ. Коника φ_1 пройдет через искомую точку F'_1. Точно так же выделяют две другие пары ассоциированных *F*-точек.

Две точки пересечения вспомогательных коник могут быть мнимыми. В этом случае получаем квадратичное преобразование Ω с двумя парами мнимых сопряженных *F*-точек, которое может быть приведено (посредством специально подобранного проективного преобразования одного из полей П, П′) к преобразованию Гирста с центром внутри инвариантной коники. Преобразование Гирста с внутренней центральной точкой, в свою очередь, может быть сведено к инверсии относительно окружности [2].

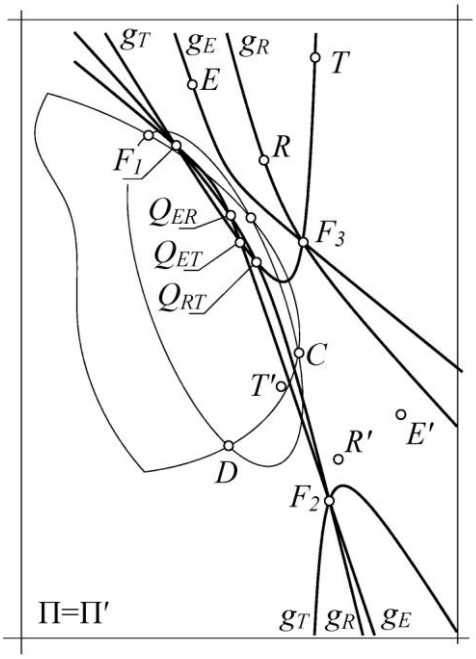


Рис. 10. Проверка решения

Проверка решения. Искомые *F*-точки преобразования Ω найдены на пересечении двух пар вспомогательных коник $g_E \sim g'_E$ и $g_T \sim g'_T$. Конические сечения g_E и g'_E образованы проективными пучками (6),

(7), порожденными преобразованиями ω_{ER} и ω_{ET} (см. действие 4). Коники g_T и g'_T образованы проективными пучками (Q_{RT}) и (Q_{ET}), порожденными преобразованиями ω_{RT} и ω_{ET} (см. действие 5). Для проверки решения следует построить еще одну пару вспомогательных конических сечений g_R~g'_R, образованную проективными пучками хорд (Q_{RT}) и (Q_{ER}) в преобразованиях ω_{RT} и ω_{ER}. Коническое сечение g_R проходит через точку R, через вершины проективных пучков Q_{RT}, Q_{ER}, и через ранее найденные F-точки преобразования Ω (рис. 10), что подтверждает правильность найденного решения.

Заключение. Предложен конструктивный алгоритм построения фундаментальных точек квадратичного кремонова преобразования, заданного семью парами соответственных точек. Для реализации алгоритма требуется вычерчивать вспомогательные кривые второго порядка и отмечать точки их пересечения. Эти операции выполняются с помощью графической компьютерной программы, отличительная особенность которой заключается в том, что она геометрически точно определяет главные оси, фокусы, асимптоты кривой второго порядка, заданной любым внутренне непротиворечивым набором точек и касательных [3, 4, 5]. Если известны главные оси, то последующее построение непрерывной кривой второго порядка не вызывает затруднений и может быть выполнено на компьютере с любой заранее заданной степенью точности.

Практическая значимость предложенного алгоритма связана с тем, что кремоновы преобразования широко применяются для конструирования рациональных кривых с заданными динамическими свойствами. Полученный в статье результат служит развитию геометрической теории кремоновых преобразований и их дальнейшему применению в практике проектирования.

Библиографический список

1. Андреев, К.А. О геометрических соответствиях в применении к вопросу о построении кривых линий / К.А. Андреев. – М.: Издание Московского Математического общества, состоящего при Императорском Московском Университете, 1879. – 168 с.

2. Иванов, Г.С. Конструирование технических поверхностей. Математическое моделирование на основе нелинейных преобразований / Г.С. Иванов. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.

3. Короткий, В.А. Синтетические алгоритмы построения кривой второго порядка / В.А. Короткий // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2014. – № 11. – С. 20–24.

4. Программа для ЭВМ «Построение кривой второго порядка, проходящей через данные точки и касающейся данных прямых» / В.А. Короткий // Свидетельство о государственной регистрации № 2011611961 от 04.03.2011 г.

5. Короткий, В.А. Универсальный компьютерный коникограф / В.А. Короткий, Л.И. Хмарова // Труды 26-й Международной научной конференции GraphiCon 2016 (19–23 сентября 2016), ННГАСУ, Нижний Новгород, Россия. – С. 347–351.

К содержанию

УДК 004.354 + 004.92

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В AUTOCAD

И.Л. Костюнина, В.И. Даутов

В статье представлены современные программные средства, внедрение в учебный процесс информационных технологий при проведении занятий по компьютерной графике. В графическом редакторе AutoCAD рассмотрено построение 3D-модели.

Ключевые слова: компьютерная графика, визуальные информационные технологии, 3D-моделирование.

В настоящее время информационные технологии играют огромную роль в образовании. Каждый должен иметь представление о системах отображения информации, применять программные средства. В частности, чтобы быть конкурентоспособным на рынке труда, не стоит останавливаться на базовом плане образования, а нужно самосовершенствоваться и развиваться.

Современная компьютерная графика играет значительную роль в научной визуализации процессов, состояний, объектов, изучаемых в самых разных науках. Сегодня AutoCAD применяется при создании любого простого или сложного промышленного изделия – от чертежей простейших болтов и гаек до машин полной сборки, а также при разработке электрических схем.

Для повышения эффективности труда конструкторов и технологов и качества разрабатываемой ими продукции необходимо использование объемных моделей в качестве основных объектов проектирования.

Моделирование с помощью тел – это самый простой способ трехмерного моделирования. Средства AutoCAD позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер и т.п. Используя динамический способ создания моделей, из этих форм путем их объединения, вычитания и пересечения строятся более сложные пространственные тела. Кроме того, тела можно строить, сдвигая плоский объект вдоль заданного вектора или вращая его вокруг оси.

Основа создания трехмерных объектов в AutoCAD состоит в умении создавать 3D-модель из 2D-чертежа. Делается это с помощью инструментов «Вытянуть», «Выдавить», «Вращать» и так далее.

В качестве примера 3D-модели в графическом редакторе AutoCAD рассмотрим построение шестигранника (головка болта, гайка) двумя способами.

Данная статья – пошаговая инструкция, показывающая, как правильно чертится шестигранная головка болта, на что следует обратить особое внимание, откуда на чертеже гайки и болта берутся дуги и почему фаска на разных видах изображается по-разному.

Шаг 1. Построение шестигранной головки болта начинаем с вычерчивания ее контура. Контур – это прямоугольник, расположенный во фронтальной плоскости с размерами 20 по оси X, 15 – по оси Y (рис. 1).

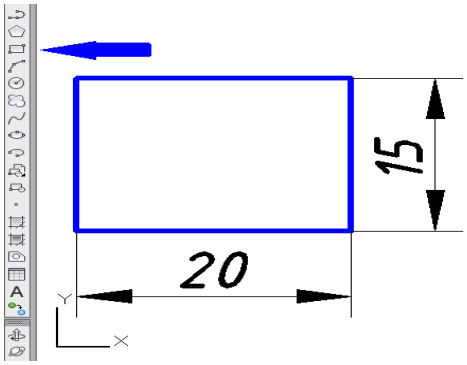


Рис. 1. Исходный контур

Контур должен быть начерчен полилинией, а примитив прямоугольника – это полилиния.

Шаг 2. На головке болта под углом 30° выполняем фаску (рис. 2).

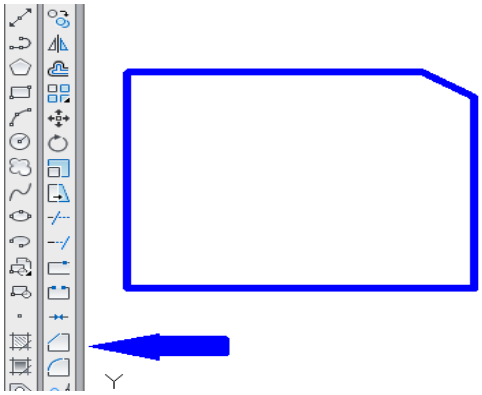


Рис. 2. Исходный контур с фаской

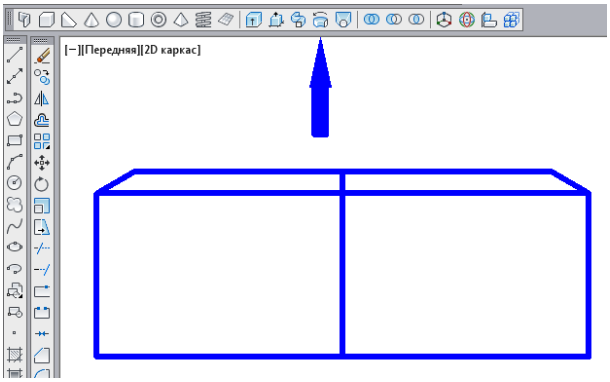


Рис. 3. 2D-изображение головки болта

Шаг 3. Вращаем исходный контур вокруг левой вертикальной линии на 360° (рис. 3).

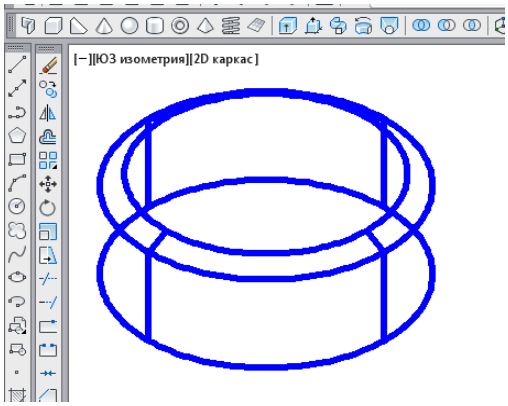


Рис. 4. 3D-изображение головки болта

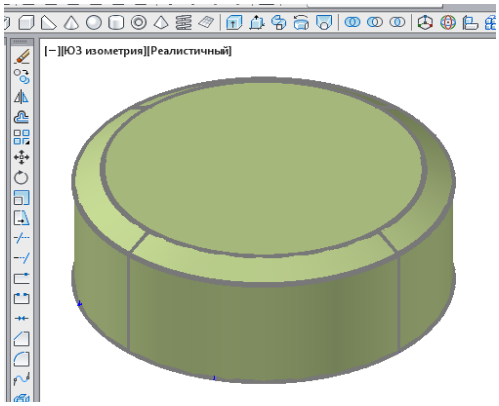


Рис. 5. 3D-изображение головки болта с визуализацией

Результат построения изображения головки болта переведем из 2D в 3D (рис. 4). На рис. 5 увидим нашу объемную 3D-модель, используя визуальный стиль «Реалистичный».

Шаг 4. В юго-западной изометрии в нижнем основании полученной фигуры вычерчиваем многоугольник (рис. 6).

ВАЖНО! Система координат должна быть «Мировая», иначе некоторые построения не будут производиться из-за неправильного выбора системы координат.

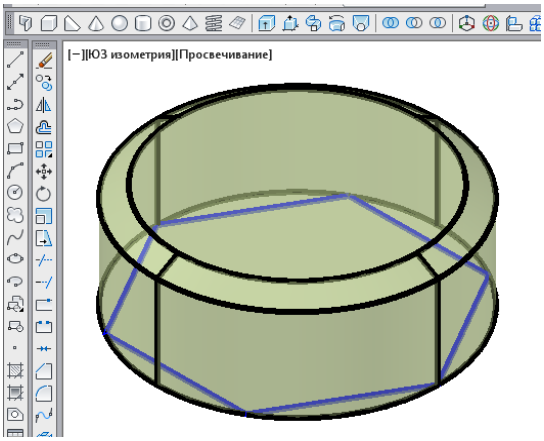


Рис. 6. Многоугольник, вписанный в нижнем основании фигуры

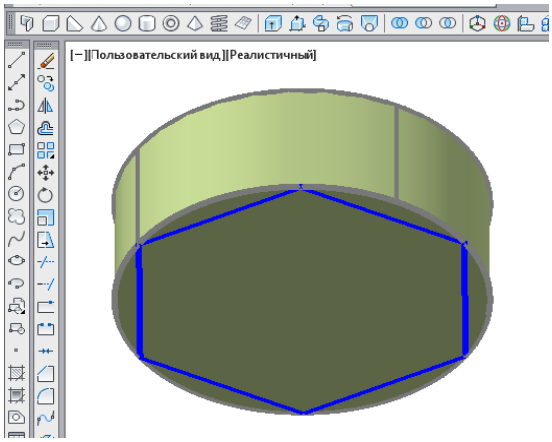


Рис. 7. Поворот исходного контура

Шаг 5. С помощью команды «Зависимая орбита» повернем 3D-модель в пространстве так, чтобы шестиугольник располагался впереди (рис. 7).

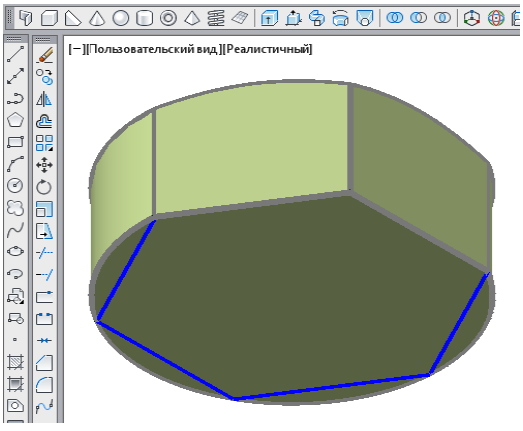


Рис. 8. Операция «Вытягивание»

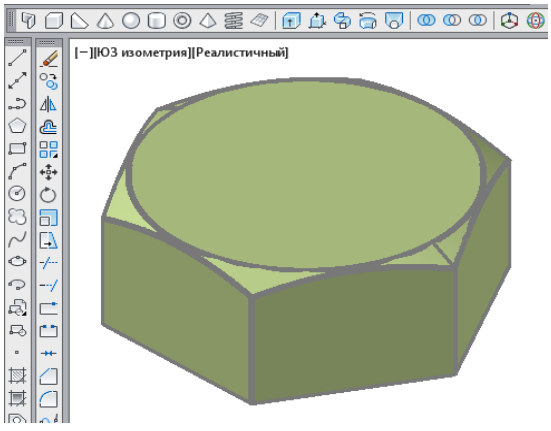


Рис. 9. Шестигранная головка болта

Шаг 6. Чтобы получить шестигранник, надо удалить сегменты окружности (рис. 8), расположенные между дугой и шестиугольником. Выполняем это с помощью операции «Вытянуть». Выделяем сегмент и вытягиваем его в направлении оси Z на расстояние большее, чем высота построенной

3D-модели. Удалив все шесть сегментов, получаем необходимую форму шестигранной головки болта (рис. 9).

Дуги образуются в результате пересечения шестигранной призмы и конуса с углом наклона образующей 30°; эти кривые на самом деле являются гиперболами, поскольку при сечении конуса плоскостью параллельной его оси в сечении будет именно гипербола, но в чертежах общепринято заменять эти отрезки гипербол дугами.

Рассмотрим еще один способ построения шестигранной головки на примере гайки.

ГОСТ 5915-70 предусматривает гайки двух исполнений. Исполнение 1 – с двумя коническими фасками; исполнение 2 – с одной конической фаской.

Рассмотрим алгоритм построения гайки исполнения 1.

Шаг 1. Построение исходного контура начинаем с построения прямоугольника размером 20х15 (см. рис. 1).

Шаг 2. Выполняем фаски под углом 30° с двух сторон исходного контура (рис. 10). Для удобства дальнейшего построения, полученную полилинию расчленим.

Шаг 3. С помощью команды «Подобие» нарисуем на расстоянии 7 мм отрезок, параллельный вертикальной левой линии (рис. 11).

Контур, условно тонированный, надо превратить в полилинию. Это необходимое условие для выполнения операции вращения, чтобы команда выполнилась корректно и в результате получился твердотельный объект, кривая должна быть замкнутая. Для построения замкнутого контура используем команду «Область» (см. рис. 11).

Чтобы получилось отверстие в гайке, обрезаем линии между левой вертикальной линией и тонированным контуром (рис. 12).

Шаг 4. Поворачиваем полученную область вокруг оси (ось – это левый вертикальный отрезок). Включаем 3D концептуальную визуализацию и видим полученный результат (рис. 13).

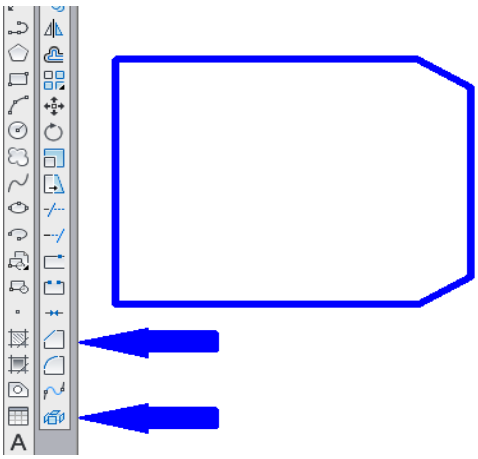


Рис. 10. Выполнение фасок с двух сторон

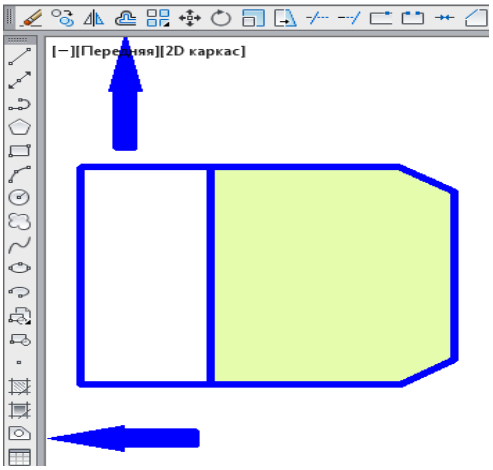


Рис. 11. Выбор исходного контура

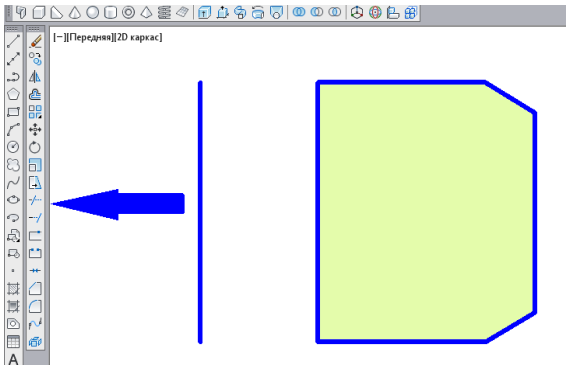


Рис. 12. Операция «Обрезать»

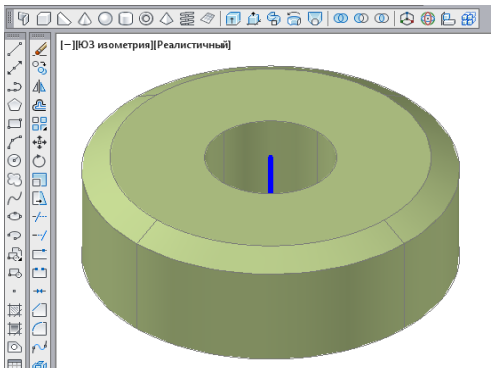


Рис. 13. 3D-визуализация

Для дальнейшего построения шестигранника будем использовать операцию «Вычитание». Для этого создаем вспомогательный инструмент в виде цилиндрического тела с шестигранным отверстием внутри.

Размеры шестигранного отверстия и шестигранной гайки должны быть одинаковыми.

Шаг 5. Копируем ребро (наибольшая окружность исходного контура) и располагаем его в стороне от исходной заготовки. Вписываем в эту окружность шестиугольник (рис. 14). Чтобы получить вспомогательный цилиндр с шестигранным отверстием, необходимо потянуть окружность за ручку, увеличив ее размер на глаз (на 5–10 мм).

Шаг 6. С помощью команды «Вытянуть» создаем вспомогательное цилиндрическое тело с шестигранным отверстием высотой, которая визуально будет выше будущей гайки. Выбираем любую точку между многоугольником и окружностью, вытягиваем тело. Результат применения различных режимов команды «Вытянуть» продемонстрирован на рис. 15.

Шаг 7. Центральную точку нижнего основания вспомогательного тела совмещаем с центральной точкой нижнего основания будущей гайки, т.е. перемещаем вспомогательное тело (рис. 16).

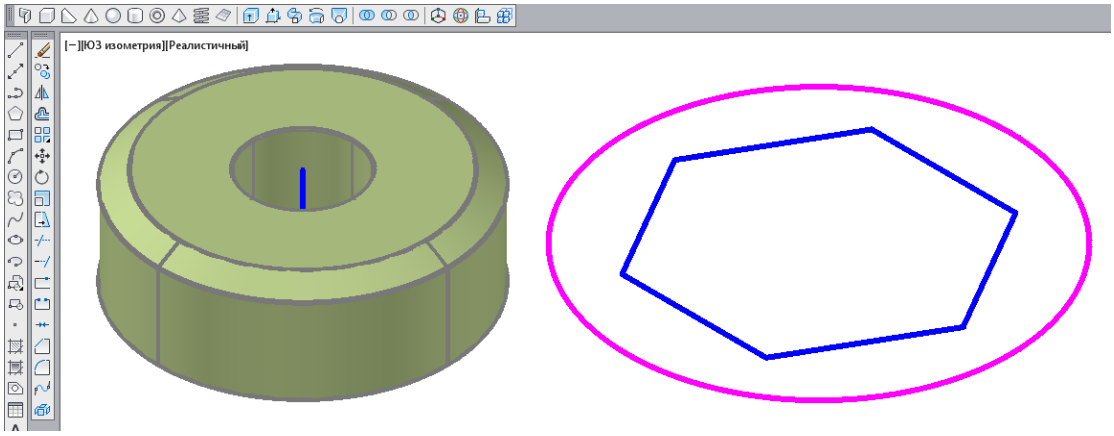


Рис. 14. Построение исходного контура вспомогательного тела

Шаг 8. Чтобы получить шестигранную гайку (рис. 17), вычитаем из 3D-тела будущей гайки вспомогательное 3D-тело с шестигранным отверстием. В результате получаем шестигранную головку гайки с двумя фасками исполнения 1.

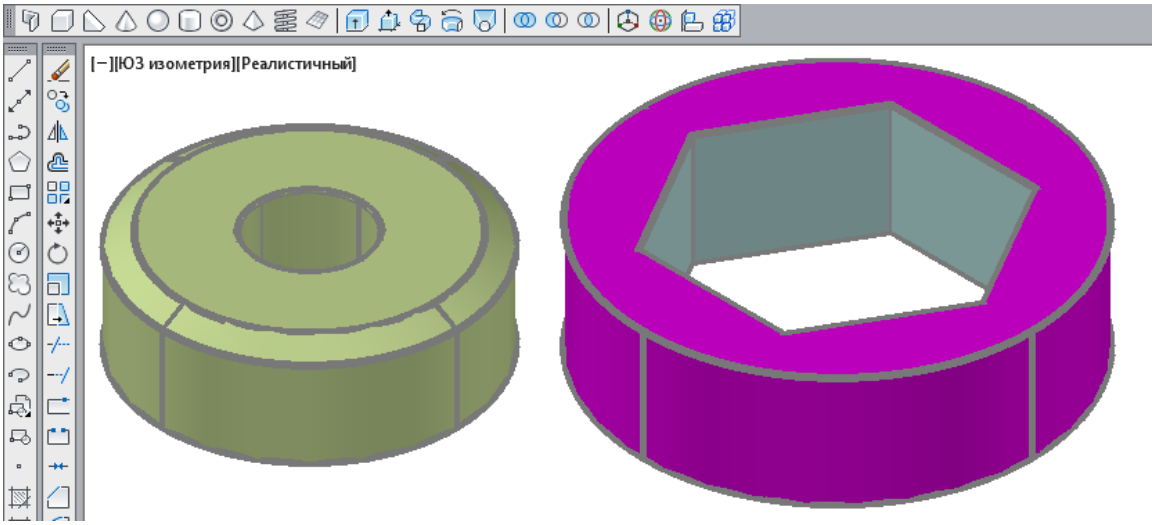


Рис. 15. Вспомогательное тело построено

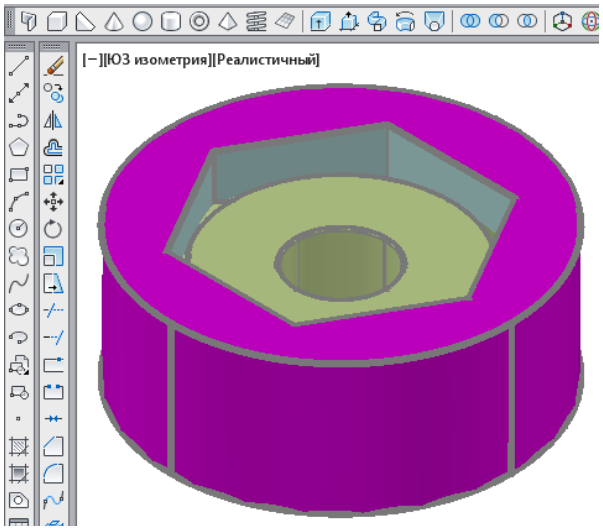


Рис. 16. Исходные объекты совмещены

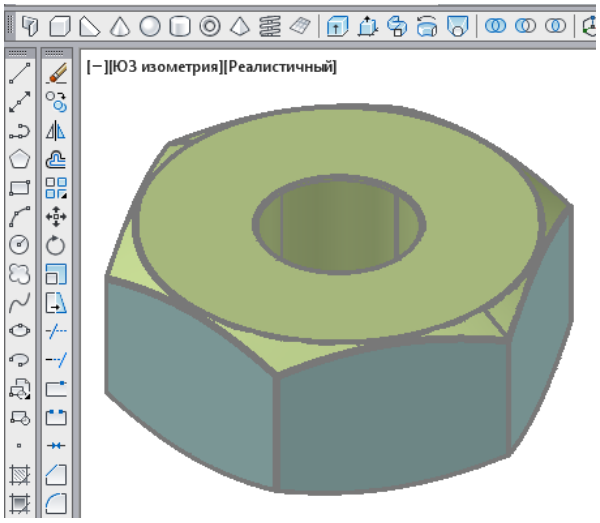


Рис. 17. Результат операции «Вычитание»

Это далеко не все способы, с помощью которых можно получить шестигранник у болта, гайки. Возможности большие. Мы рассмотрели два самых простых и наглядных.

Программа AutoCAD 3D обладает мощным функционалом для создания трехмерных проектов. Один и тот же объект можно создать различными способами. Для рационального использования данного продукта необходимо знать возможности того или иного инструмента.

На практике в некоторых случаях при создании сложных тел важен не столько способ (способы известны), сколько выбор правильного подхода к формированию объекта. Это во многом определяется опытом, а опыт нарабатывается практикой. Если вы моделируете объект и что-то не получается, попробуйте изменить подход к возникшей проблеме.

В заключение хочется отметить, что 3D чертежи в AutoCAD позволяют реализовать проекты различной сложности и в различных сферах. Поэтому достаточно один раз понять, как выполняется трехмерное моделирование в AutoCAD, и пользоваться этим всегда.

К содержанию

УДК 004.92

NANOCAD – ГРАФИЧЕСКИЙ ПАКЕТ, ЗАМЕНЯЮЩИЙ AUTOCAD

Н.С. Кувшинов

Показано, что для подготовки инженерных кадров в соответствии с ФГОС 3+ базовой дисциплиной в вузах является «Компьютерная графика». При обучении студентов, учитывая актуальность импортозамещения, вместо зарубежного графического редактора AutoCAD целесообразно использовать его полный аналог, а именно графический редактор nanoCAD – универсальную САПР-платформу, разработанную компанией «ЗАО “Нанософт”» (Россия).

Ключевые слова: ФГОС 3+, инженерные кадры, графические дисциплины, компьютерная графика, ГОСТ ЕСКД, импортозамещение, графический редактор nanoCAD.

В соответствии с ФГОС 3+ одной из базовых учебных дисциплин в высших учебных заведениях при подготовке инженерных кадров является «Компьютерная графика». В основном студентам преподают такие графические редакторы, как AutoCAD, Компас и SolidWorks.

Однако с учетом международных требований к оформлению технической документации на детали и изделия, а также планируемого международного сотрудничества, графический редактор AutoCAD американской компании Autodesk остается (по существу) единственным [1].

В то же время актуальной проблемой становится импортозамещение – переход на отечественные продукты, в том числе и в области компьютерных технологий. В этом плане интерес представляет графический редактор nanoCAD (www.nanocad.ru) – разработка отечественной компании «Нанософт».

NanoCAD – векторный графический редактор, работающий в настоящее время под управлением Windows [2]. Самая полная версия имеет название nanoCAD Plus, а последняя версия 2016 г. – nanoCAD Plus 8,0, которую можно установить как 64-разрядную, так и 32-разрядную. Для англоязычных пользователей предусмотрена официальная установка nanoCAD с интерфейсом на английском языке (nanocad.com).

Графический редактор nanoCAD полностью совместим с широко используемым во всем мире графическим редактором AutoCAD не только по формату файлов .dwg, но и по интерфейсу пользователя, меню, панелям, системным переменным, командной строке (рис. 1), возможностью создания и запуска собственных приложений аналогично AutoCAD при стоимости примерно в 10 раз меньшей последнего, не требует дополнительных настроек на соответствие требованиям ГОСТ ЕСКД.

На базе графического редактора nanoCAD компания «Нанософт» разработала большой пакет дополнительных приложений для широкого круга пользователей (www.nanocad.ru/products/) – рис. 2.

Версия nanoCAD Plus 8,0 позволяет получать на основе созданных 2D-эскизов деталей их 3D-модели, а затем автоматически (прямым перетаскиванием на экране) преобразовать последние в 2D-модели для необходимых основных видов (рис. 3).

Наличие в версии nanoCAD Plus 8,0 блока «Механика» позволяет выводить на экран, редактировать под свои условия и использовать в дальнейшем большое количество стандартных деталей, узлов и изделий, например, валы, крепежные изделия и их соединения, трубопроводы, редукторы и т.п. (рис. 4).

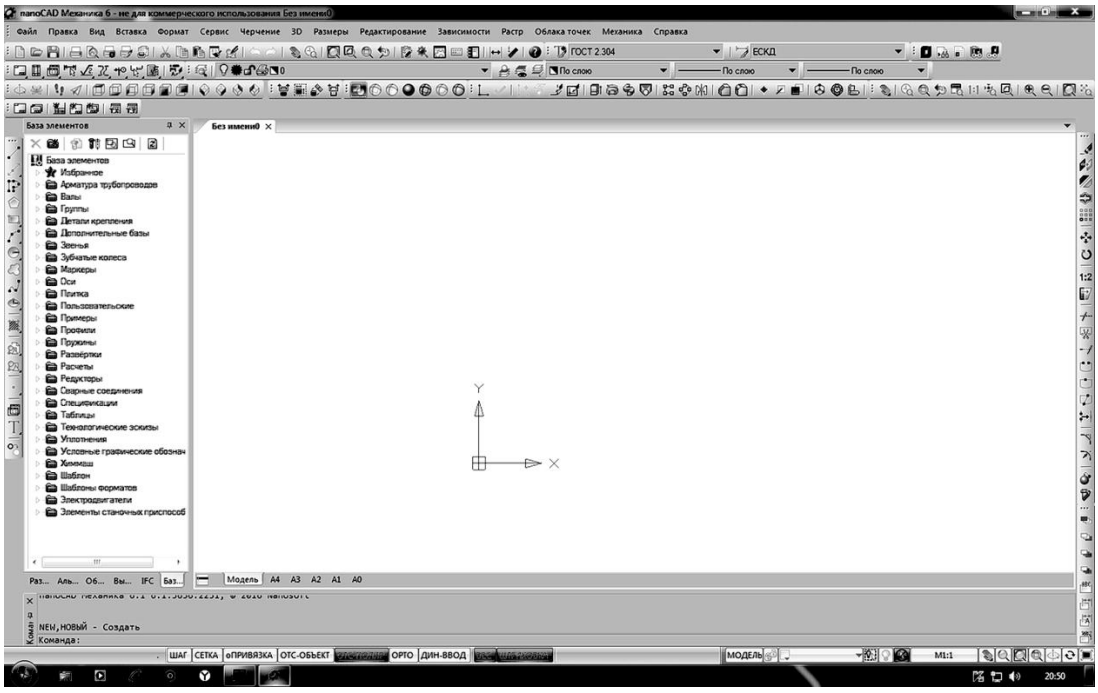


Рис. 1. Интерфейс графического редактора nanoCAD

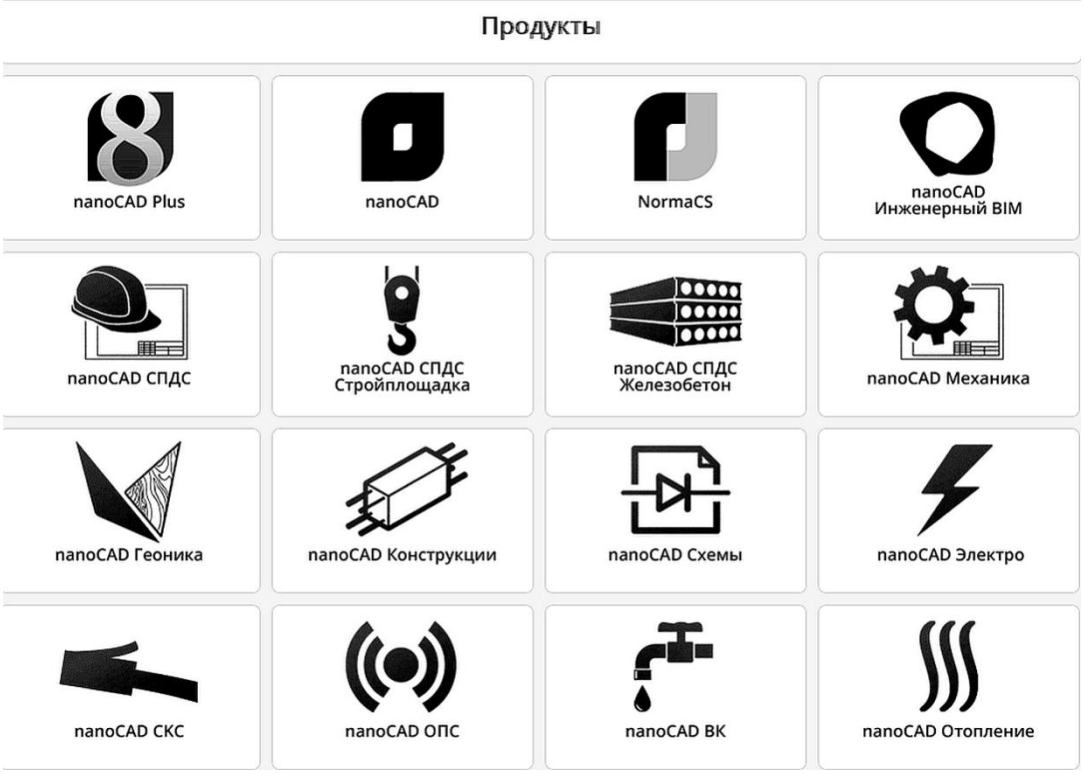


Рис. 2. Дополнительные приложения
к графическому редактору nanoCAD

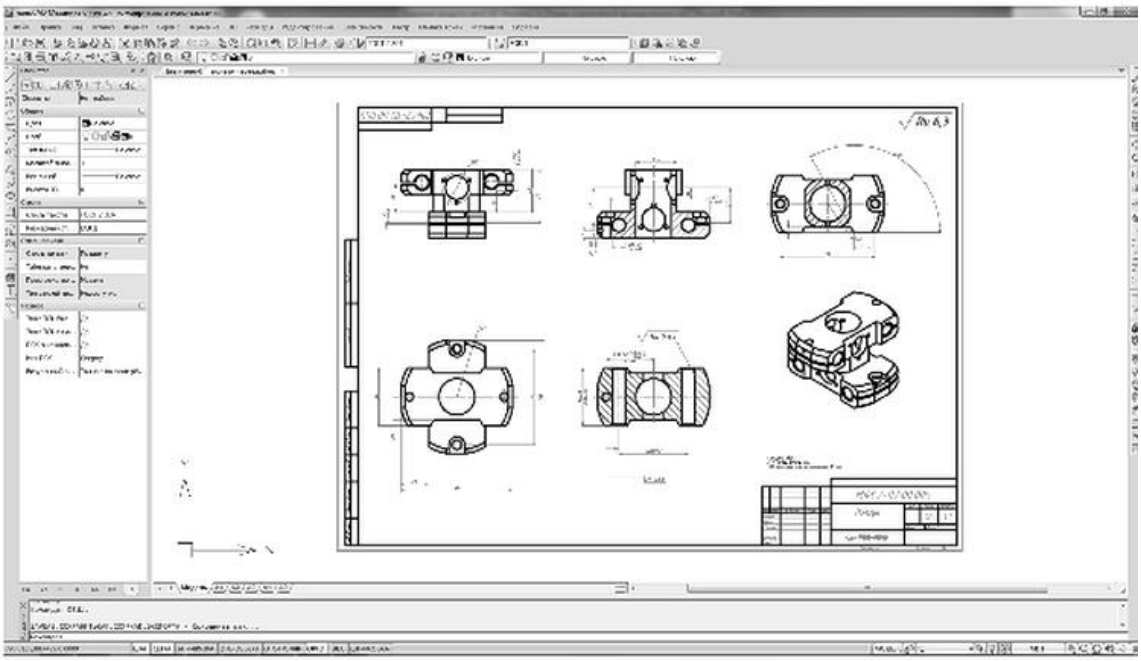


Рис. 3. Возможности выполнения технической документации
по технологии «3D-модель – 2D-модель – 2D-чертеж»
в редакторе nanoCAD

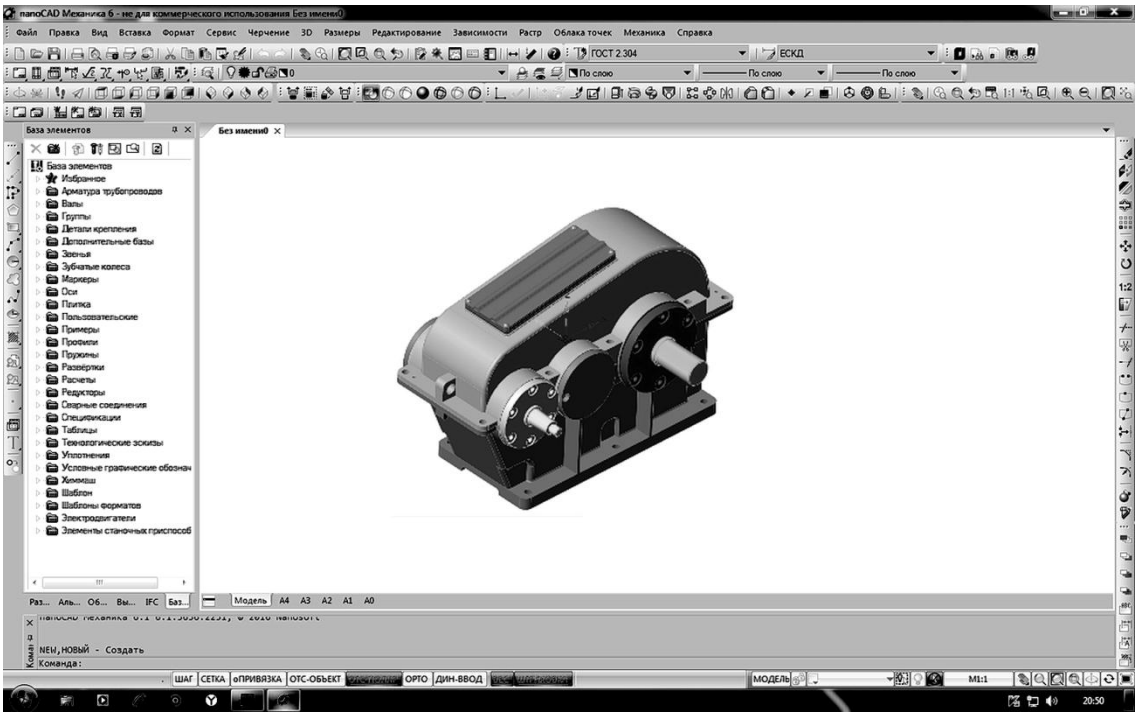


Рис. 4. Блок стандартных изделий в редакторе nanoCAD

Для поддержки пользователей практически во всех крупных городах России (Москва, Санкт-Петербург, Омск, Воронеж, Красноярск и других) компанией «Нанософт» созданы центры по обучению работе в графическом редакторе nanoCAD (рис. 5), а в сети Internet есть видеоуроки (рис. 6). Правда, следует отметить, что последние почти в полном объеме отражают работу с плоской графикой, но менее полно – с трехмерной.

Учебный центр «Стиплер График Центр»

Москва, 108811, Румянцево, 22-й км Киевского шоссе, д. 4, стр. 1, офис 508А (1-й офисный подъезд, 5-й этаж)

Телефон: +7 (495) 913 2220.

Сайт: www.steepler.ru

E-mail: training@steepler.ru

Учебный центр Группы компаний «НТПЦ»

Санкт-Петербург, пр. Энгельса д. 124 корп. 1

Телефон: +7 812 320-53-33

Сайт: pronanocad.ru

E-mail: edu@pronanocad.ru

Рис. 5. Пример учебных центров по обучению работе в редакторе nanoCAD

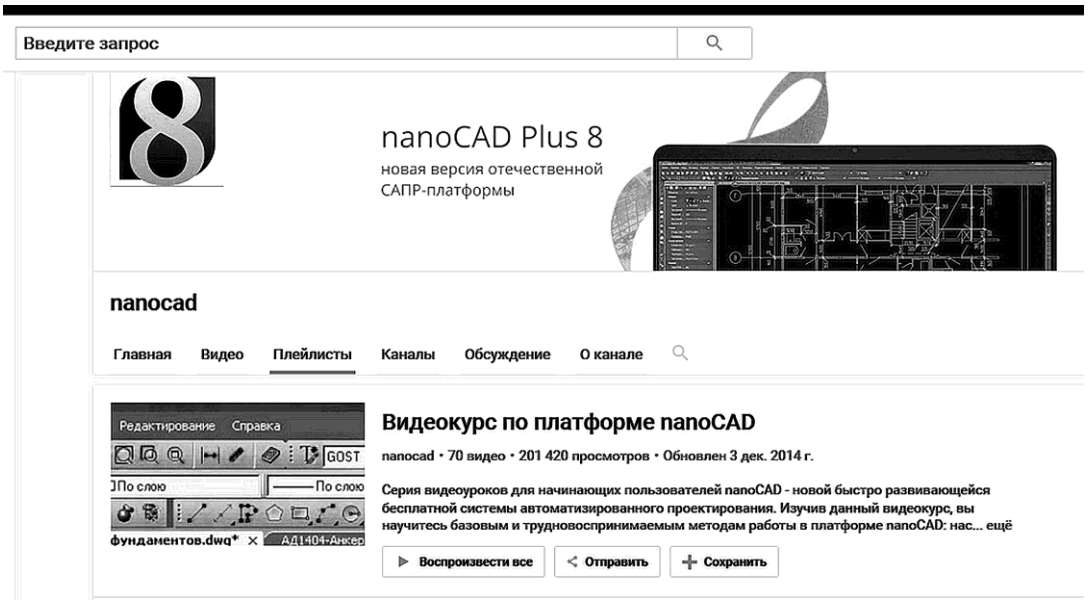


Рис. 6. Пример поиска видеоуроков
по работе в редакторе nanoCAD Plus 8

В настоящее время большое количество российских компаний перешло на работу в редакторе nanoCAD (рис. 7), что объясняется не только полной совместимостью с редактором AutoCAD и возможностью напрямую открывать файлы из обоих редакторов, но и возможностями редактирования технической документации при сотрудничестве с зарубежными фирмами.

Рис. 7. Российские компании – активные пользователи редактора nanoCAD

Автором был апробирован редактор версии nanoCAD Plus 8,0 при выполнении учебных заданий, которые ранее выполнялись в редакторе AutoCAD [3]. Установлена эффективность и широкие возможности при использовании его в учебном процессе. Подтвердилось, что при выполнении и оформлении любой 2D- и 3D-технической документации практически отпадает необходимость пользователям переучиваться с редактора AutoCAD на редактор nanoCAD.

Библиографический список

1. Жарков, Н.В. AutoCAD 2017. Официальная русская версия / Н.В. Жарков, М.В. Финков, Р.Г. Прокди. – М.: Наука и техника, 2017. – 624 с.
2. Полещук, Н.Н. Путь к nanoCAD / Н.Н. Полещук. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 398 с.
3. Кувшинов, Н.С. Инженерная и компьютерная графика: учебник / Н.С. Кувшинов, Т.Н. Скоцкая. – М.: КНОРУС, 2017. – 234 с.

К содержанию

УДК 37.013.31 + 378.1.014.5

ВЛИЯНИЕ ПОСЕЩАЕМОСТИ ЗАНЯТИЙ СТУДЕНТАМИ НА КАЧЕСТВО ОБУЧЕНИЯ

В.Н. Кучин, Н.В. Шилоносова,
Т.А. Кравченко, Ю.С. Андриевских

Приведены результаты исследования посещений занятий студентами. Определены уровни требований по посещаемости. Установлено, что посещаемость занятий напрямую влияет на качество обучения студентов.

Ключевые слова: посещаемость, качество обучения.

В соответствии с Уставом Южно-Уральского государственного университета, п. 6.7, Правилами внутреннего распорядка, п. 4.1.4, студенты должны в обязательном порядке посещать все виды учебных занятий, определенных учебным планом. Традиционно в университете проводится контроль посещаемости занятий студентами. Наряду с обязанностями по выполнению образовательной программы и сдачей зачетов и экзаменов посещаемость является фактором успешной учебы. Нарушение этого правила приводит к снижению успеваемости. В последнее время у студентов возникают сомнения в необходимости таких строгих правил. При этом подготовка конкурентоспособных специалистов требует повышенного

внимания к качеству образования [4]. Выдвинув гипотезу о том, что посещение занятий как важный количественный фактор влияет на качество обучения, было проведено исследование посещаемости занятий студентами, а также анализ мнений студентов и преподавателей по этому вопросу.

Авторами проведена проверка посещаемости лекционных, практических занятий студентами первого, второго, третьего и четвертого курсов бакалавриата архитектурно-строительного института дневной формы обучения в период 2016–2017 учебного года. В процессе проверки определялось количество присутствующих студентов на занятиях по математике, физике, теоретической механике и другим дисциплинам, то есть исследование проводилось в виде внезапных посещений сотрудниками дирекции Архитектурно-строительного института занятий студентов разных курсов и разных дисциплин. Проверка проводилась в разное время дневных занятий, в разном порядке. Также в процессе планирования проверок учитывались особенности местоположения аудиторий, оснащенность оборудованием и другие факторы.

Рассмотрим результаты проверки посещаемости в ноябре 2016 г. и марте 2017 г. Было проверено присутствие 497 студентов на лекционных занятиях, а на практических занятиях было проверено посещение 297 студентов, что в сумме составляет 794 человека. Результаты проверок приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Посещаемость лекционных занятий

Группы	Дисциплина	Количество студентов, чел.	Количество присутствующих студентов	
			чел.	%
АС-122, 125	Введение в направление	50	43	86
АС-244, 247, 254	Техническая механика	64	39	61
АС-248, 249,253,254	Физика	79	36	46
АС-311-313	Архитектурно-строительные технологии	68	55	81
АС-320-323, 334, 340	Строительная механика	129	61	47
АС-322,323, 324,329	Технология строительных процессов	85	74	87
АС-414,415	Металлические конструкции	22	19	86
Всего		497	327	66

Таблица 2

Посещаемость практических занятий

Группы	Дисциплина	Количество студентов, чел.	Количество присутствующих студентов	
			чел.	%
АС-125	Математический анализ	30	26	87
АС-131	Основы композиционного моделирования	17	16	94
АС-161	Алгебра и геометрия	28	25	89
АС-176	Иностранный язык	19	19	100
АС-221	Архитектурно-строительные технологии	32	25	78
АС-245	Иностранный язык	18	16	89
АС-324	Техническая механика	17	15	88
АС-326	Техническая механика	21	17	81
АС-329	Техническая механика	22	12	55
АС-401	Технология возведения зданий и сооружений	22	18	82
АС-403	Экономика строительства	31	25	81
АС-408	Автоматизация проектирования	17	8	47
АС-412	Гидравлические режимы	23	13	57
Всего		297	235	79

Из табл. 1 и 2 видно, что согласно проведенной проверке в 37 группах с общим количеством студентов 794 человека, процент посещения лекций составил 66 %, а практических занятий – 79 %, что в целом составляет 71 %. При этом процент посещения колебался в интервале от 47 % до 100 % как на лекционных занятиях, так и на практических занятиях.

Сдача зачетов в срок – также результат посещения студентами занятий и выполнения контрольных и самостоятельных работ в аудитории. Так, по дисциплине «Основы архитектуры» на втором курсе АСИ (объем аудиторных занятий 32 часа) количество студентов, пропустивших 1–2 занятия, в лучшей группе составило 4 человека (20 %), получили зачет в срок («автоматом») 60 %. В худшей группе пропустили 1–2 занятия 42 %, зачет в срок получили 10 %.

Для того чтобы оценить влияние посещаемости занятий на качество обучения, был рассмотрен показатель абсолютной успеваемости студентов по итогам зимней сессии 2016–2017 учебного года, т.е. показывающий ситуацию, когда у студентов сданы все зачеты, курсовые работы и экзамены. Этот показатель был проанализирован в двух разных по абсолютной успеваемости выборках групп студентов. В первой выборке представлены результаты с хорошей посещаемостью: студенты посещали более 80 % занятий, а во второй выборке проанализированы результаты студентов, кото-

рые посетили менее 50 % занятий. В выборке участвовали по 15–20 человек от каждого курса. Результаты представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Абсолютная успеваемость студентов с хорошей посещаемостью

Курс	Количество студентов, посещающих более 80 % занятий, чел.	Количество студентов, сдавших все зачеты и экзамены	
		чел.	%
1	20	14	70
2	20	15	75
3	20	11	55
4	20	14	70
Всего	80	54	68

Из табл. 3 видно, что студенты, пропустившие более половины всех занятий, не сдали зачеты и экзамены. Такие студенты, как правило, отчисляются за невыполнение учебного плана или по собственному желанию, или остаются на повторное обучение. Следует отметить, что бывают и исключения из данной взаимосвязи. В данном периоде исключение составили всего 3 студента, которые полностью сдали зачеты и экзамены зимней сессии.

Таблица 4

Абсолютная успеваемость студентов с плохой посещаемостью

Курс	Количество студентов, посещающих менее 50 % занятий, чел.	Количество студентов, сдавших все зачеты и экзамены	
		чел.	%
1	19	1	5
2	13	0	0
3	20	1	5
4	20	1	5
Всего	72	3	4

Для принятия более эффективных решений по управлению успеваемостью студентов в дирекции Архитектурно-строительного института ежегодно ведется журнал посещаемости, в котором старосты групп проставляют пропуски занятий каждого студента за месяц. Текущий анализ получаемых данных помогает вовремя обозначить возникающую проблему по обучению студенту и его родителям и провести с ними необходимую работу о важности посещения занятий.

Также было проведено анкетирование студентов и преподавателей по вопросу посещаемости. Регулярное анкетирование, по мнению С.Н. Таранухa [5], необходимо для выявления удовлетворенности. Студентам были

заданы такие вопросы, как: «Считаете ли вы, что для успешной сдачи зачетов и экзаменов нужно посещать все занятия?», «Если преподаватель не отмечает присутствие студентов на лекциях, будете ли вы на них ходить?» и другие вопросы.

На вопрос «Считаете ли вы, что для успешной сдачи зачетов и экзаменов нужно посещать все занятия?» большинство студентов (61 %) ответили положительно. На вопрос «Если преподаватель не отмечает присутствие студентов на лекциях, будете ли вы на них ходить?» также большинство студентов (76 %) ответили положительно. Такое отношение к учебе считаем необходимым для успешного обучения [1].

Анкетирование преподавателей показало, что большинство из них (71 %) отмечает присутствие студентов в своих журналах, при этом примерно половина преподавателей (54 %) также требуют от старост журналы групп, в которых повторно отмечают присутствующих студентов и заверяют своей подписью. Именно эта информация поступает в журналы посещаемости в дирекцию института от старост групп (см. выше). Из анкетирования стало известно, что значительное большинство преподавателей (89 %) пытаются выяснить информацию о студентах, пропускающих большое количество занятий. Вместе с тем, следует принять во внимание вывод В.И. Петрухина [3], что система «преподаватель-студент» – это сложная, динамичная и вместе с тем саморазвивающаяся система.

Как видно из проведенного анализа, посещаемость занятий напрямую влияет на качество обучения студентов. В связи с этим имеет смысл повысить уровень посещаемости студентов, особенно на лекционных занятиях. Для этого всем преподавателям необходимо проводить убедительную работу о необходимости посещения практических и лекционных занятий, тщательно проводить проверку присутствия студентов на занятиях, а также требовать от старост журналы групп и заверять посещаемость своей подписью. Дирекции и заведующим выпускающими кафедрами вместе с кураторами и старостами групп необходимо индивидуально работать со студентами, пропускающими большое количество занятий, причем делать это по возможности оперативно. Некоторой части студентов нужны дополнительные меры воздействия как строгий разговор, вызов в дирекцию или на выпускающую кафедру для выяснения причин пропусков и составления графика ликвидации задолженностей. Эти мероприятия позволят повысить посещаемость занятий, а значит, успеваемость, сохранение имеющегося контингента студентов, что в конечном итоге положительно скажется на повышении качества обучения [2].

Таким образом, количественный фактор обучения, такой как посещаемость студентов занятий, напрямую влияет и довольно тесным образом на качество обучения.

Библиографический список

1. Дегтярева, С.Н. Активизация посещаемости занятий студентами СПО и повышение их успеваемости / С.Н. Дегтярева // Педагогический опыт: теория, методика, практика: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 19 февр. 2016 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – № 1 (6). – С. 32–35.

2. Котлярова, И.О. Показатели оценки качества образовательного процесса / И.О. Котлярова, Г.Н. Сериков, С.Г. Сериков, О.А. Ханжина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2008. – Вып. 17. – № 29. – С. 34–53.

3. Петрухин, В.И. Системный анализ факторов, влияющих на качество профессиональной подготовки студентов / В.И. Петрухин // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 1. – С. 18–22.

4. Расторгуева, Н.Ф. Качество образования - залог конкурентоспособности выпускника / Н.Ф. Расторгуева // Высшее образование в России. – 2009. – № 1. – С. 87–90.

5. Тарануха, С.Н. Инструменты повышения качества образования в вузе / С.Н. Тарануха, Н.Ф. Пижурина // Высшее образование в России. – 2009. – № 11. – С. 120–125.

К содержанию

УДК 692.232.45:657.471 + 658.53

УТОЧНЕНИЕ НОРМ ЗАТРАТ ТРУДА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

А.А. Мельник

Приведены данные о результатах замеров фактических затрат труда на выполнение работ по монтажу навесных вентилируемых фасадов. Определены нормативные трудозатраты на основании действующих нормативных документов. Произведено сопоставление нормативных и фактически замеренных затрат труда при выполнении операций, сделаны выводы о необходимости уточнения нормативной базы на выполнение процесса.

Ключевые слова: вентилируемые фасады, хронометраж монтажа фасадных систем, нормативы трудозатрат.

В связи с постоянно совершенствующимися нормами по энергосбережению зданий, к современным фасадным системам зданий предъявляют не только эстетические требования, но и требования энергоэффективности [1, 2, 3, 4].

Как известно, навесные вентилируемые фасадные системы (далее по тексту НВФС) кроме энергоэффективноси имеют и ряд дополнительных преимуществ по сравнению с альтернативными фасадными системами: легким и тяжелым штукатурными фасадами, колодцевой кладкой и т.д. К этим преимуществам можно отнести: стоимость, срок службы, всесезонность монтажа; технологичность, возможность монтажа даже на основании с неудовлетворительной геометрией, без выравнивания фасада [6, 7, 8, 9].

Несмотря на то, что данная фасадная система в России активно увеличивает объемы использования, нормативная база по определению затрат труда при монтаже НВФС, зачастую требует уточнения, поскольку нормы и расценки, разработанные Региональными информационными центрами по ценообразованию в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, охватывают не весь существующий широкий спектр навесных вентилируемых фасадов.

Например, если работы по устройству конструкции вентилируемого фасада отличаются от приведенных в разработанных нормах, затраты на работы нужно учесть дополнительно по существующим нормам и расценкам, например, в нормах и расценках 09-04-017 «Вентилируемая фасадная система с облицовкой плитами из керамического гранита, натурального гранита и композита» [10] затраты на устройство гидроветрозащиты не предусмотрены, а значит эти затраты нужно учесть по норме 26-01-055 «Устройство пароизоляционного слоя из пленки полиэтиленовой» [11].

Для того чтобы определить фактические трудозатраты на единицу выполняемых работ по устройству вентилируемого фасада, проводились натурные исследования в г. Челябинске, период наблюдений март–ноябрь 2014 г.

В процессе исследований использовался метод хронометража с фиксированием результатов измеряемых работ (метод изучения затрат рабочего времени, многократно повторяющихся ручных и машинно-ручных элементов операций путем их измерения) [12].

Проведение хронометража состояло из следующих этапов: подготовки к наблюдению, проведения наблюдения, обработки данных наблюдения, анализа результатов и подготовки предложений по совершенствованию организации труда или установлению норм и нормативов.

На первом этапе определяется объект наблюдения. Для выполнения наиболее рациональных приемов работы наблюдения должны производиться за передовыми рабочими. Целью хронометража является установление норм и получение данных для разработки нормативов на одинаковые операции, выполняемые несколькими рабочими. Для этого из них выбираются несколько человек, имеющих средний по группе уровень выполнения норм выработки за последние три месяца и стаж работы по специальности не менее 4-х лет (объем выборки зависит от численности груп-

пы таких рабочих). При численности 2–3 человека достаточно наблюдать за одним, при численности 4–5 человек – за двумя, при численности 6–8 человек – за тремя и так далее.

Объектом исследования является процесс выполнения строительно-монтажных работ по монтажу НВФС.

Объект наблюдения – здание торгового центра на Предзаводской площади ЧТЗ, по адресу г. Челябинск, пр. Ленина, 2 (далее здание ТЦ ЧТЗ).

Параметр исследования – трудозатраты.

Работы по монтажу НВФС велись по захваткам, количество монтажников на одной захватке – 2 человека.

Работы велись с готовых инвентарных лесов на высоте до 20 м.

Монтаж НВФС производился на простых наружных стенах и стенах средней сложности при площади, занимаемой архитектурными деталями не более 30 % площади стены.

На втором этапе осуществлялось наблюдение и фиксация времени. Замеры времени производились собирательным и накопительным способами с помощью хронометра. По фиксажным точкам засекалось время и заносились показания в наблюдательный лист: данные о количестве работников, об операции, характер процесса, квалификация и стаж работы исполнителей, время наблюдения, дата наблюдения, используемые инструменты и другое.

Трудозатраты измерялись для следующих процессов:

– разметка мест сверления отверстий;

– сверление отверстий в вертикальной поверхности под анкерные дюбели;

– крепление несущих кронштейнов к стене анкерными дюбелями через паронитовые прокладки;

– укладка теплоизоляционных плит с подгонкой их по месту в два слоя;

– механическое закрепление утеплителя фасадными дюбелями «тарельчатого типа»;

– укладка и крепление пароизоляционного слоя из мембраны;

– выверка основания с помощью отвеса, лазерного измерения, установка горизонтального профиля;

– установка вертикального профиля;

– крепление плит керамического гранита;

– устройство примыканий к общестроительным конструкциям;

– устройство парапета из листовой оцинкованной стали.

Полученные значения хронометража и нормативные – из государственных сметных норм приведены в табл.

Таблица

Затраты труда на выполнения работ по монтажу НВФС, полученные в результате исследования (фактические) и из действующей нормативной базы (нормативные)

№ п.п.	Наименование работ (норматив ГЭСН), ед. изм. работ	Фактические затраты чел*час	Нормативные затраты чел*час
1	**2**	**3**	**4**
1	Крепление несущих кронштейнов к стене анкерными дюбелями через паронитовые прокладки (в составе работ по ГЭСН 15-01-064), 100 м^2 поверхности	9,62	270
2	Укладка и крепление пароизоляционного слоя из мембраны (в составе работ по ГЭСН 15-01-064), 100 м^2 поверхности	7,86	
3	Выверка основания с помощью отвеса, лазерного измерения, установка горизонтального профиля (в составе работ по ГЭСН 15-01-064), 100 м^2 поверхности	20,08	
4	Установка вертикального профиля (в составе работ по ГЭСН 15-01-064), 100 м^2 поверхности	10,4	
5	Крепление плит керамического гранита (в составе работ по ГЭСН 15-01-064), 100 м^2 поверхности	38,12	
	Итого по (п. 1–5)	86,08	270
1	**2**	**3**	**4**
6	Укладка теплоизоляционных плит с подгонкой их по месту в два слоя с закреплением фасадными дюбелями «тарельчатого типа» ГЭСН 26-01-039, на 100 м^2 изоляции толщиной 100 мм	27,18	105,8
7	Раскладка гидроветрозащитной мембраны Механическое закрепление утеплителя фасадными дюбелями «тарельчатого типа». ГЭСН 26-01-055-02, 100 м^2 поверхности	7,86	14,36
8	Устройство примыканий к общестроительным конструкциям. ГЭСН 15-01-070-01, 1 м^2 примыкания	1,06	1,55
9	Устройство парапета из листовой оцинкованной стали (Таблица ГЭСН 12-01-010), 100 м^2 покрытия	71,07	112,75
	ИТОГО по п. 1–9	**193,25**	**504,46**

Сравнив данные, полученные в результате использования хронометражного метода измерения трудозатрат на строительном объекте (столбец 3 табл.) с нормативными, из государственных сметных норм (столбец 4 табл.), можно сделать следующий вывод: трудозатраты согласно действующим в настоящее время нормам и расценкам (ГЭСН 15-01-064, ГЭСН 26-01-039, ГЭСН 26-01-055-02, ГЭСН 12-01-010 ГЭСН 15-01-070-01) в 2,6 раза превышают фактические затраты.

Следовательно, существующие в настоящее время затраты труда на работы по монтажу НВФС требуют уточнения на основе проведения хронометражных наблюдений.

Выводы

Нормы труда играют важную роль в экономике, так как являются инструментом планирования, учета и анализа затрат труда и в определенной мере издержек производства и обращения.

По результатам исследования и анализа фактических и нормативных затраты на устройство НВФС с облицовкой панелями из керамического гранита установлено:

– трудозатраты согласно действующим в настоящее время нормам и расценкам (ГЭСН 15-01-064, ГЭСН 26-01-039, ГЭСН 26-01-055-2, ГЭСН 12-01-010, ГЭСН 15-01-070-01) в 2,6 раза превышают фактические затраты.

– в настоящее время расценки на работы по монтажу НВФС требуют корректировки.

Для актуализации нормативной сметной базы необходимо откорректировать в ГЭСН, трудозатраты с учетом многократных достоверных хронометражных измерений.

Библиографический список

1. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2004. – 139 с.

2. Альбом технических решений конструкции навесной теплоизоляционной фасадной системы «Альт-Фасад-01» горизонтально-вертикального для облицовки плитами керамического. – Трехгорный, 2012. – 189 с.

3. ТТК Монтаж навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-Фасад-01» горизонтально-вертикального исполнения с облицовкой плитами из керамического гранита на видимом креплении. – Трёхгорный, 2014. –56 с.

4. Лавриненко, А. Технологии утепления фасадов / А. Лавриненко // Будмайстер. – 2002. – № 20. – С. 18–22.

5. СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2013 стандарт СРО «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Фасадные работы. Требования к производству и контролю». – М., 2013. – 44 с.

6. Тарасова, Т.В. Технологии отделки вентилируемых фасадов [Электронный ресурс] / Т.В. Тарасова, Ю.Р. Исмагилова // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 12. – URL: http://web.snauka.ru/issues/2016/12/76043.

7. Положение по проектированию, устройству и эксплуатации навесных фасадов с воздушным зазором в Сахалинской обл. – Южно-Сахалинск, 2012. – 50 с.

8. ТР 149/2-05 «Технические рекомендации по технологии применения комплекса отделочных материалов при капитальном ремонте, санации и реконструкции фасадов зданий». – М., 2005. – 35 с.

9. ТР 161-05 «Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем». – М., 2005. – 31 с.

10. Горячкин, П.В. Нормы и расценки на новые технологии в строительстве: справочник инженера-сметчика / под общ. ред. П.В. Горячкина. – М., 2004. – 424 с.

11. ГЭСН 81-02-15-2001.Государственные элементные сметные нормы на строительные и специальные строительные работы. Ч. 15. Отделочные работы. – М., 2014. – 116 с.

12. Методические рекомендации по проведению хронометражных работ в организациях. – Астана, 2013. – 36 с.

К содержанию

УДК 711.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРЬЕРНО-ОТВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ

В.Д. Оленьков, А.С. Егоров

В статье исследуются причины и методы использования нарушенных территорий в градостроительных целях. Проведена оценка отечественного и зарубежного опыта использования нарушенных территорий в градостроительных целях.

Ключевые слова: градостроительство, нарушенные территории, карьеры, отвалы, восстановление и использование, рекреация.

В результате деятельности человека в современном мире образуется большое количество нарушенных территорий. Нарушенными считают территории, утратившие первоначальную природно-хозяйственную ценность и, как правило, являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Нарушают территории при выполнении открытых и подземных горных работ, складировании промышленных, строительных и коммунально-бытовых отходов, строительстве линейных сооружений, а также при проведении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ. При этом нарушается почвенный покров, изменяются гидрогеологический и гидрологический режимы, образуется техногенный рельеф, а также происходят другие качественные изменения, ухудшающие экологическую обстановку в целом.

Нарушенные территории в результате хозяйственной деятельности разделяют на две группы:

1) земли, поврежденные насыпным грунтом – отвалы, терриконики, кавальеры и свалки;

2) территории, поврежденные выемкой грунта, – карьеры открытых горных разработок, добычи местных строительных материалов и торфа, провалы и прогибы на месте подземных горных работ, резервы и траншеи при строительстве линейных сооружений [1].

В XXI веке рациональное использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды постепенно становится одной из центральных проблем. Актуальность восстановления нарушенных территорий обусловлена, с одной стороны, потребностями городов в дополнительных территориях, с другой – необходимостью снижения опасности проживания в городах от нарастающего экологического кризиса. Расположение большого количества нарушенных территорий, в частности, карьерно-отвальных комплексов, в границах современных городов и агломераций объясняется тем, что во времена роста промышленности города основывались в непосредственной близости к производству как рабочие поселения. Со временем производство закрывалось либо продолжало функционировать, а площадь города увеличивалась. Так, в современных промышленных городах площади нарушенных территорий составляют до 30 % (40 % в г. Коркино, Челябинская область) от общего размера города, нередко располагаясь по соседству с жилой застройкой [1].

Выбор направления использования нарушенных территорий – один из основных вопросов проблемы восстановления нарушенных территорий. В зависимости от избранного вида использования определяется состав инженерных мероприятий по восстановлению территории, делается экономическая оценка затрат на их осуществление, определяется социальная, экологическая и экономическая эффективности мероприятий по восстановлению.

Выбор направления использования нарушенных территорий осуществляется в несколько этапов:

1. Анализ природно-климатических и градостроительных условий.
2. Предварительный выбор направления использования.
3. Определение принадлежности нарушенной территории к территориальной зоне города.
4. Определение потребности города в территориях (например, для зеленых насаждений).
5. Оценка возможного эффекта, получаемого в результате использования нарушенной территории.
6. Окончательный выбор направления использования нарушенной территории [2].

После выбора направления восстановления нарушенной территории следует этап разработки проекта восстановления. Использование различных форм техногенного рельефа осуществляется в рамках определенного направления использования территории, где решаются вопросы выбора одного из вариантов использования рельефа: для строительства зданий и сооружений, для зеленого строительства, для устройства водоемов [1].

Мировой опыт по восстановлению нарушенных территорий насчитывает всего около 100 лет. Первые работы по рекультивации земель были проведены в 1926 г. на участках, нарушенных горными работами (США, шт. Индиана).

В России в 1912 г. на территории нынешней Владимирской области на участках заброшенных торфоразработок были поставлены опыты по их окультуриванию и выращиванию сельскохозяйственных культур.

Широкое развитие в Европе и США рекультивация получила в предвоенные годы и главным образом после второй мировой войны.

В настоящее время успешная работа по рекультивации буроугольных и каменноугольных разработок проводится в Германии, Польше, Англии, США и других странах.

Рекультивация в Рейнском бассейне в Германии основывается на ландшафтно-экологическом анализе с разработкой перспективных планов дальнейшего развития ландшафта. Планируется создание экологических сбалансированных ландшафтов. Отработанные карьеры превращаются в водоемы для отдыха и спорта, склоны подлежат облесению.

В Англии с ее высокой плотностью населения предпочтение отдается сельскохозяйственной рекультивации и использованию отвалов под городские и рекреационные застройки. Устройство парков и строительство на шахтных землях практиковалось еще с середины прошлого века, сейчас такие парки имеются во многих городах страны.

Во Франции, Дании, Бельгии, Италии и других европейских странах существенную проблему охраны окружающей среды составляет озеленение терриконików угольных шахт и рекультивация карьеров строительных материалов [3].

В Китае нарушенные территории используют даже в высотном строительстве. «InterContinental Shimao quarry hotel» – пример высокотехнологичного использования карьерных выемок (рис., [4]).

В Германии первостепенное значение придается восстановлению земель для сельскохозяйственного использования, однако вопросы лесной рекультивации занимают важное место в общей системе охраны и восстановления техногенных ландшафтов. Государственные лесничества успешно создают лесонасаждения на шахтных отвалах, сложенных каменистыми породами, в рудных горах. Однако наибольший размах работы по лесной рекультивации получили на территориях, нарушенных при открытой добыче бурого угля. Во всех законоположениях выдвигается требование о

создании на нарушенных территориях нового культурного ландшафта. Ландшафтное планирование находится под контролем государственных организаций, на основе перспективных планов горные предприятия заключают долгосрочные договоры с государственными землепользователями, в которых оговариваются все виды восстановительных работ, сроки исполнения и требования к качеству подготовки территории. Горные предприятия проводят разравнивание отвалов, нанесение плодородных грунтов, химическую мелиорацию и общее инженерно-техническое обустройство территории [3].

Строительство отеля в отработанном карьере
по добыче цементного сырья (г. Шанхай, Китай)

Из анализа мирового опыта можно выделить направления восстановления нарушенных территорий: природоохранное, рекреационное, сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное, строительное.

Если бы человечество имело неограниченные земельные ресурсы, проблема использования нарушенных территорий отпала бы сама собой, но на деле людям приходится использовать такие территории в связи с острой нехваткой территориальных ресурсов в городах. Другая причина необходимости восстановления и использования нарушенных территорий – это экология. Ни один вид деятельности человека не оказывает такого катастрофического воздействия на окружающую среду, как горное производство. О масштабах этого воздействия можно судить хотя бы по такому факту: в настоящее время в мире извлечено и складировано в отвалах и хвосто-

хранилищах свыше 1600 млрд $м^3$ горных пород и отходов переработки полезных ископаемых [5]. Под карьерами, отвалами и хвостохранилищами заняты десятки тысяч гектаров земель, которые могли бы использоваться в сельском и лесном хозяйстве, в градостроительстве.

Негативные последствия нарушенных территорий проявляются:

– в нарушении целостности архитектурно-планировочной структуры населенного места, а значит, увеличению протяженности улиц и всех инженерных систем;

– в затруднении текущего строительства;

– в формировании породными отвалами грунтовых вод, закисляющих природные воды;

– в запылении и задымлении атмосферного воздуха на значительное расстояние продуктами пыления и горения отвалов;

– в повышении уровня заболеваемости населения и множестве других факторов.

В связи с интенсивным ростом городов увеличивается потребность в дополнительных территориях, в том числе для создания мест кратковременного отдыха городского населения. Практика планировки и застройки городов показывает, что при интенсивном росте численности населения площадь озелененных территорий города в пересчете на одного жителя города сокращается. Это является причиной роста рекреационных нагрузок на городские парки и пригородные зоны отдыха [6].

При складывающейся градостроительной ситуации нарушенные территории после осуществления восстановительных мероприятий могут явиться источником погашения этого дефицита земель. Использование нарушенных территорий позволит повысить компактность планировочной структуры городов, улучшить окружающую среду.

Библиографический список

1. Оленьков, В.Д. Нарушенные территории в градостроительстве: восстановление, использование, аэрационный режим / В.Д. Оленьков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 192 с.

2. Оленьков, В.Д. Градостроительное планирование на нарушенных территориях / В.Д. Оленьков. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – 192 с.

3. Будина, Т.Ю. Рекультивация земель при различных видах работ / Т.Ю. Будина // Справочник эколога. – 2013. – № 3.

4. InterContinental Shimao quarry hotel. Китай. – URL: http://www.dailymail.co.uk/news/article-3525219/Chinese-five-star-hotel-built-inside-quarry-100-yards-beneath-ground-level-Shanghai.html.

5. Певзнер, М.Е. Экология горного производства / М.Е. Певзнер, В.П. Костровецкий. – М.: Недра, 1990. – 235 с.

6. Бондарь, Ю.А. Благоустройство нарушенных территорий / Ю.А. Бондарь. – Киев: Будивельник, 1984. – 72 с.

К содержанию

УДК 624.07 + 726:2-523.4(470.5)

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВОДОВ ХРАМОВ ЮЖНОГО УРАЛА

В.Д. Оленьков, А.О. Колмогорова, М.Ю. Радзевич

В статье обозначены основные особенности строительства церквей и храмов. Рассматривается история возведения православных храмов на Южном Урале. Отмечены необходимость и важность реставрации культовых сооружений. Изучены конструктивные решения сводов и определены наиболее часто встречающиеся на Южном Урале типы сводов.

Ключевые слова: строительство, храмы, своды, реставрация, конструкции, строительные материалы.

До освоения Южного Урала русскими основную часть населения этой территории составляли башкиры. На западе и северо-западе жили булгары и удмурты, на севере – потомки угров (ханты), на юге и юго-востоке – различные тюркоязычные племена, в основном киргиз-кайсаки (казахи).

Стремление распространить на завоеванные территории православную культуру было одной из важнейших задач русской колонизации региона. Ее решал основанный в 1644 году на реке Исеть Далматовский Успенский монастырь, который впоследствии сыграл значительную роль в освоении края. До конца столетия рядом с монастырем возникло более двух десятков слобод, т.е. довольно значительных стратегических и административных пунктов, к которым приписывалось по нескольку деревень. Со временем монастырь стал практически военной крепостью и оказал большое влияние на присоединение новых территорий, распространение православной культуры и развитие земледелия.

Святой князь Владимир стал первым русским князем-христианином, отдавшим указ, чтобы после крещения народа и земли Русской зодчие начали рубить церкви по городам.

Так стали появляться деревянные храмы. Но древнейшие летописные источники утверждают, что деревянные храмы на Руси строили задолго до Крещения. Деревянные храмы всегда было легче возводить, чем каменные, так как материал для строительства был более доступным. Более того, на Руси издавна процветало деревянное зодчество и славянские мастера возводили храмы практически на глаз, не используя точные измерения и сложные архитектурные планы.

Однако после Крещения на Руси стали появляться первые каменные храмы. В 989 году, на следующий год после Крещения Руси, приехавшими из Константинополя греческими зодчими в Киеве был заложен первый каменный храм Древнерусского государства – Десятинная церковь. Во время

строительства Десятинной церкви она была самым большим киевским храмом. Из летописей до наших дней дошли сведения, что Десятинную церковь называли «мраморной», так как интерьер храма был обильно украшен мрамором.

В 996 году постройка Десятинной церкви была завершена, и храм был торжественно освящен. После постройки первой каменной церкви стали возводиться и другие храмы из камня. Важно, что именно по образу Десятинной церкви возводились последующие главные храмы русских городов и монастырей.

Проектирование деревянных храмов, конечно же, имеет свои особенности: от выбора древесины и до решения вопросов акустики в храме. Традиционно на Урале, богатом сосновыми лесами, для строительства сосну и выбирают. Но построенные из сосны храмы требуют дополнительных мер по улучшению акустических свойств, так как звук в них слегка глушится из-за невысокой плотности древесины сосновых бревен. В своды таких храмов закладывают «голосники» – керамические горшки, которые служат резонаторами и делают звук более звонким.

Строительство каменных церквей в городах и особенно в сёлах Южного Урала осуществлялось, как правило, не дипломированными архитекторами, а артелями каменщиков, приглашёнными из Далматова монастыря или центральных областей России. Чаще всего из-за недостатка денег храмы строились очень долгое время: сначала основной объём, затем трапезная, а еще позднее – колокольня. Поэтому наиболее популярной композиционной схемой была продольно-осевая с последовательным расположением колокольни, трапезной, основного объёма и выступающего алтаря (см. рис. 1). Встречались также небольшие бесстолпные храмы.

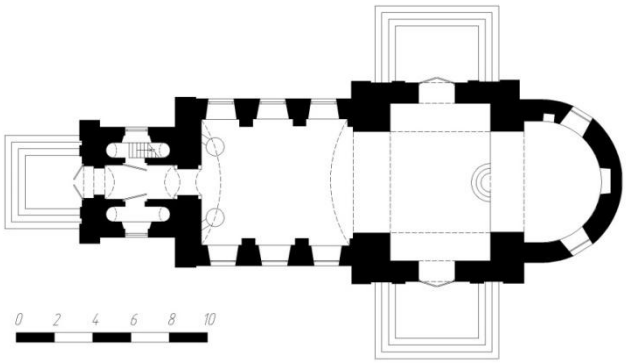


Рис. 1. Наиболее популярная планировочная схема церквей Южного Урала (Церковь св. Александра Невского в с. Демарино)

Храмов первой половины XVIII в. в регионе сохранилось очень мало. От многих из них остались только фотографии конца XIX века и описания. Например, в Челябинске наиболее значительным зданием являлся Христорождественский собор на Соборной площади, разрушенный в начале XX в.

Он был построен в 1766–1768 гг. на месте первой в городе деревянной Никольской церкви (1739 г.) На сохранившихся изображениях Христорождественского собора он пятиглавый, имеет гранную апсиду и почти квадратную в плане центральную часть. К центральной части примыкают трапезная и колокольня. По воспоминаниям Н. Лендера: «Около Челябинского базара – старинный и типичный собор в честь Рождества Христова. Он мрачный с высокими сводами и с иконами старого письма. Массивные стены переносят нас в прошлое столетие» [1] .

Конец XVIII – начало XIX века на Южном Урале является новым этапом развития архитектуры церквей, связанным с распространением классицизма. На северо-западе современной территории Челябинской области в селах Красноармейского района сохранился целый ряд церквей, построенных в XIX столетии. Эти земли непосредственно примыкают к территории Далматова монастыря, который являлся центром православия на Южном Урале в XVII–XIX веках. Многие из этих сел были основаны монахами монастыря. Территориальная близость к православному центру края определила строительство в этих селах храмов крупных размеров и интересной архитектуры [2].

На сегодняшний день существует большое количество церквей и храмов, которые нуждаются в восстановлении или частичной реставрации (см. рис. 2а). Строительство и восстановление храмов – моральный долг общества и государства перед теми, из чьих душ и сердец силой вырывали все, что было дорого, что было связано с Богом. Это возможность обрести смысл жизни и изменить мир, ведь без духовного роста трудно добиться социального и экономического развития.

Реставрация утраченных культовых сооружений – ещё и забота о людях. Заброшенные, имеющие только несущие конструкции, они восстанавливают свой облик и величие, устремляясь в небо, благодаря усилиям неравнодушных и скорбящих по разрушенным церквям христианам. Отреставрированные или заново отстроенные церкви радуют своей красотой, помогают забыть о повседневных делах, соприкоснуться со спасительным и духовным. Они объединяют людей, очищают их души, учат любить Бога и ближних (см. рис. 2б).

В настоящее время наметилась благоприятная тенденция к восстановлению храмов. Но стоит заметить, что деревянные церкви реконструируют реже каменных, так как зачастую к моменту начала реставрационных работ деревянные храмы приходят в негодное состояние.

Конструктивные решения и строительные материалы для храмов требуют пристального изучения со стороны инженеров-строителей.

Выбор той или иной конструкции во многом определяет композиционное решение храма и его формообразование. Арки, купола, своды в верхней зоне храма создают художественный и символический образ небесного пространства. В построении объемной композиции большое значение также

имеют применяемые строительные материалы, которые задают толщину ограждающим конструкциям и в значительной мере определяют как архитектурную композицию, так и характер декора храма. При этом предпочтение следует отдавать строительным материалам, имеющим в своей основе природное происхождение, в том числе кирпичу и дереву. Следует учитывать акустические и другие свойства строительного материала, такие, как долговечность и пригодность под последующую роспись.

а)

б

в)

г)

Рис. 2. а) Церковь Рождества Христова в с. Большой Куяш Челябинской области (фото 2010 г.); б) та же церковь после реставрации (фото 2016 г.); в) сомкнутый свод на гранёном основании в этой церкви (фото 2010 г.); г) сферический свод на барабане в Церкви Тихвинской иконы Божией Матери в с. Губернском (фото 2007 г.) (все фото В.Д. Оленькова) [2]

Крестово-купольный тип храма стал основным воспринятым Русью из Византии. Конструктивную основу таких строений составляет трех- или пятипролетная арочно-стоечная система. Подпружные арки, опирающиеся на наружные стены и центральные столбы, служат основанием для цилиндрических сводов, составляющих крест, и угловых ячеек. Центральный световой барабан стоит на центральных подпружных арках, которые делят в плане сводчатую систему покрытия на модули и создают большие или

меньшие встречные распоры. Основными внутренними элементами жесткости являются центральные столбы, части стен, арочные перемычки, перекрытия хор, объединенные в диафрагмы, а также пространственные угловые ячейки. Внешние элементы жесткости – это апсиды, приделы, галереи, притворы [3].

Главная особенность здания храма – его покрытие, важнейшими элементами которого являются купол и своды.

В современном лексиконе под куполом часто понимается навершие храма, то есть его глава. Настоящее же определение следующее: купол – это пространственная несущая конструкция покрытия, по форме близкая к полусфере или другой поверхности вращения кривой (эллипса, параболы и т.п.). Купольные конструкции позволяют перекрывать значительные пространства без дополнительных промежуточных опор. Образующими формами служат различные кривые, выпуклые вверх [4].

Глава в храмовой архитектуре – это декоративное покрытие, которое располагается над куполом и устраивается на световом барабане. Главка же завершает только декоративный (глухой) барабан. В историко-архитектурном и реставрационном обиходе о главах часто говорят и в широком смысле – как о завершении храма, состоящем из барабана, купола и купольного покрытия. Главы храмов могут быть различной величины и формы в зависимости от размера, типа и конструкции покрытия храма. В древнерусском зодчестве они бывают шлемовидными или луковичными.

В практике строительства православных храмов наибольшее распространение получили следующие виды сводов:

– полуцилиндрические (1/2 цилиндра в сечении);

– коробовые (1/2 эллипса);

– сомкнутые (состоят из двух пересекающихся цилиндров с одинаковым подъемом и опираются на четыре стены);

– крестовые (состоят из двух пересекающихся цилиндров, представляют собой четыре распалубки и опираются на четыре угла);

– парусные (невысокий купол, обрезанный по краям вертикальными стенами);

– сферические (1/2 сферы в сечении);

– крещатые (сочетание двух пар пересекающихся цилиндрических арок, несущих световой барабан, с угловыми частями сомкнутого свода, причем арки могут быть конструктивно не выделены) [5].

Бесстолпное пространство храма со значительным пролетом может перекрываться сводами, которые покоятся на двух парах пересекающихся плоских арок. Они плавно перетекают из опор, встроенных в наружные стены, и выступают в пространство храма в виде пилястр. На квадрате, образованном пересечением арок, устраивается световой барабан.

Проведя исследования по сводам храмов и церквей Южного Урала, было выяснено, что наиболее популярные своды средней части храма – это

сферические, сферические на барабане (см. рис. 2г), крестовые, сомкнутые, в особенности, сомкнутые на гранёном основании (см. рис. 2в). Что касается алтарной части, то здесь в основном используются конхи и гранёные полукупола. Самыми используемыми сводами трапезных являются цилиндрические, бочарные и лотковые (см. рис. 3).

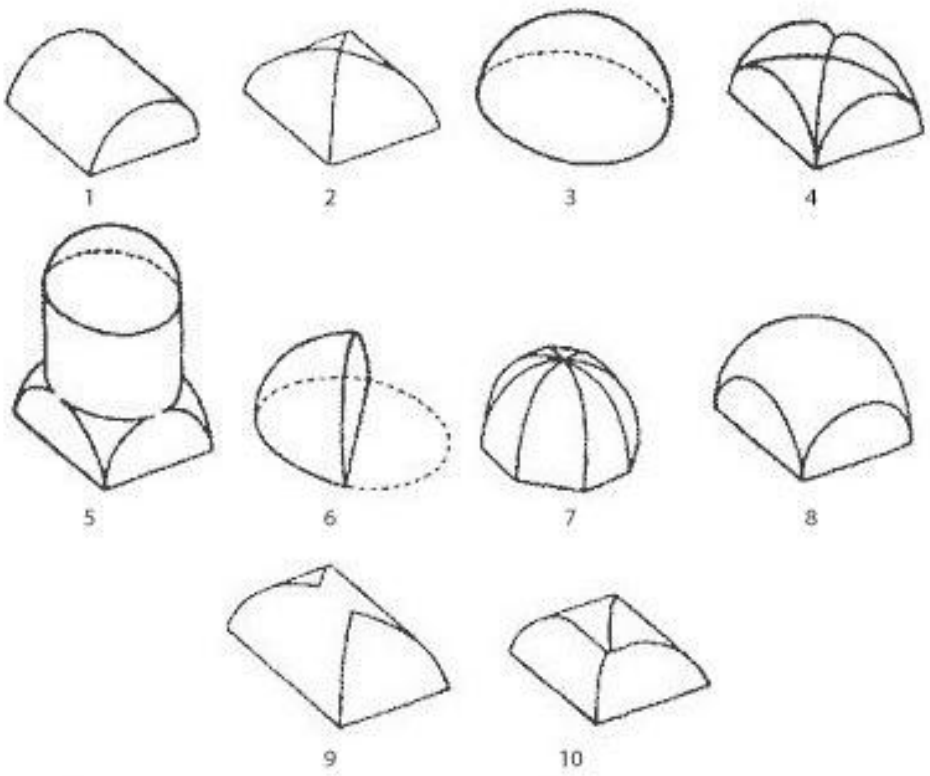


Рис. 3. Наиболее часто встречающиеся каменные своды
в православных храмах и церквях Южного Урала: 1) цилиндрический;
2) сомкнутый без распалубок; 3) сферический; 4) крестовый;
5) сферический на барабане; 6) конха; 7) сомкнутый на граненом основании;
8) парусный; 9) лотковый;10) сводчатое перекрытие распалубок

В виду того, что многие храмы и церкви в настоящее время находятся в полуразрушенном состоянии, требуется либо воссоздание сводов, либо их реставрация. В современном строительстве существуют различные конструкции и строительные материалы. Умелое их сочетание позволяет достичь совершенного результата.

Что касается кирпичных храмов, то в них кирпичные своды выкладываются по опалубке, опирающейся на кружала и стены или на пониженные по отношению к ним подпружные арки.

В купольном покрытии можно прибегнуть и к бетонным конструкциям. При бетонировании тонкостенных куполов применяется торкретирование. Сущность его заключается в том, что мелкозернистая бетонная смесь подается снизу к месту укладки (два слоя металлической сетки по сварной металлоконструкции свода) под давлением сжатого воздуха.

Купола и главы на барабанах можно выполнить на основе металлического каркаса, чтобы уменьшить таким образом вес и сделать более удобным монтаж. Необходимые элементы изготавливаются на специализированных предприятиях металлоконструкций, затем их собирают и обшивают на земле прямо на стройплощадке, потом устанавливают на место с помощью крана.

При устройстве куполов и глав применяются также деревянные конструкции. Все изделия из дерева должны быть защищены от гниения, пожара и насекомых.

В качестве листовых материалов кровельного покрытия куполов и глав используются различные виды металлов и их сплавов. В современном храмоздательстве всё большую популярность приобретает сталь с покрытием из нитрида титана, имитирующего цвет золота, однако наиболее целесообразно применение меди. В дальнейшем медные листы могут быть покрыты позолотой [6].

Можно применять эти же технологии и при восстановлении храмов и церквей Южного Урала. Дальнейшим направлением исследований является расчет несущей способности конструкции сводов, наиболее часто встречающихся в нашем регионе, чтобы определить, какие строительные решения являются успешными, а какие – нет, а также сделать вывод о целесообразности изменения некоторых конструкций при реставрации храмов. Эти исследования и их практические применения, заключающиеся в восстановлении культовых сооружений, очень важны, ведь храм на Русской земле издавна и по сей день является сосредоточением церковной жизни и православной культуры.

Библиографический список

1. Пономаренко, Е.В. Архитектура сельских храмов северо-восточной территории Южного Урала / Е.В.Пономаренко // Приволжский научный вестник. – 2013. – № 3 (19). – С. 15–19.

2. Православные храмы Челябинской области / под ред. В.Д. Оленькова. – Челябинск: АвтоГраф, 2008. – 256 с.

3. Кеслер, М.Ю. Православные храмы. В 3 т. Т. 2. Православные храмы и комплексы: Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99). МДС 31-9.2003 / М.Ю. Кеслер; АХЦ «Арххрам». – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 222 с.

4. Бернгард, В.Р. Арки и своды. Руководство к устройству и расчёту арочных и сводчатых перекрытий. Ч.1. Устройство арок и сводов / В.Р. Бернгард. – СПб., 1901. – 179 с.

5. СП 31-103-99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. – М.: Госстрой России, АХЦ «Арххрам», ГУП ЦПП, 2000. – 35 с.

6. Кеслер, М. Материалы для покрытия куполов / М. Кеслер, А. Солнцев // Церковный строитель. – 2014. – № 44.

К содержанию

УДК 711.4 + 711.554(470.55) + 502.3(470.55)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ)

В.Д. Оленьков, Н.Т. Тазеев

В статье исследуется состояние воздушного бассейна Челябинской агломерации и приведены примеры решения проблем загрязнения с точки зрения градостроительного проектирования. Приведены данные об изменении индекса загрязнения атмосферы за период 2003–2015 гг.

Ключевые слова: экологические проблемы, загрязнения, воздушный бассейн, индекс загрязнения атмосферы, градостроительные мероприятия.

Проблема загрязнения атмосферы городской среды городов России возникла с началом активной индустриализации в конце XIX в. Активный рост промышленно-производственного комплекса на протяжении десятилетий негативно сказывался на состоянии воздушного бассейна городской территории. И если изначально в качестве основного загрязнителя выступали пыль (взвешенные вещества) и продукты горения основных видов топлива (уголь, древесина – оксид углерода (II), оксид углерода (IV)), то в процессе бурного развития промышленности возникали загрязнители, имеющие более негативный характер. Как никогда острым вопрос неконтролируемого загрязнения воздушной среды стал во второй половине XX в., когда темпы роста промышленного производства возросли многократно. Активная выработка и потребление электроэнергии, создание и использование в большом количестве транспортных средств расширили ряд вредных факторов, тем самым повысив риск заболеваемости среди населения городов.

Наиболее остро стоят вопросы загрязнения окружающей среды в крупнейших промышленных центрах. Высокая концентрация производства и населения, низкий культурно-технический уровень эксплуатации технических систем, остаточный принцип финансирования природоохранных программ привели в конечном итоге многие города в «зоны чрезвычайной экологической ситуации», в том числе и города Челябинской области. В частности, г. Челябинск, являясь одним из крупнейших производителей металла в России, входит в число городов с наихудшей ситуацией по загрязнению воздуха. По данным Росстата, Челябинск занимает 9-е место среди городов России по уровню загрязнения атмосферного воздуха. В экологическом рейтинге общественной организации «Зеленый патруль» по состоянию на зиму 2016–2017 гг. Челябинская область находится на последнем 85-м месте среди субъектов РФ [1, 2].

Одним из основных критериев, определяющих качество атмосферного воздуха, является индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). ИЗА – комплексный показатель степени загрязнения атмосферы, рассчитываемый в соответствии с методикой как сумма средних концентраций в единицах ПДК с учетом класса опасности соответствующего загрязняющего вещества. На основе информации, предоставленной в комплексных докладах о состоянии окружающей среды Челябинской области за период с 2003 по 2015 гг., составлена таблица, сравнивающая показатели ИЗА в г. Челябинске.

Таблица

Значения ИЗА в период с 2003 по 2015 гг.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ИЗА	12,5	15	17,3	17	12,6	14,5	11,9	11	11,3	15,2	12	16	9

Значения ИЗА классифицируются по четырем категориям качества воздуха: низкий, повышенный, высокий и очень высокий, где высокий уровень загрязнения соответствует значениям от 8 до 13, а очень высокий – выше 13. Таким образом, уровень загрязнения атмосферы в городе Челябинске за рассмотренный период являлся высоким и очень высоким.

Атмосферный выброс организаций г. Челябинска содержит соединения таких опасных веществ, как аммиак, ртуть, тетрахлорметан (углерод четыреххлористый), свинец и его неорганические соединения, бенз(а)пирен. В атмосферу ежегодно выбрасывается значительное количество мазутной золы теплоэлектроцентралей и различных видов пыли. Наивысший уровень загрязнения атмосферного воздуха наблюдается в периоды неблагоприятных метеорологических условий, способствующих скоплению вредных примесей в приземном слое, в районах, подверженных влиянию крупных промышленных предприятий. Ежегодно среднегодовая концентрация в воздухе бенз(а)пирена и формальдегида превышает предельно допустимую в среднем в 3–4 раза на территории г. Челябинска. Также наиболее часто превышают ПДК среднегодовые концентрации диоксида азота (в среднем в 1,5 раза) [3].

Статистика смертности от онкологических заболеваний такова, что наибольший уровень смертности от рака легочной локализации отмечается на юге Урала. В 2015 году смертность от онкологических заболеваний занимала второе место в Челябинске в статистике смертельных заболеваний (8367 человек). Наблюдается рост заболеваемости среди населения как Челябинска, так и окрестных населенных пунктов. В структуре заболеваний на начало XXI века ведущее место занимали болезни органов дыхания:

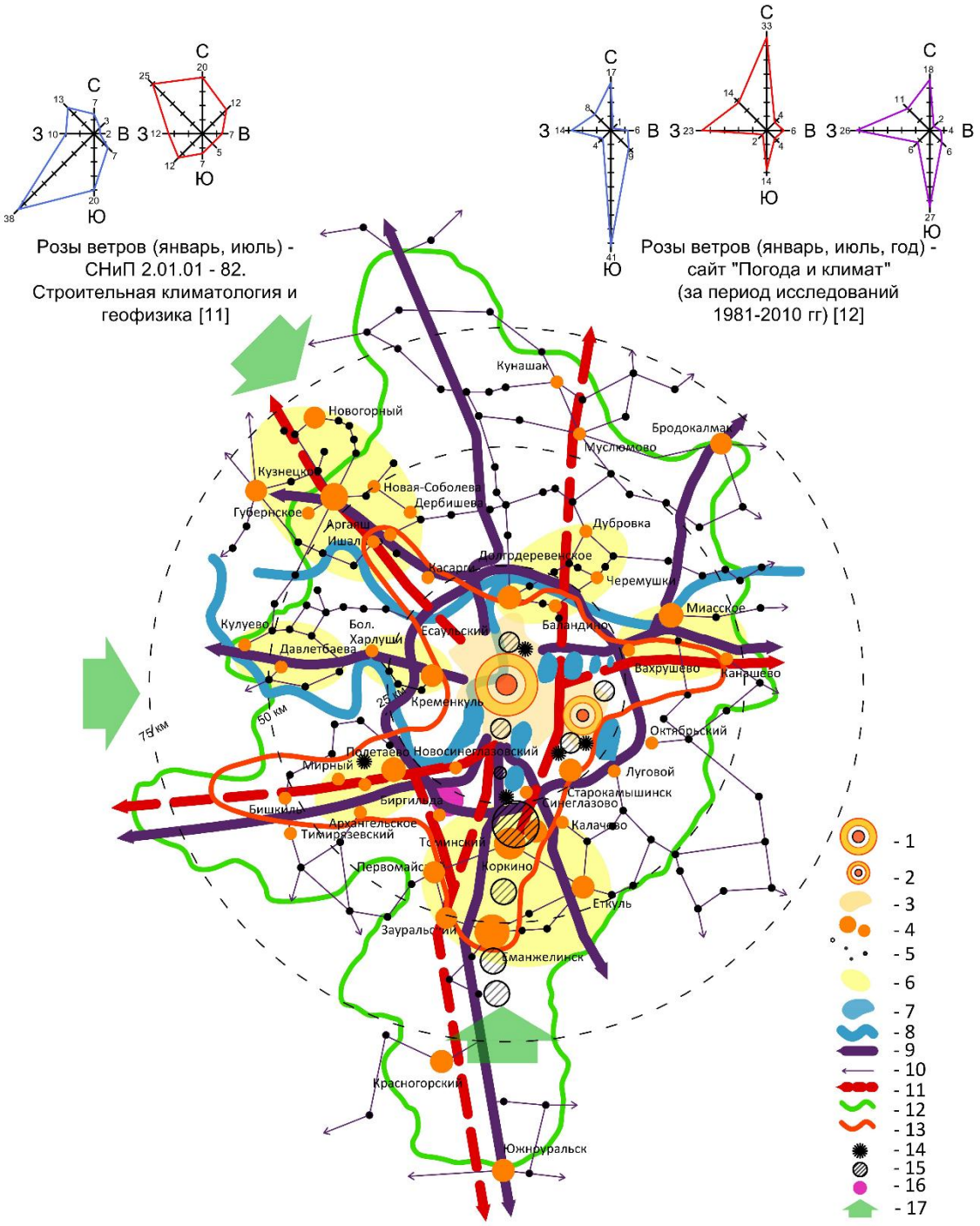
- у детей – 48,5 %;
- у подростков – 33,7 %;
- у взрослых – 19,8 % [4, 5, 6].

Существующая ситуация на территории Челябинской агломерации (рис.) и потенциал ее развития позволяют успешно применять градостроительные способы решения экологической проблемы, но на разработку и проведение качественных и эффективных мероприятий, наиболее подходящих в данных условиях, требуется значительное финансирование и рациональный подход при выборе наиболее проблемных участков и объектов. Речь идет о следующих населенных пунктах и их проблемах:

- Челябинск – комплекс загрязняющих факторов от промышленных предприятий и автотранспорта, в первую очередь – загрязнение воздушного бассейна;
- Копейск, Еманжелинск – близость угольных шахт и соответствующие этому проблемы (угольная пыль и газ, горные отвалы и заболачивание почв);
- Коркино, Роза – пыль, дым из Коркинского разреза;
- Еманжелинка, Аргаяш, Рощино – запах и загрязнение от птицефабрики;
- Долгодеревенское, Миасское – состояние реки Миасс после г. Челябинска принимает критический характер;
- Еткуль, Еткульский район – отсутствует качественная питьевая вода [7].

Жилая застройка г. Челябинска активно развивается в юго-западном, западном и северо-западном направлениях. Этому сопутствует постепенное снижение площади природных территорий и лесных массивов, расположенных к западу от города и являющихся одним из ключевых факторов обеспечения здоровой и благоприятной среды с точки зрения чистоты атмосферного воздуха. К юго-западу от Челябинска, в непосредственной близости с основным источником водоснабжения города, находится место планируемого размещения горно-обогатительного комбината «Томинский», который в перспективе представляет большую угрозу загрязнения воды, воздуха и почвы. Жители города крайне негативно относятся к данной перспективе. Проблематичность ситуации усугубляется тем, что г. Челябинск, и так испытывая острую проблему загрязнения воздуха, также нуждается в привлечении инвестиций.

Обширной мировой практикой решения экологических проблем города является повторное освоение нарушенных и ранее использованных территорий. В этом направлении далеко продвинулась Германия, где реабилитация заброшенных территорий стала неотъемлемой частью процесса городского планирования. Поддержка государством таких инициатив дает ощутимый результат и является одним из основных факторов устойчивого развития городов. Однако государство не полностью финансирует подобные проекты, а лишь создает необходимые условия для привлечения инвестиций и проводит контроль над соблюдением правоохранительных мероприятий и расходованием выделенных средств.



Челябинская агломерация: 1 – основной центр агломерации; 2 – второстепенный центр агломерации; 3 – ядро агломерации; 4 – городские поселения; 5 – сельские населенные пункты; 6 – агломерации второго порядка; 7 – водные ресурсы; 8 – реки; 9 – основные транспортные направления; 10 – второстепенные транспортные направления; 11 – Ж/Д направления; 12 – зона часовой транспортной доступности на автомобиле; 13 – зона часовой транспортной доступности Ж/Д транспортом; 14 – свалки, полигоны ТБО; 15 – нарушенные территории; 16 – место планируемого размещения Томинского ГОКа, 17 – преобладающие направления ветров, обеспечивающих приток чистого воздуха

Ярким примером по выносу промпредприятий за черту города является г. Санкт-Петербург. В конце 1990-х годов там начался процесс перебазирования некоторых предприятий из центральной части города и последующее освоение освободившихся территорий объектами общественно-делового назначения [12].

Подобная практика в градостроительном проектировании весьма распространена и пользуется поддержкой всемирных организаций по борьбе с экологическими проблемами. В связи с этим можно сказать, что развитие экологии городской среды неразрывно связано в первую очередь с поддержкой со стороны государства, обеспечением инвестиционного потенциала градостроительных проектов и привлечением широкой общественности.

Архитектурно-планировочные и правовые мероприятия не в полной мере способны решить эти проблемы, чаще всего необходимо разрабатывать и применять технологические, инженерно-организационные и экономические меры по снижению негативного воздействия предприятий и объектов добывающего производства. Однако взаимосвязь между обеими группами в условиях городской среды очевидна, и градостроительное проектирование способно обеспечить грамотный и целесообразный подход к использованию тех или иных методов. Применительно к территории Челябинской агломерации и г. Челябинска стоит выделить следующие наиболее эффективные мероприятия:

- комплексная, поэтапная санация территории города, вынос наиболее проблемных предприятий за черту города;
- восстановление и рекультивация нарушенных территорий;
- ликвидация или захоронение проблемных свалок и рациональный подход к их обслуживанию и использованию;
- снижение загрязняющей нагрузки на водные ресурсы города;
- учет ветрового режима территории при размещении промышленных предприятий [10, 13, 14].

В настоящее время разрабатывается план мероприятий и ведутся исследования по улучшению экологического состояния Челябинской агломерации. Изучаются местные проблемы, оценка влияния предприятий на окружающую среду, ведется поиск и разработка наиболее подходящих решений и мероприятий. В частности, по мнению властей, ввод в эксплуатацию Челябинского метрополитена сможет существенно снизить нагрузку на воздушный бассейн города от передвижных источников и улучшить его качество. Совместно с устройством перехватывающих парковок, которые весьма распространены в мегаполисах с развитой системой метрополитена, это поможет избавить центр города от транспортной перегруженности. Кроме того, были озвучены планы по стимулированию перехода на электротранспорт и по ограничению въезда в город большегрузной техники и распределения допустимой нагрузки на атмосферный воздух между пред-

приятиями путем квотирования. Но подобные мероприятия требуют значительных капиталовложений и привлечения инвестиций, поэтому действенны только в долгосрочной перспективе [9].

Библиографический список

1. Челябинск // Википедия. [2017–2017]. Дата обновления: 06.04.2017. – URL: http://ru.wikipedia.org/?oldid=84699341.

2. Экологический рейтинг субъектов РФ // Зеленый патруль. – URL: http://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskiy-reyting-subektov-rf?tid=295.

3. Комплексные доклады о состоянии окружающей среды Челябинской области // Министерство экологии Челябинской области. – URL: http://www.mineco174.ru/htmlpages/Show/protectingthepublic.

4. Статистика рака в России // Российский онкологический портал. – URL: http://www.oncoforum.ru/o-rake/statistika-raka/statistika-raka-v-rossii.html.

5. Население // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Челябинской области. – URL: http://chelstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/chelstat/ru/statistics/population/.

6. «Остановить строительство Томинского ГОКа» // Стоп ГОК. – URL: http://stop-gok.ru/.

7. Челябинская агломерация: потенциал развития / В. Глазычев, И. Стародубовская и др. – Челябинск, 2008. – 278 с.

8. Устинова, В.В. Оценка городских территорий в рамках концепции выноса промышленных предприятий за пределы центральной части города / В.В. Устинова, Ю.В. Блашенкова, Д.А. Груздева, А.В. Селищев // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2004. – № 3.

9. Акимов, В. «Борис Дубровский: метро в Челябинске может улучшить качество воздуха» / В. Акимов // РИА НОВОСТИ. Дата обновления: 17.03.2017. – URL: https://ria.ru/ecology_news/20170315/1490054107.html.

10. Оленьков, В.Д. Нарушенные территории в градостроительстве: восстановление, использование, аэрационный режим: монография / В.Д. Оленьков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 192 с.

11. Строительные нормы и правила. СНиП 2.01.01 – 82. Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат, 1983.

12. Климат Челябинска // Сайт «Погода и климат». – URL: http://www.pogodaiklimat.ru/climate/28645.htm.

13. Оленьков, В.Д. Оценка аэрационного режима города при решении проблем градостроительной безопасности / В.Д. Оленьков, А.А. Пронина // Градостроительство. – 2007. – № 6.

14. Оленьков, В.Д. Исследование ветрового режима с целью аэрации и ветрозащиты городских территорий / В.Д. Оленьков, Д.С. Колбин, // Вестник Пермского Национального исследовательского политехнического университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2011. – № 1. – С. 36–39.

К содержанию

УДК 624.042.3:534.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ ДИССИПАТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С НЕЛИНЕЙНОЙ ВОССТАНАВЛИВАЮЩЕЙ СИЛОЙ

А.Н. Потапов

В рамках теории временного анализа дискретных диссипативных систем рассмотрены колебания с нелинейной восстанавливающей силой. Физические соотношения между восстанавливающей силой и относительным перемещением дискретной системы представлены кусочно-линейной зависимостью. Приведены математические модели колебаний конструктивно-нелинейных систем (с выключающимися и односторонними связями) и упругопластических систем. Показано, что дифференциальные уравнения движения расчётных моделей имеют также кусочно-линейный вид. На квазилинейных интервалах времени приведены уравнения реакции диссипативной системы от совместного действия динамической и статической нагрузок.

Ключевые слова: конструкция, связь, реакция, колебания, разрушение, перемещение, жесткость, матрица, вектор.

Построение аналитических решений в динамике диссипативных конструкций, моделируемых дискретной расчетной схемой, представляет весьма трудоемкую задачу [1]. Несмотря на то, что теория исследования систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) хорошо разработана, в области расчёта диссипативных конструкций существуют значительные проблемы, возникающие при интегрировании ОДУ. Прежде всего это две взаимосвязанные между собой проблемы – проблема построения фундаментальных решений и проблема построения аналитических решений неоднородной системы ОДУ для заданных функций правой части.

Известно, что если ставить задачу непосредственного интегрирования дифференциальных уравнений движения дискретной диссипативной системы (ДДС), то в случае учёта внутреннего трения на основе линейной модели вязкого сопротивления этот путь всегда приводит к необходимости анализа обобщенной алгебраической проблемы квадратичного вида или характеристического матричного квадратного уравнения (МКУ) [2, 3].

Обзор работ в этом направлении свидетельствует об отсутствии эффективных подходов к анализу МКУ, что является главной причиной отмеченных выше проблем и серьёзным тормозом в развитии методов временного анализа. Поэтому данный метод крайне редко используется при общих предпосылках динамической задачи. В рамках традиционного временного анализа теория уже *в упругой постановке* не располагает методами, обеспечивающими эффективное построение реакции ДДС через фундамен-

тальные матрицы. В связи с этим преимущественное развитие в динамике ДДС получили численные и численно-аналитические методы [4–6].

В статье приведены основные результаты, полученные в последнее время по анализу колебаний ДДС с нелинейной динамической восстанавливающей силой (ДВС). Эти результаты основаны на новом подходе к интегрированию уравнений движения ДДС, включающем анализ МКУ [7].

1. Уравнения движения ДДС и собственных форм колебаний. Вынужденные колебания ДДС формулируются в виде следующей динамической задачи – уравнения движения (1) и начальных условий (2):

$$M\ddot{Y}(t) + C\dot{Y}(t) + R(t) = f(t), \quad (1)$$

$$Y(t_0) = Y_0,\ \dot{Y}(t_0) = \dot{Y}_0, \quad (2)$$

где $M = \mathrm{diag}\,(m_1, \ldots, m_n)$, $C = C^{\mathrm{T}}$ – матрицы масс и демпфирования; $Y(t)$, $R(t)$, $f(t) = Q + P(t)$ – векторы перемещений, восстанавливающих сил и внешней статической Q и динамической $P(t)$ нагрузок.

При колебаниях упругой ДДС, характеризуемой матрицей жесткости K, векторы $R(t)$ и $Y(t)$ связаны соотношением:

$$R(t) = KY(t). \quad (3)$$

Функция $\Phi(t) = e^{St}$ является фундаментальной матрицей однородного ОДУ, соответствующего уравнению (1), если матрица $S \in M_n(\mathbf{C})$ удовлетворяет характеристическому МКУ:

$$MS^2 + CS + K = 0. \quad (4)$$

Это уравнение описывает движение собственных форм колебаний. В аналитической форме записи решение МКУ имеет вид:

$$S_{1,2} = M^{-1}(-C + V \pm U) / 2,$$

где V, $U = MS + S^{\mathrm{T}}M + C$ – кососимметрическая и симметрическая матрицы. При малой диссипации упругой ДДС, характерной для реальных условий колебаний строительных конструкций, справедливы свойства V, $iU \in M_n(\mathbf{R})$, что приводит к свойствам матричных корней: $S_1 = S$, $S_2 = \overline{S}$.

2. Интеграл Дюамеля упругой ДДС. Система уравнений упругой реакции для определения перемещений, скоростей и ускорений узлов ДДС от действия статической и произвольной динамической нагрузки имеет вид:

$$\left.\begin{aligned} Y(t) = 2\mathrm{Re}\{\, X(t)\,\} + Y_{st},\ \ \dot{Y}(t) = 2\mathrm{Re}\{\, S\cdot X(t)\,\}, \\ \ddot{Y}(t) = 2\mathrm{Re}\,\{\, S^2 X(t)\,\} + M^{-1}P(t), \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

где $Y_{st} = K^{-1}Q$ – вектор узловых статических перемещений;

$$\left.\begin{aligned} X(t) = X_0(t-t_0) + X_P(t-t_0); \\ X_0(t-t_0) = \Phi(t-t_0)U^{-1}M[-\overline{S}\,(Y_0 - Y_{st}) + \dot{Y}_0\,]; \\ X_P(t-t_0) = U^{-1}\int_{t_0}^{t} \Phi\,(t-\tau)^{\mathrm{T}}\,P(\tau)\,\mathrm{d}\tau. \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Система разрешающих уравнений (5), (6) *в замкнутом виде* представляет наиболее общую форму записи реакции ДДС ($Y(t)$ – нетривиальная матричная форма интеграла Дюамеля). Первое слагаемое в выражении вектора $X(t)$ – это реакция при свободных колебаниях от действия начальных условий и статических сил, второе – реакция при вынужденных колебаниях от действия нагрузки, определяемой вектором $P(t)$.

3. Интеграл Дюамеля конструктивно нелинейной ДДС. К конструктивно нелинейным ДДС относятся системы с внезапно выключающимися и односторонними связями. Диаграммы деформирования «Восстанавливающая сила – относительное перемещение» таких систем показаны на рис. 1.

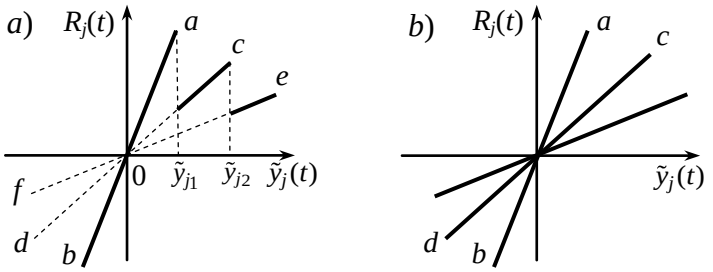


Рис. 1. Диаграмма деформирования j-го узла с выключающимися (*а*) и односторонними (*б*) связями

В ДДС с выключающимися связями в j-м узле показаны уровни жёсткости (тангенсы углов наклона прямых *ab*, *nc*, *me*, … к горизонтальной оси) в моменты выключения связей при t_1, t_2, … (рис. 1а). Так как линии действия данных прямых проходят через начало координат, то в каждом состоянии системы может быть использована схема упругого расчета.

Уравнения движения ДДС с конструктивно нелинейными элементами на отдельных интервалах соответствуют квазиупругой системе. При выключении связи (при t_1) необходимо выполнить смену начальных условий и замену «старых» параметров расчетной динамической модели (РДМ) – матриц M, C, K, формируемых при t_0 (соответствующих прямой *ab*), на «новые» – M_1, C_1, K_1, формируемые при t_1 в соответствии с прямой *cd*.

Для ДДС с односторонними связями (рис. 1б) диаграмма деформирования j-го узла аналогична предыдущей, но с одним отличием. В первом случае (рис. 1а) ДДС при колебаниях может переходить только с повышенного уровня жёсткости на пониженный. Во втором (рис. 1б), ввиду циклической работы односторонних связей, переход на уровни возможен в любом порядке, в зависимости от состояния модели, которое диктуется включением-выключением связей. Так как на интервале времени $t \in [t_i, t_{i+1}]$ закон деформирования модели – линейный, то уравнение движения ДДС соответствует квазиупругой системе.

Уравнение движения РДМ (1а) и начальные условия (2а) конструктивно нелинейной задачи принимают вид ($t \in [t_i, t_{i+1}]$):

$$\left.\begin{aligned} M_i\ddot{Y}(t) + C_i\dot{Y}(t) + K_iY(t) = f(t), \\ Y(t_i) = Y_0\,,\ \ \dot{Y}(t_i) = \dot{Y}_0\,. \end{aligned}\right\} \qquad \begin{aligned} &(1а) \\ &(2а) \end{aligned}$$

Построение M_i, C_i, K_i ведётся при t_i в момент разрушения связи (в системе с внезапно выключающимися связями) или при их включении-выключении (в системе с односторонними связями).

Из решения МКУ (4) вычисляются матричные корни S_i, $\overline{S_i}$ и матрица U_i. Условия (2а) формируются из уравнений реакции системы в конце предыдущего интервала времени $t \in [t_{i-1}, t_i]$.

Система уравнений реакции ДДС при действии статической и динамической нагрузки имеет вид ($t \in [t_i, t_{i+1}]$):

$$\left.\begin{aligned} Y(t) = 2\mathrm{Re}\{ X(t) \} + Y_{st}(t_i),\ \dot{Y}(t) = 2\mathrm{Re}\{ S_i X(t) \}, \\ \ddot{Y}(t) = 2\mathrm{Re}\{ S_i^2 X(t) \} + M_i^{-1} P(t); \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

$$\left.\begin{aligned} X(t) = X_0(t-t_i) + X_P(t-t_i), \\ X_0(t-t_i) = \Phi(t-t_i) U_i^{-1} M_i [-\overline{S_i} (Y_0 - Y_{st}(t_i)) + \dot{Y}_0], \\ X_P(t-t_i) = U_i^{-1} \int_{t_i}^{t} \Phi_i (t-\tau)^{\mathrm{T}} P(\tau)\, \mathrm{d}\tau, \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

где $\Phi(t-t_i) = e^{Si(t-ti)}$, $Y_{st}(t_i)$ – вектор статических перемещений расчётной модели с матрицей жесткости K_i: $Y_{st}(t_i) = K_i^{-1} Q$.

4. Моделирование физически-нелинейных колебаний. Произвольный п/цикл диаграммы деформирования j-го узла упругопластической ДДС (рис. 2) имеет билинейный вид OAB с линией разгрузки $BC \parallel OA$. Ввиду кусочно-линейной аппроксимации функции ДВС весь процесс нелинейной реакции во времени разбивается на последовательные (квазилинейные) интервалы $t \in [t_i, t_{i+1}]$ ($i = 0, 1, \ldots$), внутри которых параметры модели (элементы матриц M_i, C_i, K_i) постоянны. Это обусловлено тем, что в координатах «$R_j(t) - \tilde{y}_j(t)$» на каждом участке диаграммы (нагружение – OA, упрочнение – AB, разгрузка – BC) ДВС содержит квазилинейную и квазистатические (постоянные) составляющие, что приводит к соотношениям, имеющим достаточно простую математическую форму.

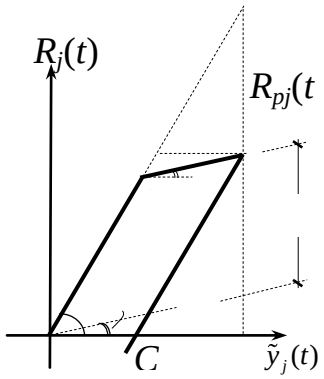


Рис. 2. Диаграмма деформирования j-го узла упругопластической ДДС

В общем случае при упругопластических колебаниях вектор ДВС на интервале ($t \in [t_i, t_{i+1}]$) имеет вид [7]:

$$R(t) = R_e(t) + R_u(t_i) - R_p(t_i), \qquad (9)$$

где $R_e(t)$, $R_u(t_i)$, $R_p(t_i)$ – квазилинейная, предельная и остаточная составляющие вектора $R(t)$. Вектор $R_e(t)$ имеет вид:

$$R_e(t) = K_i Y(t),$$

где матрица жесткости K_i формируется к моменту времени t_i.

Векторы предельных и остаточных ДВС на квазилинейном интервале $t \in [t_i, t_{i+1}]$ являются постоянными величинами, определяемыми в процессе временного анализа. Подставляя выражение (9) в левую часть уравнения (1) и перенося в правую часть нелинейные составляющие этого вектора, получим уравнение движения квазилинейной системы, аналогичное уравнению (1а) ($t \in [t_i, t_{i+1}]$):

$$M_i \ddot{Y}(t) + C_i \dot{Y}(t) + K_i Y(t) = f(t) - R_u(t_i) + R_p(t_i). \qquad (1б)$$

Сформированное таким образом уравнение движения выражает условие динамического равновесия, согласно которому внутренние усилия в узлах расчётной модели равны узловым обобщенным динамическим воздействиям на квазилинейном интервале времени. Обобщенные воздействия состоят из суммы векторов внешней нагрузки $f(t) = Q + P(t)$ и векторов квазистатической нагрузки, моделирующей физически нелинейные эффекты: $- R_u(t_i) + R_p(t_i)$. Непрерывность процесса колебаний квазилинейной расчетной модели обеспечивается постановкой начальных условий типа (2а), назначаемых из выражений реакции в конце предыдущего интервала времени $t \in [t_{i-1}, t_i]$.

Разрешающая система уравнений реакции сходна с уравнениями (7), (8), где в выражениях векторов $Y(t)$, $X_0(t–t_i)$ помимо влияния статической нагрузки Q необходимо учесть влияние квазистатических добавок $R_u(t_i)$, $R_p(t_i)$ на интервале $t \in [t_i, t_{i+1}]$ [7]:

$$\left.\begin{aligned} Y(t) &= 2\mathrm{Re}\{X(t)\} + Y_{st}(t_i) + Y_R(t_i), \\ X_0(t–t_i) &= \Phi(t–t_i) U_i^{-1} M_i \left[-\overline{S_i}\,(Y_0 - Y_{st}(t_i) - Y_R(t_i)) + \dot{Y}_0\right], \\ Y_{st}(t_i) &= K_i^{-1} Q, \;\; Y_R(t_i) = K_i^{-1}[- R_u(t_i) + R_p(t_i)]. \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Здесь $Y_R(t_i)$ – вектор квазистатических перемещений, вызванных текучестью и разгрузкой в упругопластических пружинах при t_i от действия нелинейных составляющих $R_u(t_i)$ и $R_p(t_i)$, которые вместе с начальными условиями и статическими силами Q отвечают за свободные колебания расчётной модели.

С помощью систем уравнений (5)–(8), (10) вычисляются кинематические параметры реакции: перемещения, скорости и ускорения узлов ДДС как с линейной (3), так и нелинейной (9) восстанавливающей силой. Данные характеристики используются для определения силовых параметров реакции системы. Помимо ДВС это векторы диссипативных и инерционных сил:

$$F(t) = C\dot{Y}(t), \quad I(t) = -M\ddot{Y}(t). \qquad (11)$$

Кинематические и силовые характеристики динамической реакции (5)–(11) позволяют в аналитическом виде определять напряжённо деформированное состояние в любом сечении расчётной модели диссипативной конструкции в процессе её движения на заданном интервале временной области.

Выводы. В рамках теории временного анализа ДДС с произвольным типом демпфирования дано обоснование математических моделей колебаний с нелинейной восстанавливающей силой. Предложенные математические модели позволяют в рамках единого подхода построить разрешающие уравнения динамической задачи при конструктивно-нелинейных и упругопластических колебаниях. В конструктивно-нелинейной задаче уравнения движения и уравнения динамической реакции ДДС получены для системы с внезапно выключающимися (разрушающимися) связями и системы с односторонними связями. В задаче упругопластических колебаний показано, что нелинейные составляющие восстанавливающих сил входят в выражения всех параметров реакции и оказывают влияние только на реакцию при свободных колебаниях системы.

Библиографический список

1. Цейтлин, А.И. Прикладные методы решения краевых задач строительной механики / А.И. Цейтлин. – М.: Стройиздат, 1984. – 336 с.

2. Резников, Л.М. Эквивалентная модель многомассовой системы с вязким и частотно-независимым трением / Л.М. Резников // Строительная механика и расчет сооружений. – 1979. – № 4. – С. 44–48.

3. Ананьин, А.И. К составлению и решению уравнений движения неконсервативных систем / А.И. Ананьин // Известия вузов. – 1999. – № 5. – С. 21–27.

4. Бате, К. Численные методы анализа и метод конечных элементов / К. Бате, Е.Ю. Вилсон. – М.: Стройиздат, 1982. – 447 с.

5. Клаф, Р. Динамика сооружений / Р. Клаф, Д.Ж. Пензиен. – М.: Стройиздат, 1979. – 320 с.

6. Чернов, Ю.Т. Вибрации строительных конструкций / Ю.Т. Чернов. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 384 с.

7. Потапов, А.Н. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарных воздействиях / А.Н. Потапов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 167 с.

К содержанию

УДК 514.18 + 004.92

К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОПИЙ ЧЕРТЕЖЕЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ В ПАКЕТЕ AUTOCAD

А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова

В современном мире электронное представление различной документации становится все более распространенным, но к чертежам это практически не относится. Чертежи распечатываются на бумаге. Предлагается технология вывода чертежей из пакета AutoCAD на принтер через формат *.pdf. Предлагаемая технология может быть использована студентами при оформлении отчёта о выполнении заданий по компьютерной графике.

Ключевые слова: AutoCAD, чертёж, принтер.

На кафедре инженерной и компьютерной графики ЮУрГУ студенты выполняют несколько заданий по курсу «Инженерная графика». Завершающей стадией выполнения любого задания является предоставление чертежей преподавателю как в электронном виде, так и на бумажном носителе. Традиционная технология вывода чертежей на печать [1, с. 58] средствами пакета AutoCAD не обеспечивает получения чертежей в масштабе 1:1, так как область печати принтера всегда меньше, чем размер листа бумаги. Предлагается все чертежи печатать из пространства листа (Layout), что не всегда является оправданным. Например, при выполнении задания «Плоский контур» процесс черчения осуществляется в пространстве Модель (Model) и не требуется перехода в пространство листа. Печать из пространства Модель проста и часто используется. Обычно размеры чертежа соответствуют размеру бумаги, на которой он печатается [2, с. 513].

Чертеж необходимо к печати подготовить. При этом желательно внимательно просмотреть чертеж и убрать с него все лишние элементы. Рекомендуется включить режим ВЕС (LWT) и просмотреть чертеж в тех толщинах линий, в которых он будет распечатан. Линии видимого контура должны иметь толщину 0,7 мм, осевые, размерные – 0,3 мм. Наружную рамку чертежа следует перевести на слой «defpoint», который не выводится на печать.

Настройка и вывод на печать выполняются командой ПЕЧАТЬ (PLOT). Ее можно вызвать, щелкнув по кнопке на панели быстрого доступа или на панели инструментов Стандартная. В результате появится диалоговое окно Печать (Plot), в котором задаются настройки печати. На рис. 1 приведены настройки печати для чертежей формата А4 (210×297 мм) в файл формата *.pdf.

В правом нижнем углу окна Печать укажите стрелку – раскроется правая часть окна с дополнительными опциями. Выберите стиль печати monochrome, чтобы получить чёрно-белый вариант распечатки чертежа.

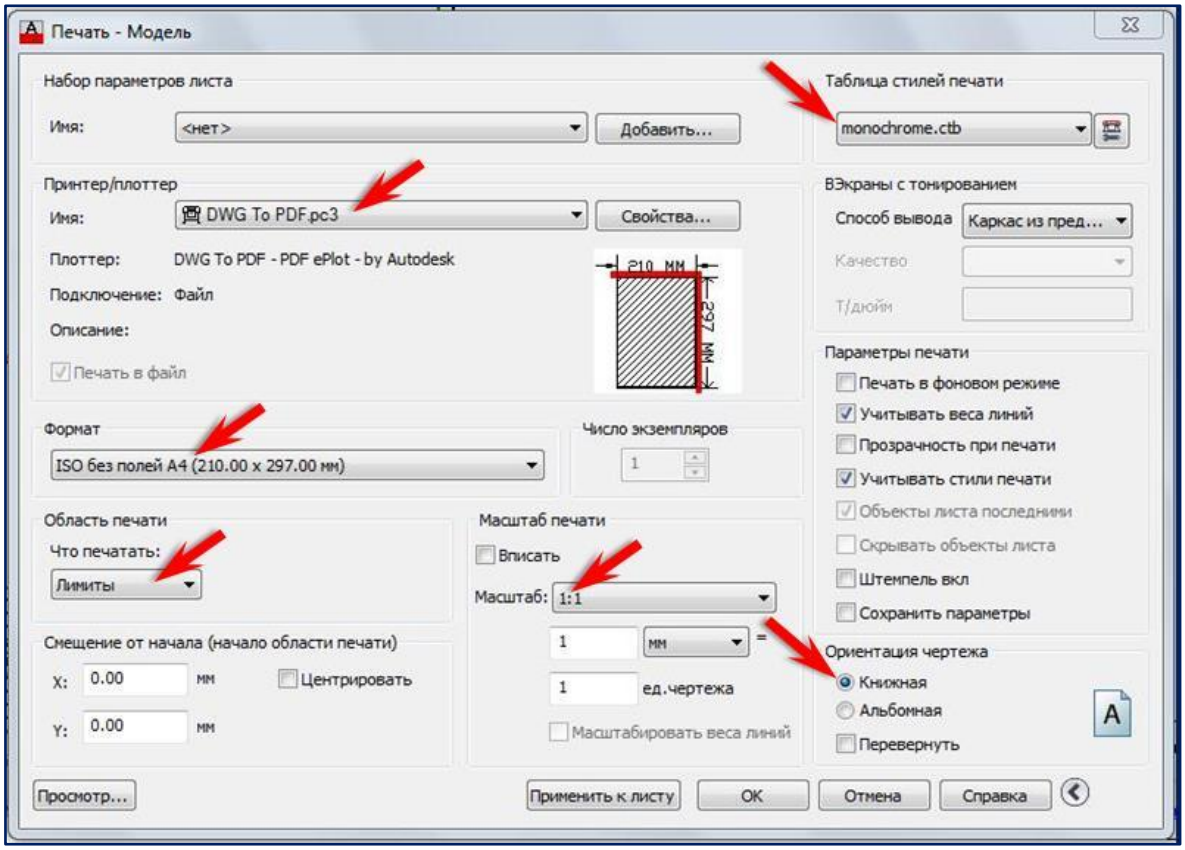


Рис. 1. Диалоговое окно Печать (Plot) с настройками для формата А4

В поле Ориентация чертежа, расположенном в правой нижней части окна, установите Книжная.

В поле Принтер / Плоттер задайте принтер, на котором будет выполняться печать – DWG To PDF.pc3. Принтер можно найти в окне раскрывающегося списка поля Имя.

В поле Формат выберите из списка формат ISO без полей А4 (210×297 мм).

В поле Масштаб задайте масштаб печати 1:1.

В раскрывающемся списке Что печатать можно выбрать, что следует печатать. При этом предполагаются следующие варианты:

– лимиты – на печать будут выведены все объекты, находящиеся в пределах заданных лимитов;

– границы – на печать будут выведены все объекты чертежа. При этом границы чертежа определяются краями объектов. Например, если на большом чертеже начерчен небольшой объект, то на печать будет выведен именно он, а все пустое пространство чертежа будет отброшено. Причем этот объект будет распечатан во весь размер листа бумаги. При добавлении новых объектов границы печати чертежа расширяются, а масштаб печати уменьшается.

В поле Смещение от начала задайте отступ чертежа по оси X и Y равным 0 мм.

Проконтролируйте, чтобы был установлен флажок мм, тогда все параметры, задаваемые на этой вкладке, будут указываться в миллиметрах.

Укажите кнопку Предварительный просмотр в левом нижнем углу диалогового окна.

Если просмотр выявил недостатки чертежа, устраните их и повторите Предварительный просмотр. Следует учесть, что при предварительном просмотре чертёж (рис. 2а) выглядит несколько иначе, чем в напечатанном варианте (рис. 2б).

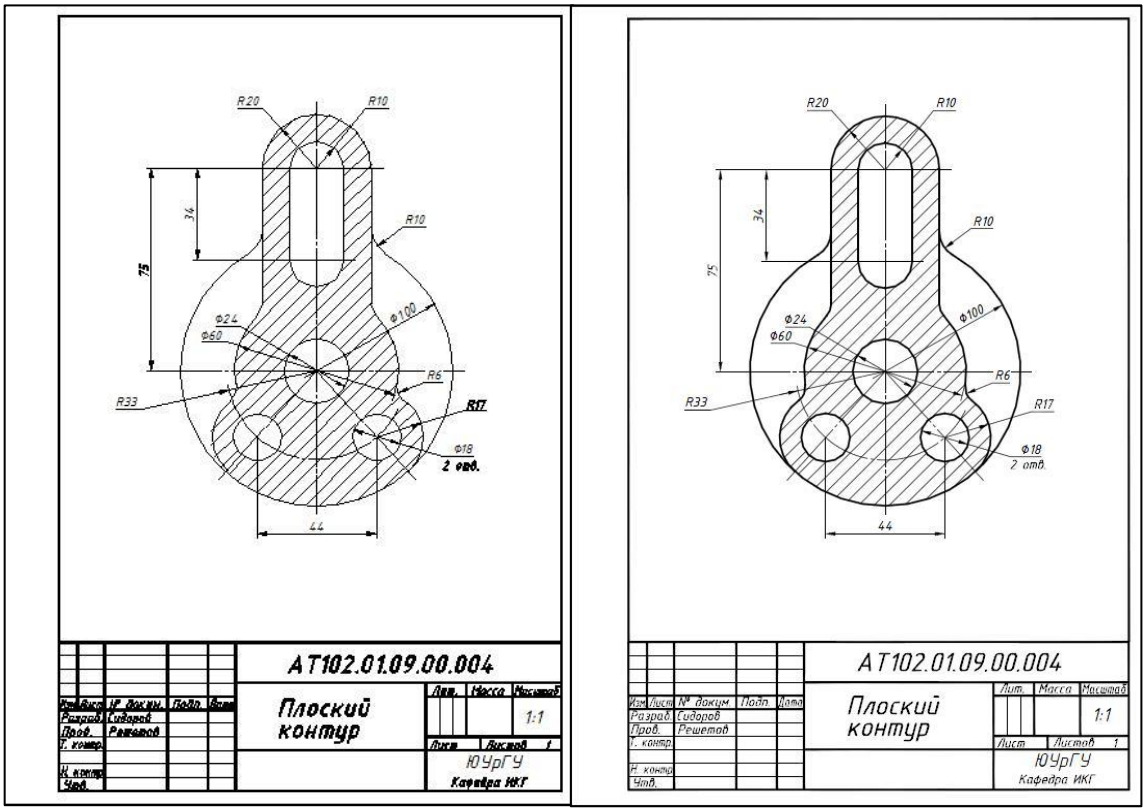


Рис. 2. Чертёж: а – предварительный просмотр,
б – файл в формате *.pdf

Из контекстного меню выберите Печать – чертеж отправлен на печать. Откроется диалоговое окно, в котором следует задать директорию и имя файла (рис. 3).

Далее следует перенести файлы в формате *.pdf на компьютер, к которому подключен принтер, и распечатать. Пакет AutoCAD на этом компьютере не нужен.

При выполнении задания № 2 в пространстве модели создаётся пространственная модель детали. Затем в пространстве листа на формате А3 формируется чертеж, содержащий четыре изображения. Изображения формируются командами плоский снимок (ПЛОСКСНИМОК) и секущая плоскость (СЕКПЛОСКОСТЬ). При соответствующих настройках изображения, полученные командой СЕКПЛОСКОСТЬ, будут иметь нужные

толщины линий. Изображения, полученные командой ПЛОСКСНИМОК, будут иметь нулевую толщину линий. Для получения приемлемого результата необходимо редактирование этих изображений (перенесение линий на соответствующий слой).

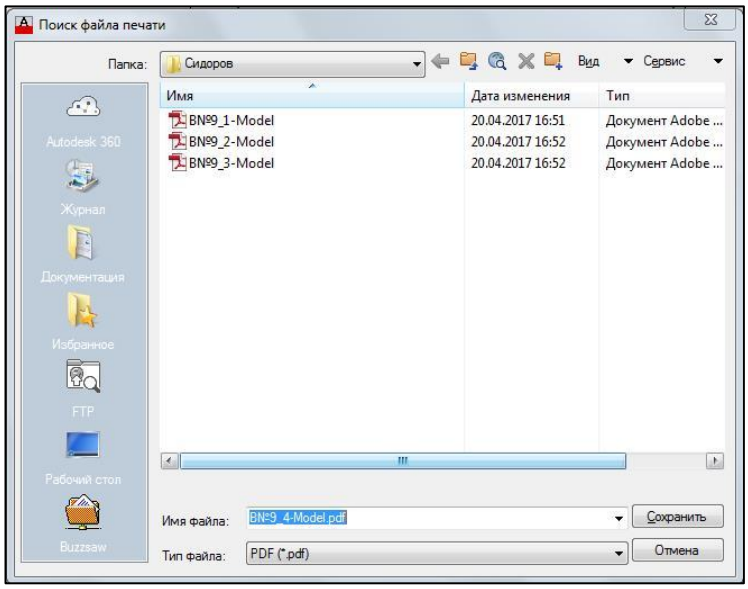


Рис. 3. Диалоговое окно сохранения файла в формате *.pdf

Чтобы вывести на печать готовый чертёж формата А3 из пространства листа, вызовем команду ПЕЧАТЬ.

На рис. 4 приведены настройки печати для чертежей формата А3 (420×297 мм) в файл формата *.pdf.

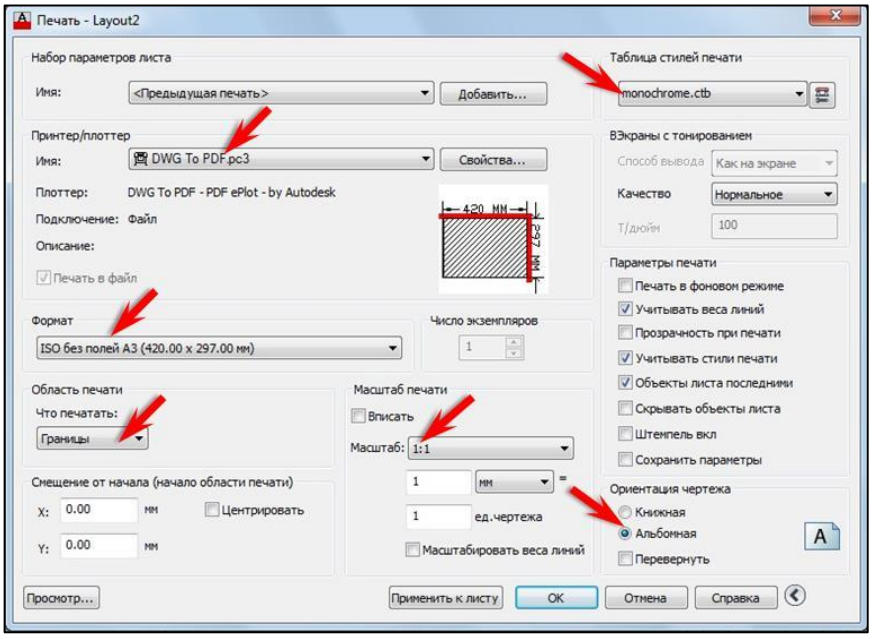


Рис. 4. Диалоговое окно Печать с настройками для формата А3

В поле Формат выберите из списка формат ISO без полей А3 (420×297 мм).

В поле Ориентация чертежа, расположенном в правой нижней части окна, установите Альбомная.

Остальные настройки аналогичны описанным выше.

Предлагаемая авторами технология получения бумажных копий чертежей облегчит студентам выполнение заданий и поспособствует улучшению их качества.

Библиографический список

1. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2015. – 602 с.

2. Жарков, Н.В. AutoCAD 2013: официальная русская версия. Эффективный самоучитель / В.Н. Жарков. – СПб.: Наука и Техника, 2013. – 624 с.

К содержанию

УДК 539.3

РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ С ПОМОЩЬЮ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ПОЛИНОМОВ

В.Ф. Сбитнев

Решается плоская задача теории упругости при помощи алгебраических полиномов; рассматривается прямоугольная полоса, нагруженная по верхней кромке распределённой треугольной (гидростатической) нагрузкой.

Ключевые слова: полином, напряжения, уравнения равновесия и совместности деформаций, функция напряжений, деформация, нагрузка, производная.

В дисциплине «Основы теории упругости и пластичности» изучается раздел «Решение плоской задачи с помощью полиномов» [1, 2, 3]. В учебной и технической литературе приведено немало оригинальных примеров.

При этом решается в основном «обратная задача». В целях более глубокого освоения уравнений механики твёрдого деформируемого тела в настоящей работе рассматривается ещё одна, встречающаяся на практике, задача, но решим её «прямую задачу». Преподаватели, ведущие дисциплину «Основы теории упругости и пластичности», могут предложить студентам данную задачу в качестве иллюстрации метода.

Решается такая задача. Консоль прямоугольного сечения, имеющая толщину, равную единице, высоту h и длину ***l***, нагружена на верхней части контура распределённой горизонтальной (касательной) треугольной нагрузкой с наибольшей интенсивностью 2q (рис. 1а). Требуется исследовать напряжённое состояние этой пластины, т.е. получить формулы в виде функций для вычисления нормальных и касательных напряжений в любой точке сечения полосы.

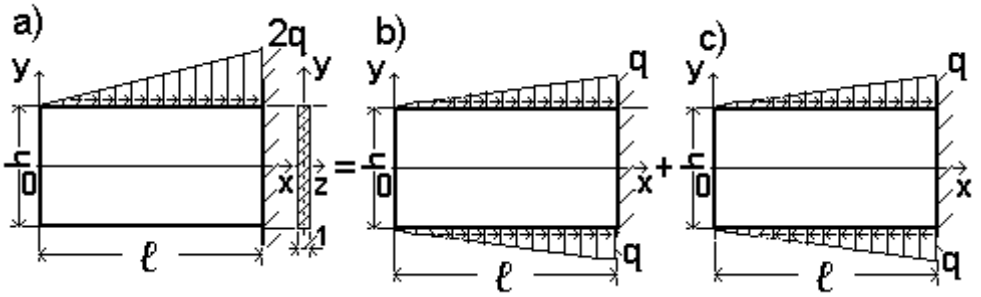


Рис. 1. Постановка плоской задачи теории упругости

С позиции сопротивления материалов поставленная задача – это внецентренное сжатие предполагаемое, что в поперечном сечении возникают только нормальные напряжения, определяемые по указанному ниже выражению.

Рассматривая пластину как брус при внецентренном сжатии распределённой нагрузкой, получим для произвольного сечения, отстоящем на расстоянии x от начала координат (рис. 2), такие внутренние усилия:

$M_z = 0{,}5 \cdot 2qx/\boldsymbol{l} \cdot x \cdot h/2 = qx^2h/2\boldsymbol{l}$, $N = -2qx/\boldsymbol{l}$ x. Поскольку $A = bh$ и $J_z = bh^3/12$, то при $b = 1$ получим:

$$\sigma_x = -N/A - M_z y/J_z = -2qx^2/h\boldsymbol{l} - 6qx^2y/h^2\boldsymbol{l} = -2qx^2/h\boldsymbol{l}(1 + 3y/h). \quad (1.1)$$

Согласно гипотезе о ненадавливании продольных волокон друг на друга в поперечном направлении имеем $\sigma_y = 0$, а из-за отсутствия Q_y $\tau_{xy} = 0$.

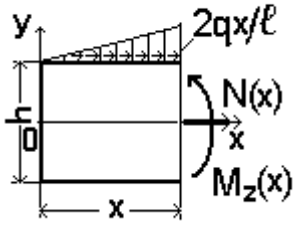


Рис. 2. Усилия в отсеченной части полосы

Однако предлагаемое решение не выдерживает никакой критики, так как оно не удовлетворяет уравнениям теории упругости. В самом деле.

Для плоской задачи теории упругости разрешающие уравнения в данном случае (при X = У = 0) имеют вид:

$$\begin{aligned} \partial\sigma_x/\partial x + \partial\tau_{xy}/\partial y &= 0; \\ \partial\tau_{yx}/\partial x + \partial\sigma_y/\partial y &= 0; \\ (\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)(\sigma_x + \sigma_y) &= 0. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Подставив первую производную $\partial\sigma_x/\partial x = -4qx/h\boldsymbol{l}(1 + 3y/h)$ в первое уравнение равновесия при $\tau_{xy} = 0$, приходим к выводу, что оно не удовлетворяется; второе уравнение равновесия тождественно равно нулю.

Вторые производные $\partial^2\sigma_x/\partial x^2 = -12qx/h^2\boldsymbol{l}$ и $\partial^2\sigma_x/\partial y^2 = 0$, подставленные в уравнение совместности деформаций, тоже не дают нуля.

Далее, согласно закону о парности касательных напряжений, в произвольном сечении в точках с координатами ± h/2 тоже должны возникать вертикальные касательные напряжения. В сопротивлении материалов они отсутствуют.

Таким образом, в целом предлагаемое сопротивлением материалов решение даёт в данном случае поле неуравновешенных напряжений.

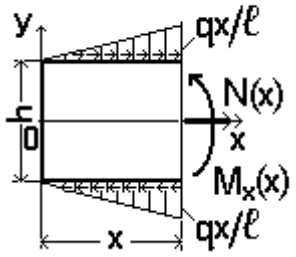


Рис. 3. Отсечённая часть полосы

Продолжим поставленную задачу по определению таких напряжений σ_y и $\tau_{xy} = \tau_{yx}$, которые в сочетании с напряжением σ_x дают равновесное поле напряжений.

Полоса – симметричная конструкция относительно оси x. Поэтому нагрузку можно разложить на две: симметричную и обратно симметричную, как показано на рис. 1, b, c, и решать две независимые задачи.

На симметричную нагрузку задача уже решена [4]. В настоящей работе представлено решение задачи на обратно симметричную нагрузку и общее решение двух поставленной задачи.

Рассечём полосу в произвольном сечении, отстоящем от начала координат на расстоянии x, и рассмотрим равновесие её левой части (рис. 3).

На полосе отсутствует вертикальная нагрузка.

Следовательно, $Q(y) \equiv 0$. Составляющая горизонтальной нагрузки тоже равна нулю.

Тогда $N(x) = 0$. Изгибающий момент $M_z(x) = 2\cdot0{,}5\cdot qx/\boldsymbol{l}\cdot x\cdot h/2 = qx^2h/2\boldsymbol{l}$.

Эпюра τ должна быть симметричной. С одной стороны, согласно условию статической эквивалентности $Q_y(x) = \int\tau dA = 0$ касательные напряжения в точках поперечного сечения должны равняться нулю. С другой стороны, согласно закону о парности касательных напряжений в точках сечения при $y = \pm h/2$ касательные напряжения $\tau = + qx/\boldsymbol{l}$. Это противоречие устраняется, если предположить, что касательные напряжения в сечении изменяются минимум по закону квадратной параболы, и она должна быть самоуравновешенной.

Пусть нормальные напряжения в произвольной точке сечения определяются формулой из сопротивления материалов:

$$\sigma_x(x,y) = -\frac{M_z(x)}{J_z}y = -\frac{qx^2h/2\boldsymbol{l}.}{2\boldsymbol{l}\cdot h^3/12}y = -6\frac{qx^2}{h^3\boldsymbol{l}}y. \qquad (1.3)$$

Эпюра $\sigma_x(x, y)$ приведена на рис. 4a.

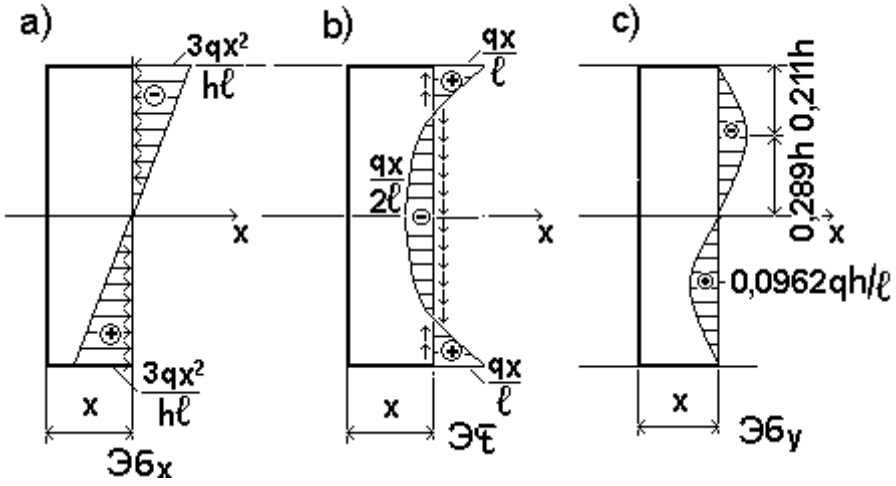


Рис. 4. Эпюры напряжений в произвольном сечении полосы

Теперь для решения задачи нужно проинтегрировать уравнения равновесия. Производная $\partial\sigma_x(x)/\partial x = -12qxy/h^2\boldsymbol{l}$. Подставив её в·первое уравнение равновесия и интегрируя его по y (с учётом добавления произвольной функции $f_1(x)$), найдём:

$$\boldsymbol{\tau_{xy}} = 6qxy^2/h^2 l + f_1(x). \qquad (1.4)$$

Произвольную функцию $f_1(z)$ найдём из условия на контуре. Так, на верхней и нижней кромках полосы при $y = \pm h/2$ имеем $\tau_{xy}(h/2) = qx/\boldsymbol{l}$. Теперь с помощью зависимости (1.4), находим:

$$f_1(x) = qx/\boldsymbol{l} - 6qx(h/2)^2/h^2\boldsymbol{l} = -qx/2\boldsymbol{l}. \qquad (1.5)$$

После подстановки значение функции $f_1(x) = -qx/\boldsymbol{l}$ в выражение (1.4), после несложных преобразований получаем:

$$\boldsymbol{\tau_{xy}} = \boldsymbol{\tau_{yx}} = 6qxy^2/h^2 l - qx/2\boldsymbol{l} = qx(12y^2/h^2 - 1)/2\boldsymbol{l}. \qquad (1.6)$$

Эпюра $\boldsymbol{\tau_{xy}}(x,y)$ изображена на рис. 4b.

Производная $\partial\tau_{xy}(x)/\partial x = q(12y^2/h^2 - 1)/2\boldsymbol{l}$. Из второго уравнения равновесия после его интегрирования по y получаем формулу:

$$\sigma_y(x) = q(4y^3/h^2 - y)/2\boldsymbol{l} + f_2(x). \qquad (1.7)$$

Произвольную функцию $f_2(x)$ находим из условия: при $y = \pm h/2$ $\sigma_y(x) = 0$.

Тогда $0 = q[4(h/2)^3/h^2 - h/2]/2\boldsymbol{l} + f_2(x)$. Или $f_2(x) = 0$.

И окончательно:

$$\sigma_y(x) = q(4y^3/h^2 - y)/2\boldsymbol{l}. \qquad (1.8)$$

Эпюра $\sigma_y(y)$ показана на рис. 4c. Она не зависит от координаты x.

Проверим теперь уравнение совместности деформаций. Для этого нужны вторые производные по x и y от $\sigma_x(x)$ и $\sigma_y(x)$. Имеем:

$\partial^2\sigma_x(x)/\partial x^2 = -12qy/h^2\boldsymbol{l}$; $\partial^2\sigma_x(x)/\partial y^2 = 0$; $\partial^2\sigma_y(x)/\partial y^2 = 12qy/h^2\boldsymbol{l}$; $\partial^2\sigma_y(x)/\partial x^2 = 0$.

После подстановки этих функций в уравнение совместности деформаций получаем:

$$-12qy/h^2\boldsymbol{l} + 0 + 0 + 12qy/h^2\boldsymbol{l} \equiv 0. \qquad (1.9)$$

Следовательно, уравнение совместности деформаций удовлетворяется.

Таким образом, решение полосы на действие обратно симметричной нагрузки получено в замкнутом виде. В поперечном сечении возникают все три напряжения σ_x, σ_y и τ_{xy}.

Теперь, суммируя выражения для σ_x, σ_y и τ_{xy} с полученными в [4], окончательно имеем:

$$\sigma_x = -\frac{qx^2}{h\boldsymbol{l}} - \frac{qh}{6\boldsymbol{l}} + \frac{4qy^2}{3h\boldsymbol{l}} - 6\frac{qx^2}{h^2 l}y; \qquad (1.10)$$

$$\tau_{xy}. = \frac{2qxy}{h\boldsymbol{l}} + \frac{qx}{2\boldsymbol{l}}\left(12\frac{y^2}{h^2} - 1\right) \qquad (1.11)$$

$$\sigma_y = \frac{q}{h\boldsymbol{l}}\left(\frac{h^2}{4} - y^2\right) + \frac{qy}{2l}\left(4\frac{y^2}{h^2} - 1\right). \qquad (1.12)$$

Итак, в предлагаемой задаче в поперечном сечении полосы возникают все три напряжения: σ_x σ_y и τ_{xy}.

Опасной будет точка, расположенная около заделки с координатой h/2.

В ней возникают нормальные напряжения, зависящие от высоты полосы, и касательные напряжения, равные 2q. В высоких полосах касательные напряжения будут соизмеримы с нормальными напряжениями и ими пренебрегать нельзя.

Так, например, в заделке уже при h = 0,2$\boldsymbol{l}$ возникают нормальные напряжения:

$$\sigma_X = -\frac{q\cdot\boldsymbol{l}}{0{,}2\boldsymbol{l}\cdot\boldsymbol{l}} - \frac{q\cdot 0{,}2\boldsymbol{l}}{6\boldsymbol{l}} + \frac{4q(0{,}1\boldsymbol{l})^2}{3\cdot 0{,}2\boldsymbol{l}\cdot\boldsymbol{l}} - 6\frac{q\,\boldsymbol{l}^2\cdot 0{,}1\boldsymbol{l}}{(0{,}2\boldsymbol{l})^2\cdot\boldsymbol{l}\cdot 2} = -19{,}767q.$$

В этой же точке касательные напряжения τ_{XY} = 2,0q. Т.е. оба напряжения нужно учитывать при исследовании напряжённого состояния точки.

Библиографический список

1. Жемочкин, Б.Н. Теория упругости: учебное пособие для строительных вузов и факультетов / Б.Н. Жемочкин. – М.: Госстройиздат, 1957. – 256 с.

2. Киселёв, В.А. Плоская задача теории упругости: учебное пособие для вузов / В.А. Киселёв. – М.: Высшая школа, 1976. – 152 с.

3. Александров, А.В. Основы теории упругости и пластичности: учебник для строительных специальностей вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 1990. – 400 с.

4. Сбитнев, В.Ф. К вопросу о решении одной задачи теории упругости в полиномах / В.Ф. Сбитнев // Наука ЮУрГУ. Материалы 68-й научно-технической конференции преподавателей и сотрудников ЮУрГУ. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – С. 102–107.

К содержанию

УДК 69.003.12 + 624.014.001.2

КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

К.О. Семенов

В статье рассматриваются существующие методы оценки стоимости строительной продукции на стадии проектирования. Произведено сравнение рекомендуемых государственных сборников с фактическими значениями, используемыми при расчёте стоимости на Челябинском заводе металлоконструкций. Выявлены проблемы существующих сметных нормативов применительно к металлическим конструкциям заводского изготовления.

Ключевые слова: сметная стоимость, норма времени, ресурсный метод, ресурсно-индексный метод, базисно-индексный метод, металлические конструкции.

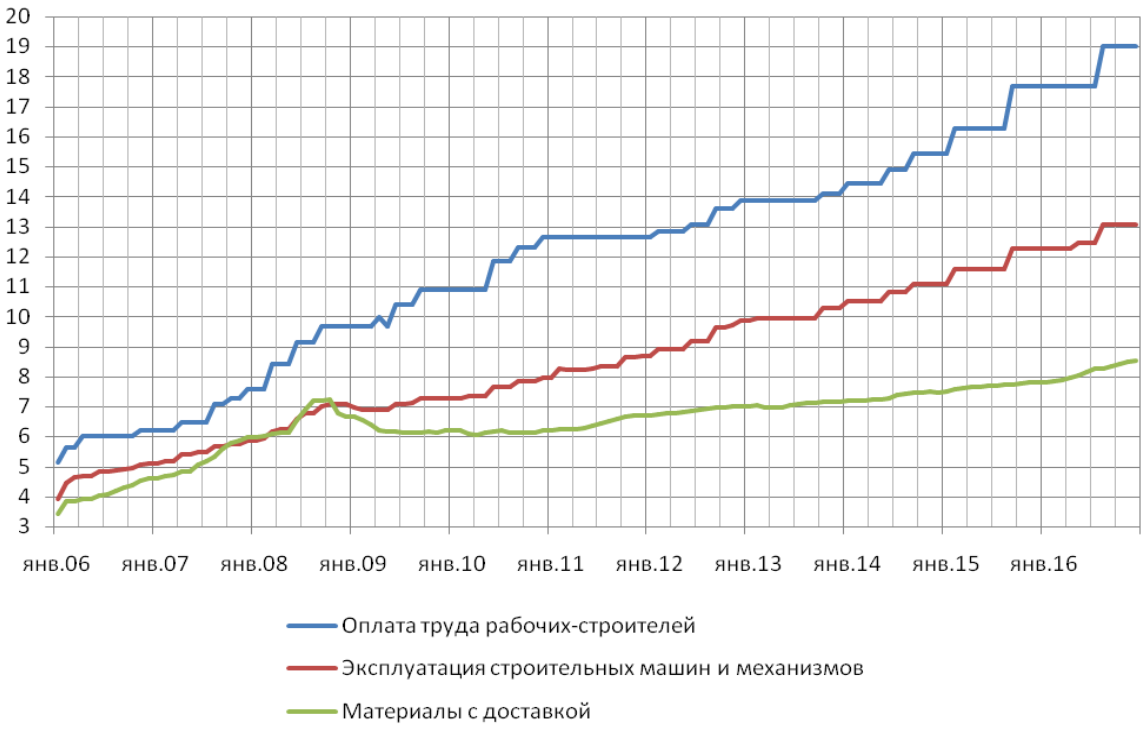
Стоимость строительной продукции складывается из многих составляющих, наибольшими из которых, как правило, являются затраты на материалы и изделия. При этом цена металлических конструкций зависит не только от марки металлопроката, но и в значительной степени от сложности технологических операций, производимых на заводах металлоконструкций. Таким образом, вопрос нормирования технологии заводского изготовления не менее важен, чем сметное нормирование внутриплощадочных работ.

В настоящее время основным документом, регулирующим определение стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации, является методика [1], разработанная на основе сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве 2001 года. Положения данной методики распространяются на все предприятия строительного комплекса, включая также заводы металлоконструкций. В соответствии с данной методикой могут применяться следующие методы определения сметной стоимости:

1) ресурсный;
2) ресурсно-индексный;
3) базисно-индексный;
4) на основе укрупнённых сметных нормативов.

По вполне очевидным причинам, для нетиповых конструкций оценка сметной стоимости на основе укрупнённых нормативов по проектам-аналогам не представляется возможной и корректной, поэтому в данной статье рассматриваться не будет.

Базисно-индексный метод основан на использовании системы текущих и прогнозных индексов по отношению к стоимости, определённой в базисном уровне цен. В настоящее время все сборники единичных расценок, например [2, 3], составлены в базисном уровне по состоянию на 1 января 2000 года. Для перевода в текущие цены могут использоваться индексы Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства, например [4] для определения сметной стоимости на декабрь 2015 года. Также могут использоваться индексы к элементам прямых затрат, такие как например индексы [5] Координационного центра по ценообразованию и сметному нормированию в строительстве (данные за последние 10 лет показаны на графике ниже – см. рис.).



Индексы к сметной стоимости по статьям прямых затрат
(средние по Российской Федерации)

Как видно из представленного рисунка, рост цен по разным статьям прямых затрат происходит крайне неравномерно, вследствие чего применение индекса к итогам прямых затрат ведёт к значительным ошибкам в

тех случаях, когда определяющей статьёй затрат является не стоимость материалов с доставкой. Так, например, индекс к итогам прямых затрат при строительстве «прочих объектов» в декабре 2015 года в Челябинской области равен соответственно 6,04 для [2] и 5,53 для [3].

Более точными методами являются ресурсный и ресурсно-индексный. При ресурсном методе определения стоимости осуществляется калькулирование в текущих (прогнозных) ценах и тарифах ресурсов (элементов затрат), необходимых для реализации проектного решения. Калькулирование ведется на основе выраженной в натуральных измерителях потребности в материалах, изделиях, конструкциях, данных о расстояниях и способах их доставки на место строительства, расхода энергоносителей на технологические цели, времени эксплуатации строительных машин и их состава, затрат труда рабочих. Ресурсно-индексный метод предусматривает сочетание ресурсного метода с системой индексов на ресурсы, используемые в строительстве [1]. Основные сложности при их использовании связаны со следующими проблемами:

1) в ГЭСНм 2000 года [6] нормы очень укрупнённые, нельзя произвести расчет пооперационно;

2) нормативы 1984 года [7, 8] устарели и не отражают текущего уровня развития техники.

Сравнение трудоёмкости изготовления нетиповых металлоконструкций произведено в таблице ниже. Конструкции представляют собой мелкие индивидуальные изделия из листового проката с отверстиями. Требуемые операции – резка листового проката и образование отверстий сверлением.

Таблица

Трудоёмкость изготовления в пересчёте на 1 тонну изделий

Операции	ЕНИР (1984)		ГЭСНм (2001)		ЧЗМК
	значение, чел-ч.	обоснование	значение, чел-ч.	обоснование	
Сверление отверстий на станке	14,96	Е40-2-6А	–	–	3,41
Газовая резка листовой стали	6,66	Е22-1-34	–	–	1,68
Вспомогательные операции	–	–	–	–	11,63
Всего	21,62	–	130	38-01-006-08	16,72

Как видно из табл., более актуальная база 2000 года почти на порядок завышает трудоёмкость изготовления мелких нетиповых конструкций. При этом, если взять сметную стоимость по [2], умножив соответствующую норму на индекс 6,04 для декабря 2016 года, получаем величину

прямых затрат на изготовление одной тонны металлоконструкций, равную 59 351 руб., из которых 40 699 руб. – стоимость материалов. При этом фактические затраты на изготовление при расценке 1200 руб./ч. составили 20 064 руб. Следовательно, ФЕРм [2] вполне отражает сметные показатели производства металлоконструкций в условиях производственных баз (погрешность 8 %).

Таким образом, выявлены следующие проблемы существующих сметных норм применительно к изготовлению металлоконструкций:

1) отсутствуют актуальные единичные нормы на выполнение операций; по укрупнённым нормам пересчёт на изменённую технологию затруднителен;

2) требуется использование индексов к статьям прямых затрат, а не их итогам, поскольку при нетиповой технологии соотношения стоимости материалов, оплаты труда рабочих, эксплуатации машин и механизмов могут не соответствовать учтённым в укрупнённых нормах;

3) сборники ГЭСН не отражают среднеотраслевого технического уровня, завышая нормы времени; необходимо использование дополнительных коэффициентов, учитывающих развитие технологии изготовления;

4) сборники ЕНиР также не являются актуальными; желательно использование норм времени, полученных в результате хронометража работ на заводах-изготовителях.

Библиографический список

1. МДС 81-35.2004 Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации (с изм. от 16.06.2014). – М.: Госстрой России, 2014. – 70 с.

2. ФЕРм 81-03-38-2001 Федеральные единичные расценки на монтаж оборудования. Сборник № 38 Изготовление технологических металлических конструкций в условиях производственных баз (с изм. от 8 апреля 2008 г.) – М.: Госстрой России, 2014. – 8 с.

3. ТЕРм 81-03-38-2001 Челябинская область. Территориальные единичные расценки на монтаж оборудования. Часть 38. Изготовление технологических металлических конструкций в условиях производственных баз (ред. 2014 г.) – Челябинск: Администрация Челябинской области, 2014. – 9 с.

4. Письмо от 14.12.2015 г. № 40538-ЕС/05 Рекомендуемые к применению в IV квартале 2015 года индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства, изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ, изменения сметной стоимости прочих работ и затрат, а также индексах изменения сметной стоимости оборудования – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2016.

5. Письмо Координационного центра по ценообразованию и сметному нормированию в строительстве от 14 декабря г. № КЦ/2015-12ти «Об индексах изменения сметной стоимости строительства по Федеральным округам и регионам Российской Федерации на декабря 2015 года» – СПб.: «КЦЦС», 2015.

6. ГЭСНм 81-03-38-2001 Государственные элементные сметные нормы на монтаж оборудования. Сборник № 38 Изготовление технологических металлических конструкций в условиях производственных баз (с изм. от 8 апреля 2008 г.) – М.: Госстрой России, 2014. – 7 с.

7. ЕНиР Сборник Е40. Изготовление строительных конструкций и деталей. Выпуск 2. Металлические конструкции. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 18 с.

8. ЕНиР Сборник Е22. Сварочные работы. Выпуск 2. Конструкции зданий и промышленных сооружений. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 41 с.

К содержанию

УДК 624.042 + 539.3

ОПЕРАТИВНЫЙ СПОСОБ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНАХ С ОТВЕРСТИЯМИ

Г.Ф. Сидоров

Рассматривается инновационный инженерный способ расчета напряжений применительно к задаче, традиционно не разрешаемой элементарными методами сопротивления материалов, – задаче о концентрации напряжений в окрестностях перфораций плоских конструкционных элементов типа тонкостенных стержней, проушин, плит и оболочек. Проведено сопоставление полученных решений с точными решениями по методу теории упругости. Подтверждена качественная и количественная близость элементарных решений по отношению к точным в области опасных сечений. Рассматриваемый способ не требует от расчетчика подготовки в области теории упругости и владения программными средствами решения ее задач.

Ключевые слова: пластины с отверстиями, концентрация напряжений, парциальная жесткость, метод парциальных жесткостей.

Задача оперативного внепроектного расчета напряжений в окрестности отверстий актуальна при проведении восстановительных, ремонтных, монтажных работ, когда приходится принимать решения о технологических операциях по ситуации. Известен, например, способ остановки развития трещины путем засверливания ее острого конца, выступающего как мощнейший концентратор напряжений (фактор кривизны кончика трещины). Приходится высверливать отверстие в несущем элементе с целью его усиления накладными элементами либо для обеспечения его устойчивости на этапе монтажа. В таких случаях инженер должен владеть определенной культурой прочностных расчетов, не связанной с чрезвычайно математически и программно формализованными современными методиками.

Имеются многочисленные точные решения задачи методами теории упругости и конечного элемента, требующие столь же точного указания граничных условий, наличия компьютерных программ и самого компьютера вместе с квалифицированным пользователем этими средствами прочностного расчета (фактор времени, квалификации, стоимости…).

Не всегда квалификационные данные пользователя программными средствами и инженера совмещаются в одном лице, а обстоятельства требуют оперативного решения: где сверлить, какого диаметра, как далеко или близко от края, от другого отверстия? Инженерную культуру прочностных расчетов формируют лучше всего аналитические и физически ясные подходы.

Как подчеркивал профессор В.В. Новожилов [1], увлечение сугубо математическими методами и числовыми способами их реализации превращает механику в специализированные разделы математики, выхолащивая их инженерное содержание. Особенно актуально не злоупотреблять формализацией подходов к проблеме прочностной надежности на этапе начальной инженерной подготовки подрастающего поколения.

Как отмечал В.И. Феодосьев [2]: «…успех практического расчета лежит не столько в применении сложного математического аппарата, сколько в умении найти наиболее удачные упрощающие предположения и довести расчет до окончательного числового результата».

В заданном таким образом ключе рассмотрим простейший, физически «прозрачный» и достаточно точный инновационный способ расчета, требующий начальной подготовки на уровне бакалавриата по курсу технической механики (сопротивления материалов) – метод парциальных жесткостей [3]. Корректность полученных этим способом результатов сначала подтвердим их сопоставлением с точными решениями, и только потом используем в исследовательских целях.

В качестве исходной рассмотрим известную задачу о силе, действующей на острие клина (рис. 1). Показательно, что в теории упругости [4] данная задача рассматривается как типовая, для которой «…совершенно исключаются возможности (хотя бы даже в качестве попытки первого приближения) применения к ним каких-либо элементарных решений из теории сопротивления материалов». Покажем, что с появлением метода парциальных жесткостей, относящегося как раз к элементарным методам, это мнение можно считать не соответствующим действительности. Метод основан на категоризации понятия «жесткость», придания этому понятию дополнительно векторных свойств. Применительно к модели твердого тела, помещенного в пространство жесткостей, метод снимает проблему статической неопределимости [3].

Выделим цилиндрическим сечением радиуса r верхнюю часть клина. Отсеченную часть представим как набор элементарных клиньев длиной r и с углом раствора $d\alpha$ каждый (метод стержневой аппроксимации). Жест-

кость элементарного клина на растяжение-сжатие (парциальную жесткость) определим согласно закону Гука: $s_\alpha = EdA/r = Ed\alpha$. Здесь использовано то же допущение, что и в первоисточнике [4], а именно: толщина клина принята за единицу. Элементарная площадь сечения элементарного клина с учетом предельного перехода $d\alpha \to 0$ может считаться какой угодно постоянной. Главная жесткость системы элементарных клиньев [3]:

$$S = \int_{-\varphi}^{+\varphi} s_\alpha \, cos^2\alpha = E\left(\varphi + \frac{1}{2}sin2\varphi\right). \quad (1)$$

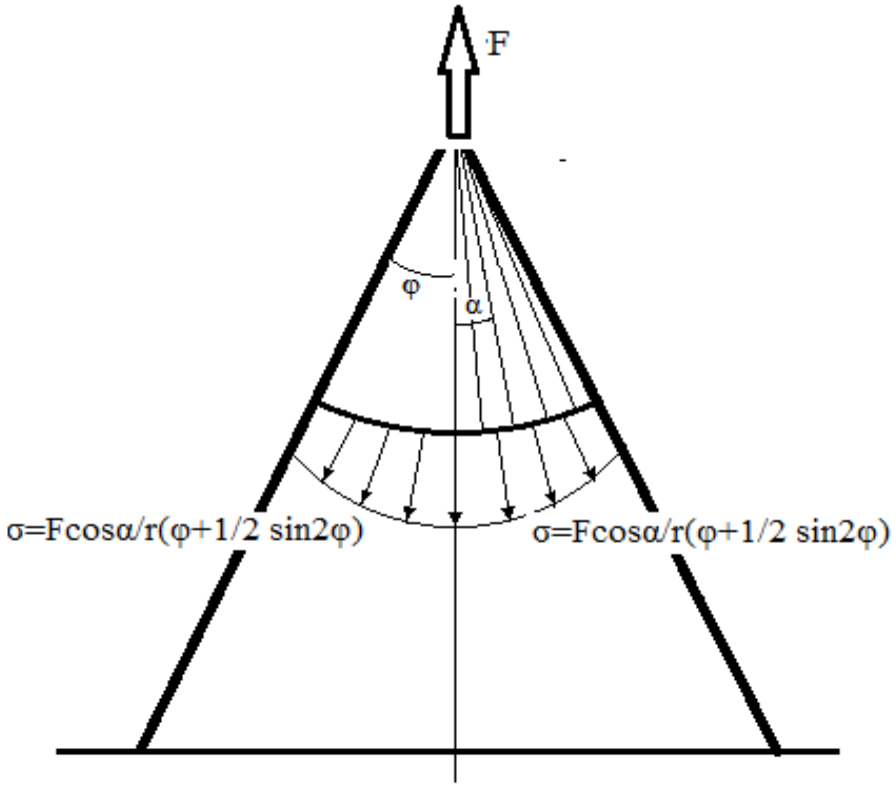


Рис. 1. Стержневая аппроксимация и эпюры напряжений.
Слева – по методу теории упругости.
Справа – по методу парциальных жесткостей

Усилие, воспринимаемое элементарным клином, определяется законом парциальных жесткостей:

$$N_\alpha = F\frac{s_\alpha cos\alpha}{S} = F\frac{cos\alpha d\alpha}{\varphi+\frac{1}{2}sin2\varphi}. \quad (2)$$

Напряжение зависит помимо этого от удаленности площадки:

$$\sigma = \frac{N_\alpha}{dA} = \frac{N_\alpha}{rd\alpha} = F\frac{cos\alpha}{r(\varphi+sin2\varphi/2)}. \quad (3)$$

Полученная формула ***абсолютно*** совпадает с таковой из курса теории упругости (см. рис. 1).

Бесспорно нерешаемыми элементарными методами задачами считаются задачи о концентрации напряжений в окрестности отверстий, выточек и любых других несовершенств геометрической формы объекта исследования. Покажем возможности метода парциальных жесткостей в исследовании концентрации напряжений в области перфораций пластин и оболочек.

Рассмотрим задачу о клине с отверстием (рис. 2.).

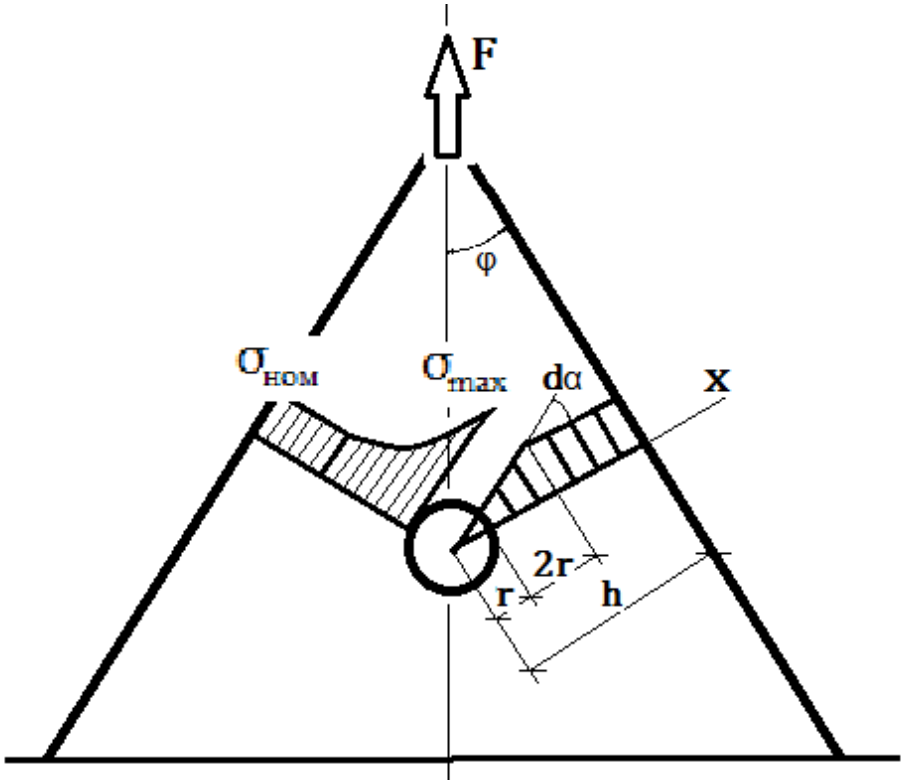


Рис. 2. Расчетная схема и эпюр напряжений
в опасном сечении пластины с отверстием

Двумя сечениями, следующими траекториям главных напряжений между внешней границей пластины и контуром отверстия кривизной $1/r$, выделим фрагмент, заполненный волокнами длиной $l_i = xd\alpha$ в случае $r \le x \le 3r$ (зона близкодействия Сен-Венана) и $l_i = 3rd\alpha$ за пределами этой зоны. Здесь для упрощения вычислений траектория главных напряжений, расположенная над осью x, аппроксимирована ломаной с точкой излома в конце зоны близкодействия. Далее действуем по указанной в предыдущей задаче схеме. Парциальные жесткости волокон при растяжении-сжатии:

$$s_i = \frac{EdA}{l_i} = \frac{Edx}{xd\alpha} \text{ для } r \le x \le 3r;\ s_i = \frac{Edx}{3rd\alpha} \text{ для } 3r \le x \le h. \quad (4)$$

Главная жесткость:

$$S = 2\left[\int_r^{3r} \frac{Edx}{xd\alpha} + \int_{3r}^{h} \frac{Edx}{3rd\alpha}\right] cos^2\varphi = \frac{2Ecos^2\varphi}{d\alpha}\left[ln3 + \frac{h}{3r} - 1\right]. \quad (5)$$

Удельная сила на волокне:

$$N_i = F\frac{s_i cos\varphi}{S} = F\frac{dx}{Cx}\ ,\ \text{где}\ \ C = 2\left[ln3 + \frac{h}{3r} - 1\right]. \qquad (6)$$

Закон распределения напряжений в зоне их концентрации:

$$\sigma = \frac{N_i}{dA} = \frac{F}{Cx}. \qquad (7)$$

Коэффициент концентрации:

$k_\sigma = \frac{\sigma_{x=r}}{\sigma_{x=3r}} = 3$, что соответствует классике теории упругости [5, 6, 7].

Формулы (6), (7) справедливы также для полосы постоянной ширины 2h; решение для полосы постоянной ширины отличается тем, что в таком случае надо положить угол φ, равным нулю, а $cos\varphi = 1$. Вид формул (6), (7) при этом не изменяется.

Особый случай представляет собой относительно большое отверстие (проушина). В отличие от решения методом теории упругости инженерный метод позволяет ввести количественную меру, отделяющую большое отверстие от малого.

У большого отверстия зона Сен-Венана выходит на границу пластины и занимает всю ширину «живого» сечения $h - r \le 2r$; отсюда большим будем считать отверстие, радиус которого превышает $h/3$.

Исследование концентрации напряжений в пластине с большим отверстием требует отдельного рассмотрения, поскольку разные авторы по-разному толкуют коэффициент концентрации напряжений. Аргументация в пользу единого способа определения коэффициента концентрации и исследование влияния параметров отверстия и его местоположения на величину коэффициента будут рассмотрены в следующей статье.

Заключение. Метод парциальных жесткостей позволяет решать задачи из области теории упругости с достаточной для практического применения точностью. При этом он не требует от расчетчика особой математической подготовки, не требует привлечения программных средств высокого уровня, может выполняться вручную. Инженерный подход позволяет установить пороговое значение относительной величины отверстия, при которой качественно изменяется картина распределения напряжений в сечении.

Библиографический список

1. Новожилов, В.В. Вопросы механики сплошной среды / В.В. Новожилов. – Л.: Судостроение, 1989. – 400 с.

2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – М.: Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2004. – 591 с.

3. Сидоров, Г.Ф. Раскрытие статической неопределимости методом парциальных жесткостей / Г.Ф. Сидоров, Е.О. Позднышев // Механика: междунар. сб. науч. тр. Вып.5. – Гомель: БелГУТ, 2011. – С. 239–244.

4. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести / Н.И. Безухов. – М.: Высшая школа, 1961. – 538 с.

5. Прочность, устойчивость, колебания. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1968. – 458 с.

6. Савин, Г.Н. Распределение напряжений около отверстий / Г.Н. Савин. – Киев: «Наукова думка», 1968. – 366 с.

7. Howland R.C.J. On the stresses in the Nelghbourhood of a Circular Hole in a Strip under Tension, Phil.Trans. Roy. Soc., London. Ser. A, vol. 229, 1930.

К содержанию

УДК 004.35 + 658.512-52

ПРИМЕНЕНИЕ РОССИЙСКИХ ГРАФИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЧЕРТЕЖЕЙ В AUTOCAD

Т.Н. Скоцкая, П.А. Агеев

Статья освещает такие моменты, как выполнение и оформление чертежей, схем, текстовых документов с использованием системы автоматизированного проектирования AutoCAD, создание файлов шаблонов, отвечающих стандартам оформления и выполнения чертежей в соответствии с ЕСКД.

Ключевые слова: AutoCAD, ЕСКД, файлы шаблонов, пользовательские настройки, форматы, слои, текстовые стили, размерные стили, стили мультивыносок.

AutoCAD – это одна из универсальных систем автоматизированного проектирования. Её используют для выпуска конструкторской документации во многих странах мира, при этом в каждой стране свои стандарты на оформление документации. Настройки AutoCAD по умолчанию далеки от этих стандартов. И это не нежелание разработчиков программного обеспечения адаптировать данный продукт под данного потребителя, конкретную страну. Заложенные разработчиками настройки AutoCAD – это некоторая база, нечто среднее, что может быть использовано в любой стране. Это и делает программу AutoCAD настолько универсальной.

Основные требования на выполнение и оформление чертежей в нашей стране не соответствуют основным требованиям AutoCAD. Поскольку AutoCAD не применяет автоматически нужные нам графические стандарты, то придётся позаботиться об этом самим. Наша задача – «заставить» AutoCAD чертить «правильно», в соответствии с российскими стандартами.

Наиболее чётко определены стандарты в машиностроении. Стандарты в технической графике представляют собой свод правил выполнения чертежей, который называется Единой системой конструкторской документации (ЕСКД). ЕСКД – это комплекс стандартов, устанавливающих порядок разработки, оформления и обращения конструкторской документации [1].

К конструкторским документам относят графические и текстовые документы. К графическим документам относят чертежи и схемы, к текстовым – спецификацию, перечень элементов, пояснительную записку, ведомость спецификаций, ведомость покупных изделий, ведомость ссылочных документов и т.п. Любой из перечисленных документов выполняют в соответствии с Российскими стандартами на графическое оформление чертежей. Перечислим те из них, которые помогут выполнить некоторые минимально необходимые настройки. С их помощью мы сможем адаптировать AutoCAD самым рациональным способом и при этом получить наибольшую отдачу от потраченного на этот процесс времени.

ГОСТ 2.301-68 «Форматы». Устанавливает стандартные размеры листов при оформлении графических и текстовых документов, определяет размеры внешней и внутренней рамок.

ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи». Устанавливает форму основной надписи при оформлении графических и текстовых документов.

ГОСТ 2.303-68 «Линии». Устанавливает начертание и толщину линий, с помощью которых выполняют чертежи, схемы и текстовые документы.

ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертёжные». Устанавливает вид, высоту, наклон букв, цифр, символов, обозначений, толщину линий шрифта при оформлении графических и текстовых документов.

ГОСТ 2.307-2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений». Устанавливает основные общие правила задания и нанесения линейных и угловых размеров (простановку размеров).

ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения». Устанавливает, в частности, вид обозначения выносного элемента.

ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам». Устанавливает, в частности, вид обозначения номера позиции на сборочном чертеже.

ГОСТ 2.316-2008. «Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на технических документах». Устанавливает, в частности, вид надписей, относящихся к отдельным элементам изделия.

ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы». Устанавливает вид и форму спецификации.

ГОСТ 2.701-2008 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению». Устанавливает вид и форму перечня элементов (текстовый документ).

Самым важным и правильным первым ходом при работе в AutoCAD будет создание и использование шаблонов (серии шаблонов), которые должны полностью соответствовать Российским стандартам оформления и выполнения чертежей (ЕСКД). Создавая и используя файлы шаблонов, можно, рационально использовать своё время, избавиться от значительной части повторяющейся во всех чертежах работы. Кроме этого, мы создадим шаблон, который будет полностью соответствовать стандартам оформления и выполнения чертежей [2].

При создании шаблона учтём все перечисленные выше ГОСТы.

Работа над любым чертежом начинается с выбора листа определённого размера (внешняя рамка) и вычерчивания внутренней рамки. Согласно ГОСТ 2.301-68 существует целый ряд форматов, но наиболее часто встречаются чертежи, выполненные на листах формата А4 и А3. Поэтому оформим два чертежа шаблона – формата А4 и А3. Остальные форматы могут быть получены увеличением этих двух основных форматов шаблонов. В каждом шаблоне, согласно ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи», начертим форму для заполнения основной надписи.

Следующий этап в создании шаблона чертежа – это создание базовых типов линий, предусмотренных ГОСТ 2.303-68 «Линии». С их помощью грамотно и правильно задают объекты чертежа при проектировании, они облегчают чтение уже созданного чертежа. Существующий по умолчанию штатный слой «**0**» с типом линии «**Сплошная**» редактировать некорректно. Создадим (загрузим) свои пользовательские слои, у которых будут свои типы линий, веса (толщины), цвета. Это повышает эффективность разработки конструкторской документации. С помощью ***Диспетчера свойств слоёв*** создадим пользовательские слои (линии) со следующими названиями: «**толстая основная**», «**тонкая основная**», «**осевая**», «**невидимая**», «**разомкнутая**» [3]. Эти типы линий отражают их назначение (смотри указанный выше ГОСТ 2.303-68) при создании объектов чертежа.

Кроме этих слоёв создадим дополнительно следующие слои: «**штриховка**», «**размеры**», «**текст**», «**вспомогательные линии**». На каждом из них выполняют элементы чертежа, имеющие определённое функциональное назначение, оно отражено в названии слоя. Слой с не очень понятным названием «**вспомогательные линии**» предназначен для выполнения каких-либо вспомогательных построений, которые надо будет либо стереть, либо «заморозить», чтобы они не отражались на конечном варианте чертежа.

Следующий этап в создании шаблона чертежа – это создание базового текстового стиля. Существующий по умолчанию штатный текстовый стиль **Standard** не соответствует требованиям российского стандарта для технической графики. Поэтому с помощью диспетчера ***Стили текста*** выбираем из предложенного списка шрифтов текстовый стиль «**ISOCPEUR**» (с наклоном) или «**ГОСТ тип Б**», которые соответствуют ГОСТ 2.304-68. Стили текста лучше называть по имени используемого текста. Высоту текста при создании текстового стиля не указывать (т.е. она равна 0). Тогда при написании текста можно будет указать нужную в каждом случае его высоту.

Следующий этап в создании шаблона чертежа – это создание нескольких базовых размерных стилей, которые соответствуют стандартам ЕСКД. Размерные стили обязательно должны быть частью файлов шаблонов, т.к. являются самой важной их составляющей. Стили размеров являются базой для правильного применения графических стандартов.

Мы сэкономим много времени и избежим многочисленных проблем, если будем пользоваться ассоциативными размерами AutoCAD путём создания корректных размерных стилей. Если размер является ассоциативным, он связан с геометрией, которую представляет. Изменится геометрия – размер тоже изменится.

Размер – это анонимный блок, описанный системой AutoCAD, а не пользователем. Расчленять размеры в большинстве случаев не стоит. После расчленения размер не будет обновляться после изменения геометрии, его нельзя будет выбирать как единое целое, и он не будет перемещаться вместе с объектом, к которому относится.

Созданием и редактированием размерных стилей управляет ***Диспетчер размерных стилей***. Если вызвать это диалоговое окно, то мы увидим, что в стандартной комплектации AutoCAD имеются два штатных размерных стиля – размерный стиль, который называется **Standard** (для британской системы измерения), и **ISO-25** (для метрической системы измерения). Ни один из этих стилей не соответствует никаким стандартам, поэтому не будем пользоваться ими. Они являются стартовым для создания своих пользовательских настроек. Они не соответствуют ни одному реальному стандарту, ни в одной стране. Некорректно также редактировать эти штатные размерные стили, следует на их основе создавать свои. Нельзя также называть новые размерные стили этими штатными именами. Необходимо дать собственное название каждому новому размерному стилю.

На основе штатного стиля **ISO-25** (ISO – International Standards Organization, Международная организация по стандартизации) создадим минимально необходимое количество размерных стилей, которые позволят проставить на чертеже размеры различных типов – линейные, радиальные, угловые. Для обеспечения единообразия при простановке размеров создадим отвечающий требованиям ЕСКД базовый размерный стиль. Назовём его «**ГОСТ**» [3]. Зададим при его создании ряд основных параметров, взятых из ГОСТ 2.307-2011. Далее на основе этого базового стиля создадим остальные размерные стили, которые будут применяться только к определённым видам размеров. Дадим им названия, отражающее их назначение: «**ГОСТ с полкой-выноской**», «**Диаметр**», «**Резьба наружная**», «**Резьба внутренняя**», «**Фаска**», «**Квадрат**».

Требования к правильному нанесению размеров намного многообразнее тех, что можно заложить при создании пользовательских размерных стилей. Чтобы не создавать избыточного количества размерных стилей, приходится размеры дополнительно редактировать для приведения их в соответствие стандартам ЕСКД. Одной из самых используемых функций редактирования в AutoCAD является палитра ***Свойства***. Чаще всего корректировку размеров выполняют с её помощью. Но следует помнить, что при таком редактировании размеры перестают быть ассоциативными.

Функций редактирования, заложенных в палитре ***Свойства*** и позволяющих проставлять размеры в соответствии с российскими стандартами, много, поэтому не будем на них сейчас останавливаться.

Рассмотрим один малоизвестный способ редактирования размерного числа с помощью кнопки ***Редактирование***. Речь пойдёт о редактировании размерного числа, когда его надо дополнить текстом, а надпись выполнить в две строки (как числитель и знаменатель в дробном числе) [2]. Например, мы проставили на чертеже с помощью размерного стиля «**Диаметр**» размер отверстия «**⌀10»**, но отверстий должно быть два, а надпись должна быть расположена в две строки.

В главном меню выбираем ***Редактировать*** ⇨ ***Объект*** ⇨ ***Текст*** ⇨ ***Редактировать*** или щёлкнем на кнопке ***Редактирование*** на панели инструментов ***Текст***. После выбора редактируемого размера число «**⌀10**» высветится на тёмно-синем поле. Чтобы разделить текст на две строки, разместив их по разные стороны от размерной линии, надо ввести в редактируемый текст выражение из двух символов: «**\X**». Оно должно стоять после редактируемого текста «**⌀10»**. Переместим курсор, расположив его справа от выражения «**⌀10»**. Символы «**\X**» должны быть английские. Вводим первый символ «\», оно фиксируется после числа «**⌀10**». Размерный текст принимает вид «**⌀10**». Затем вводим второй символ «**X**», он не фиксируется. Сразу же после ввода символа «**X**» выражение «**\X»** пропадает, тестовая строка «перепрыгивает» ниже, под редактируемый текст. Снова возвращаем русский текст и набираем надпись «**2 отв.**».

Следующий этап в создании шаблона чертежа – это создание стилей мультивыноски. Мультивыноска – это линия-выноска, имеющая определённый внешний вид и структуру. Мультивыноски обычно применяют:

– для выполнения текстового указания (ГОСТ 2.106-96), когда линия-выноска упирается в линию контура и заканчивается стрелкой;

– для выполнения текстового указания (ГОСТ 2.106-96), когда линия-выноска пересекает линию контура и заканчивается точкой; к этому же виду линий-выносок относится обозначение номера позиции (ГОСТ 2.109-73) на сборочном чертеже;

– для обозначения выносного элемента (ГОСТ 2.305-2008), когда линия-выноска не имеет ни точки, ни стрелки.

Существующая по умолчанию штатная мультивыноска не соответствует российским стандартам. Редактировать её некорректно, поэтому создадим свои пользовательские мультивыноски, у которых вид будет соответствовать их назначению. Для стилей мультивыноски лучше брать названия, отражающие назначение мультивыноски на чертеже. Назовём их соответственно: «**Текст со стрелкой**», «**Номер позиции**», «**Выносной элемент**».

На этом можно закончить формирование файла шаблона чертежа. Теперь он включает в себя следующие минимальные настройки:

– рамку чертежа и форму для заполнения основной надписи;

– слои с определёнными цветами, типами линий, весами линий;
– текстовые стили;
– размерные стили;
– стили мультивыносок.

Перечисленные настройки обеспечат оформление чертежа в соответствии с существующей системой стандартов ЕСКД. Эти настройки можно экспортировать, то есть применять в других чертежах без необходимости пересылки всего файла. Воспользуемся этой возможностью при создании остальных файлов шаблонов. Экспортируем некоторые нужные настройки с помощью ***Центра управления***.

К графическим конструкторским документам относят схемы. Создадим базовый шаблон на формате А3. Схемы обычно выполняют на листах формата А3 и более. Шаблон включает в себя следующие настройки:

– рамку чертежа формата А3 и форму для заполнения основной надписи;
– слои с определёнными цветами, типами линий, весами линий: («**толстая основная**», «**тонкая основная**», «**текст**», «**УГО**»). Вес линии «**УГО**» (условное графическое обозначение электрических элементов) назначить 0,35–0,5 мм.

Следующим этапом создадим базовые текстовые конструкторские документы:

– спецификацию формата А4 (заглавный и последующий листы по ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы»);
– перечень элементов формата А4 (заглавный и последующий листы по ГОСТ 2.701-2008 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»).

Эти файлы-шаблоны включают в себя следующие минимальные настройки:

– рамку чертежа формата А4 и форму для заполнения основной надписи (заглавный и последующий лист);
– слои с определёнными цветами, типами линий, весами линий: («**толстая основная**», «**тонкая основная**», «**текст**»);
– форму спецификации (таблицу) по ГОСТ 2.106-96;
– форму перечня элементов (таблицу) по ГОСТ 2.701-2008.

Заключение. Скорость работы при создании конструкторского документа не является результатом быстрой работы с мышью и клавиатурой. Это результат планирования стратегии создания каждого нового объекта. Все вышеперечисленные предложения помогут повысить скорость и точность работы, одновременно обеспечивая одну базовую, соответственную стандартам ЕСКД структуру каждого документа.

Библиографический список

1. Единая система конструкторской документации. ГОСТ. – URL: http://www.eskd.ru/.

2. Шуляк, И.В. AutoCAD 2009 для проектировщиков / И.В. Шуляк. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2009. – 960 с.
3. Швайгер, А.М. Инженерная графика в AutoCAD:учебное пособие / А.М. Швайгер, А.Л. Решетов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 194 с.

К содержанию

УДК 725.21 + 72.036 + 726

ВСЕМИРНЫЕ ВЫСТАВКИ XXI ВЕКА: АРХИТЕКТУРА БРИТАНСКИХ ПАВИЛЬОНОВ

Н.А. Телешова

Статья посвящена описанию и анализу национальных павильонов Великобритании на всемирных выставках XXI века. Рассматривается ряд объектов, построенных по проектам британских архитекторов. Выявляются композиционные, объемно-планировочные и конструктивные особенности сооружений.

Ключевые слова: архитектура, всемирные выставки, павильон.

Появление всемирных выставок было исторически предопределено бурным развитием к середине XIX века промышленности в Англии, Франции и Германии. В 1851 году в Лондоне, столице государства, возглавлявшего процесс технических преобразований, лидера экономического бума, удалось организовать первую такую выставку. Она явилась реакцией на требование создания новых форм экономических связей между государствами в условиях торжества политики «свободной торговли» [1].

Лондонская выставка проходила в Гайд-парке, в специально построенном для этого грандиозном здании, названном Хрустальным дворцом (арх. Джозеф Пэкстон). Это было уникальное сооружение, смонтированное в сжатые сроки благодаря применению сборного каркаса из стандартных металлических деталей и рам ограждения с заполнением из стекла. Хрустальный дворец стал символом всемирной выставки в Лондоне. Он был одним из тех сооружений, которые оказали заметное влияние на последующее развитие архитектуры.

XX век преподнес человечеству множество научных открытий и культурных событий, перевернувших представления о жизни на планете, ее формах и развитии. Архитектура менялась в такт все ускоряющемуся техническому прогрессу. Первое десятилетие XXI века характеризуется продолжением исследований и экспериментов, проводимых различными ведущими архитектурными мастерскими мира [2].

В 2010 году всемирная выставка проводилась в Шанхае. При участии более 200 стран она стала самой крупной в истории. Заявленная Китаем тема – «Лучше город, лучше жизнь» (англ. «Better City, Better Life») – предлагала детально рассмотреть жизнь человека в городском пространстве и смоделировать экологический город будущего, в котором люди гармонично сосуществуют с окружающей природной средой. Каждый из выставочных павильонов должен был не только символизировать страну, ее традиции и культуру, но и отражать заявленную организаторами тему.

Проект национального павильона Великобритании был разработан студией Heatherwick, возглавляемой всемирно известным архитектором и дизайнером Томасом Хизервиком (англ. Thomas Heatherwick). Его команда выиграла проводимый комиссией Министерства иностранных дел и по делам Содружества Великобритании (англ. Foreign and Commonwealth Office) тендер на создание выставочного пространства, обойдя такие ведущие архитектурные бюро, как: Zaha Hadid Architects, Eight & John McAslan+Partners, Marks Barfield Architects/Imagination Limited, Avery Associates & Sidell Gibson, draw Architects & dcmstudios [3].

Рис. 1. Павильон Великобритании на выставке в Шанхае, 2010 год

Хизервик представил свою страну через необычное сооружение, получившее название «Собор семян» (англ. «Seed Cathedral») (рис. 1). Оно напоминало своеобразное хранилище, где демонстрировались образцы семян более 200 тысяч различных растений. Идея заключалась в том, что у семян и растений есть огромный потенциал, который может помочь найти необходимые решения экологических проблем нашей планеты.

К участию в проекте архитектор привлек всемирно известный ботанический исследовательский центр Kew Gardens, имеющий обширную коллекцию семян. Ботанический сад является координатором проекта Millennium Seed Bank, в рамках которого планируется собрать образцы семян четверти всех растений планеты [4].

Планировочная стратегия заключалась в размещении центрального объекта на некотором возвышении – искусственно созданном ландшафте,

площадью около 4,5 тыс.м^2. Ломаная поверхность долины была покрыта серебристо-серой синтетической травой AstroTurf. Внутри рельефа располагались выставочные залы, офисы, аудитории для различных мероприятий, проводимых Министерством иностранных дел.

Мягкость рельефа плавно переходила в пластичность главного элемента композиции – «Собора семян». Динамический объем, состоящий из десятков тысяч прозрачных стержней, менял форму и цвет в зависимости от направления и силы ветра. Кроме того, из любой точки экспопарка четко просматривалось легко узнаваемое крестообразное очертание британского флага UnionJack.

Основой мягкой структуры павильона стала конструкция размером 15×15×10 м. Стальной каркас обшит фанерой, в которой с высокой точностью проделаны отверстия. Сквозь них через стены и перекрытие во все стороны пропущены тонкие акриловые стержни, издалека похожие на волоски. Каждый волосок, длиной 7,5 м, постепенно расширялся к внешнему окончанию. На его наружном конце закреплена капсула с образцами семян из садов Кью, в основании – стальной штифт квадратного сечения 25×25 мм, с помощью которого волосок вставлялся в алюминиевый профиль, закрепленный на фанере (рис. 2). Весь объем содержал 60 тысяч таких волосков, что увеличивало размеры сооружения почти вдвое [4]. Часть стержней крепилась к нижней секции каркаса, и казалось, будто павильон невесомо парит в воздухе.

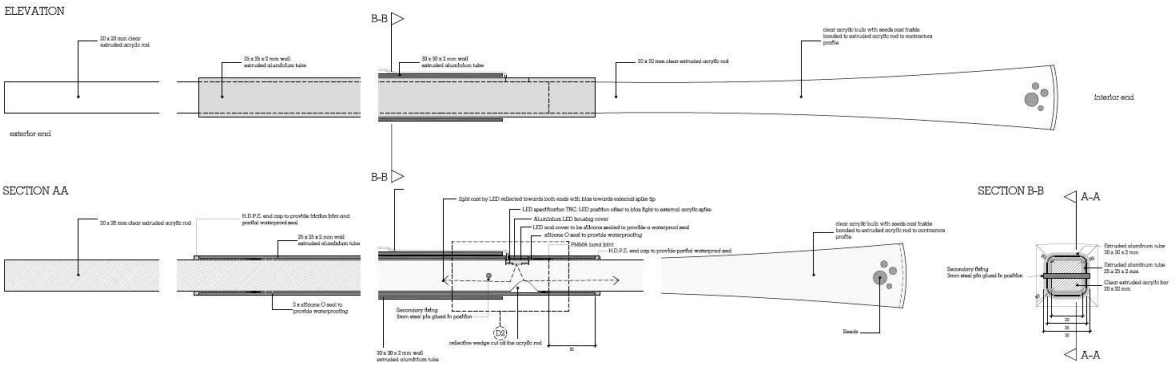


Рис. 2. Акриловый стержень

Особое внимание уделено формированию внутреннего пространства – интерьера, который являлся закономерным продолжением экстерьера. Бесшовная текучесть образована теми же акриловыми стержнями. Поверхность демонстрировала капсулы с семенами из Куньминского ботанического института – партнера Королевских садов Британии. В целом интерьер не содержал ничего отвлекающего от восприятия образа. Тишина и прохлада позволяли зрителям взаимодействовать с гибкой структурой.

Освещалось внутреннее пространство только дневным светом, который проникал через прозрачный акрил. Невидимое изнутри движение солнца и

теней от облаков создавало необычные световые и цветовые эффекты. В темное время суток включались искусственные источники освещения, работавшие за счет аккумулированной днем энергии. В каждый стержень вмонтирован светодиод с отражателем. Яркий свет проходил вдоль тонкого стержня до наружного окончания, подсвечивая семена. Таким образом, ночью павильон со всех сторон был покрыт маленькими точками, при движении которых создавался интересный динамичный эффект. После закрытия выставки конструкция была разобрана, а капсулы, содержащие огромный потенциал жизни, подарены сотням школ Китая и Великобритании.

«Собор семян» Томаса Хизервика стал одним из самых посещаемых и необычных сооружений. Павильон признан лучшим образцом выставочной архитектуры на «Экспо-2010». Автору проекта удалось избежать привычных стереотипов, связанных с Британией, и показать будущее, а не прошлое страны.

Столицей следующей всемирной выставки, прошедшей в период с 1 мая по 31 октября 2015 года, стал Милан. Главная тема – «Питание для планеты. Энергия для жизни» (англ. «Feeding the Planet, Energy for Life») – заключалась в разработке стратегии, направленной на повышение уровня жизни и защиты окружающей среды. Под экспопарк была отведена территория в северо-западной части города. Площадь, почти в 2 млн м^2, устроена по принципу древнеримских военных лагерей, где композиционной основой являлись главные планировочные оси «Кардо» и «Декуманус». В четырех секторах, образованных перекрестием, размещались павильоны стран-участниц. Всего свои экспозиции представили более 140 государств, из них 53 возвели собственные выставочные сооружения.

Создателей британского павильона «Улей» (англ. «Hive») увлекли научные исследования и технологии, разработанные Мартином Бенциком (англ. Martin Bencsik), который первым исследовал улей методом магнитно-резонансного сканирования. Это позволило не просто фиксировать активности представителей пчелиной колонии, но и транслировать их в презентационной манере [5]. Авторы проекта предложили посетителям интересную игру звука и света, позволив каждому ощутить себя частью природы и посмотреть на мир глазами пчелы (рис. 3).

Рис. 3. Павильон Великобритании на выставке в Милане, 2015 год

Реализацией идеи занималась компания Stage One. Проектная студия из Манчестера BDP отвечала в основном за ландшафтное и планировочное решение участка. Саму конструкцию спроектировал совместно с инженерами из Simmonds Studio Вольфганг Баттресс (англ. Wolfgang Buttress) – художник и скульптор из Ноттингема.

Великобритании в общем композиционном плане выставки выделили узкий прямоугольный участок размером 20×100 м на главной оси «Декуманус». Территория была условно разбита на пять зон. Сначала посетителей встречали заросли фруктовых деревьев (яблони и груши), окруженные габионными стенами с заполнением из битого кирпича. Там же на одной из стен смонтирован огромный экран, состоящий из множества модулей – дисплеев, где в режиме реального времени транслировалось видео с пасеки. Далее простиралась 40-метровая зона медоносных цветущих лугов, нектар которых предпочитают насекомые. Метровой высоты стальные короба заполнены разнотравьем. Оно постепенно, в течение полугода, меняло свой облик. Затем гость проходил через небольшой лабиринт, образованный сотами, и оказывался в свободном затененном пространстве под павильоном. Чтобы попасть внутрь «Улья», нужно подняться на уровень выше – на открытую деревянную террасу, под которой расположена зона для экспозиции (рис. 4). Такой сложный путь символизировал движение пчелы во время полета.

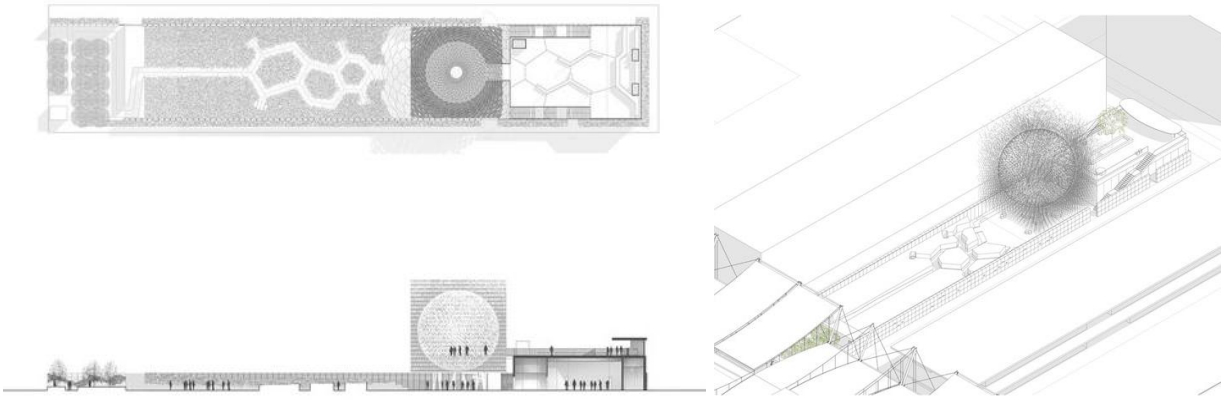


Рис. 4. Проект выставочного павильона (план, разрез, 3D-модель)

Сам павильон является архитектурно-пластической визуализацией обычного пчелиного улья и представляет собой трехмерную сетчатую оболочку, которая пульсирует и гудит подобно настоящему рою. Снаружи объем выглядит как куб размером 14×14×14 м, закрепленный на трехметровых опорах. Эффектную структуру пчелиного дома создает 40-тонный остов, состоящий из более 169 тысяч алюминиевых деталей, уложенных в 32 горизонтальных слоя. Прямолинейные, концентрические и зигзаго-образные элементы формируют гексагональные ячейки – соты, шестиугольная геометрия

которых обеспечивает высокую жесткость конструкции [6, 7]. Мысли о рое возникают и за счет вращательного скручивания металлического каркаса.

В центре **решетчатой поверхности** просматривается 9-и метровая в диаметре сферическая полость, позволяющая посетителям войти и почувствовать себя внутри пчелиной семьи. Подобное ощущение создается за счет того, что в концентрические детали сферы вмонтированы акселерометры, которые используются для измерения активности реальной колонии пчел, живущей в Ноттингеме. Датчики вибрации подают сигналы контроллерам, а те, в свою очередь, заставляют источники звука и света жужжать, мерцать и пульсировать. Таким образом, алюминиевый улей с достоверной точностью отражает настоящую жизнь насекомых.

Основой архитектурной композиции сооружения является гармоничная связь внутреннего пространства и внешнего облика, а также его взаимосвязь с окружающей средой. Ячеистая структура не является пустой и статичной, она наполнена солнечным светом и ветром. Люди, подобно пчелам, роятся внутри, и форма оживает, превращаясь в динамичный скульптурный объект.

Британские архитекторы в своих проектах используют самые смелые новаторские идеи и технические приемы. Все чаще практикуется комплексный подход, согласующий усилия специалистов из разных областей и направленный на совершенствование архитектурной среды. Применяя современные строительные материалы и конструкции, проектировщики создают пластичную структуру, способную видоизменяться в зависимости от светового и звукового оформления, окружающей среды, а также процессов, происходящих внутри сооружений. Объекты становятся средством передачи информации, которую способен воспринимать человек. Следовательно, создавая феноменальные архитектурные образы, авторам удается привлечь внимание к актуальным проблемам человечества.

Библиографический список

1. Шпаков, В.Н. История всемирных выставок / В.Н. Шпаков. – М.: АСТ: Зебра Е, 2008. – 384 с.

2. Волегова, А.А. Феномен архитектуры нового тысячелетия / А.А. Волегова // Вестник ТГГАСУ. – 2008. – № 3. – URL: http://eakimova.com/?page_id=226&page=17.

3. UK Pavilion for Shanghai Expo 2010. – URL: https://malcolmreading.co.uk/-what-we-do/project/uk_pavilion.

4. UK Pavilion. Shanghai Expo 2010. – URL: http://www.heatherwick.com/uk-pavilion.

5. The Hive. – URL: http://www.wolfgangbuttress.com/expo-2015.

6. British Pavilion, Milan Expo 2015. – URL: http://www.simmondsstudio.com/-ss.php?pageID=project&projectID=29.

7. “Hive”. UK Pavilion. – URL: http://www.stageone.co.uk/projects/the-hive.

К содержанию

УДК 378.016:514.18 + 378.03

РОЛЬ СТУДЕНЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ «ПРОМЕТЕЙ» В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТА

Е.А. Усманова

В работе рассмотрена значимость проведения студенческой олимпиады по начертательной геометрии не только как важной составляющей образовательного процесса, но и представлена ее роль в профессиональной подготовке студента.

Ключевые слова: начертательная геометрия, олимпиада, образовательный процесс, профессиональная подготовка.

Дисциплина «Начертательная геометрия» является первой общепрофессиональной дисциплиной, которую студенты изучают при поступлении в вуз. В процессе изучения начертательной геометрии студенты приобретают знания, необходимые при изучении других общенаучных и специальных технических дисциплин. Проектирование, изготовление и эксплуатация машин и механизмов связано с созданием реальных и электронных моделей сборочных узлов и деталей, получением изображений в виде рисунков, эскизов, чертежей. Поэтому основной задачей начертательной геометрии в современных условиях является обучение студентов теоретическим основам построения геометрически точных изображений и электронных моделей изделий, решению по изображениям и электронным моделям позиционных и метрических задач, возникающим при проектировании [1].

В Южно-Уральском государственном университете ежегодно проводится олимпиада «Прометей» по различным предметам для выявления наиболее одаренных студентов. В конце первого семестра для студентов технических специальностей на кафедре «Инженерная и компьютерная графика» в рамках олимпиады «Прометей» проводится олимпиада по начертательной геометрии. На олимпиаде студентам предлагается решить задачи повышенной сложности. Олимпиада проходит в два тура. Первый тур – заочный. Для прохождения заочного тура студентам необходимо решить контрольно-графические задания, в процессе решения которых студенты поднимают свой уровень знаний, умений и навыков по графическому моделированию, формирующих пространственное воображение и профессиональные компетенции по отображению объектов на плоскости. По результатам заочного тура студенты допускаются на очный тур, где им предлагается решить в течение четырех часов три задачи по темам: одна комплексная задача, две задачи на пересечение поверхностей, из которых одна задача решается с использованием в качестве вспомогательных поверхностей секущие плоскости, а вторая – вспомогательные сферические

поверхности: концентрические или эксцентрические. В задачах присутствуют элементы смекалки и другие «изюминки». Студенты, решившие все задачи безукоризненно и набравшие максимальное количество баллов, становятся победителями олимпиады и награждаются Почетными грамотами университета. В качестве поощрения победители олимпиад, как правило, освобождаются от сдачи экзамена по начертательной геометрии и после сдачи текущих семестровых заданий получают оценку «отлично». В 2016 году число участников второго тура олимпиады по всем факультетам достигло 300 студентов, из них число победителей – 10 человек.

Основным требованием при организации олимпиады является приобщение как можно большего количества студентов к познавательной деятельности, стимулирование студентов к углубленному изучению предмета и формирование компетенций, определенных ФГОС для данной специальности. Участие в этих мероприятиях позволяет студентам подчеркнуть свой социальный статус и показать значимость в современном мире [2]. Студенты гордятся достигнутым результатом, подтверждением является факт демонстрации в социальных сетях полученных наград и дипломов, фотографий с мероприятий. В ходе проведения и подготовки олимпиады выявилась одна очень важная особенность: в процессе подготовки к олимпиаде у студентов произошло изменение отношения к учебе с обязанности на интерес, что необходимо для стимулирования процесса творческой активности. Следует отметить, что студенческие годы – это время интенсивного развития интеллектуальных и творческих способностей, формирования убеждений и воспитание нравственных принципов человека как социума.

Проведение олимпиады является важной составляющей образовательного процесса и одной из форм внеаудиторной работы, что помогает выявить наиболее способных студентов, а также стимулирует углубленное изучение дисциплины или профессионального модуля, служит развитию интереса к изучаемым дисциплинам, готовит к будущей деятельности, формируют активную жизненную позицию. Ее подготовка и проведение выполняет важнейшую функцию профессионального развития и социализации [3]. Олимпиадная среда позволяет моделировать ситуации, развивающие готовность к проявлению творческих способностей в условиях жестких ограничений и ответственности за конечный результат. Важная роль олимпиады – это развитие знаний и умений, полученных студентами при изучении ими общепрофессиональных дисциплин и углубление достигнутого уровня при изучении профессиональных модулей, что должно обеспечивать высокий результат в олимпиадах, относящихся к профессиональной подготовке.

Любой студент, поступая в университет, уже начинает задумываться о возможности своего трудоустройства после его окончания. В настоящее время рынок труда предъявляет довольно жесткие требования к уровню

квалификации выпускников технических вузов. От них помимо высокой профессиональной подготовки требуются такие фундаментальные формы проявления умственной деятельности инженера, как мышление, воображение и фантазия в техническом творчестве. Именно начертательная геометрия и инженерная графика способствуют развитию последних, так как они изучают законы, алгоритмы и средства визуализации информации о геометрических оригиналах, процессах и явлениях [4, 5]. Также приветствуются такие качества выпускника, как лидерство, упорство, ответственность, надежность, работа на результат. Поэтому особую актуальность приобретает ориентация высшей школы на подготовку инженера, имеющего не только хорошие знания, навыки в профессиональной сфере, но и умеющего правильно оценить сложившуюся производственную ситуацию, принять соответствующее решение, позволяющее достигнуть хорошего практического результата.

Таким образом, именно проведение и участие студентов в олимпиадах способствуют раскрытию способностей учащегося, самоутверждению его личности, развивают чувство собственного достоинства, стремление к достижению высоких результатов, развивают уверенность в своих силах.

Библиографический список

1. Хмарова, Л.И. Формирование и развитие профессиональных навыков студентов в курсе начертательной геометрии / Л.И. Хмарова, А.Н. Логиновский, Е.А. Усманова // Геометрия и графика. – М.: ИНФА-MV3. – 2015. – Т. 3. – С. 46–51.

2. Вышнепольский, В.И. Функции олимпиад / В.И. Вышнепольский // Геометрия и графика. – М.: ИНФРА-М. – V. 1. I. 3/4. – С. 44–47.

3. Проблемы организации и проведения предметных олимпиад в высших учебных заведениях // Материалы Всероссийского научно-методического семинара / Под ред. Ю.П. Шевелева, А.В. Константинова. – Рыбинск: РГАТА, 2008. – 142 с.

4. Усманова, Е.А. Развитие профессионально-творческого потенциала студентов при изучении инженерной графики / Е.А. Усманова // Проблемы и перспективы технических наук: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во АЭТЕРНА, 2015. – С. 210–216.

5. Хмарова, Л.И. Применение компьютерных технологий при изучении графических дисциплин / Л.И. Хмарова, Е.А. Усманова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование и педагогика». – 2014. – Т. 6. № 2.– С. 59–64.

К содержанию

УДК 332.144(470.55) + 711.4(470.55)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСКА МЕТОДОМ АНКЕТИРОВАНИЯ

Н.В. Шилоносова, И.В. Малев, В.Н. Кучин, Д.Р. Сунагатуллина

Приведены данные о результатах анкетирования жителей города Челябинска. Исследованы характеристики показателей развития города. Установлено, что экологические проблемы очень актуальны.

Ключевые слова: анкетирование, развитие города, прогнозирование развития территорий.

В современных условиях повышение социально-экономического развития городов РФ является актуальной задачей как в текущем периоде, так и в далекой перспективе. Решать ее позволяют методы прогнозирования и планирования [1]. Одним из современных методов прогнозирования является анкетирование [2]. С целью формирования прогнозов развития города по качеству жизни населения в марте 2017 г. было проведено письменное анкетирование среди студентов Южно-Уральского государственного университета очной формы обучения, а также электронное анкетирование в социальных сетях среди обычных жителей города Челябинска разного социального положения, пола и возраста. Было опрошено 76 человек, структура опрошенных по полу, возрасту и социальному положению соответствует структуре города. В анкете затронут ряд тем, которые в определенной степени позволяют оценить отношение людей к разным сферам их жизни: спорту и здоровью, экологической обстановке, образования, туризма и медицинского обслуживания. Анкета разделена на 5 блоков по три вопроса в каждом блоке, итого 15 вопросов с закрытыми ответами: да и нет. Рассмотрим результаты исследования.

Первый блок вопросов: «Здоровый образ жизни»

1. Занимаетесь ли Вы каким-либо видом спорта? 47 % всех опрошенных занимаются спортом, чуть меньше половины. Следует отметить, что студенты менее спортивны –38 % занимаются спортом.

Важно прививать любовь к спорту с юного возраста для формирования здорового населения города. Поэтому задачей городской администрации является приобщение людей к спорту путем строительства новых спортивных сооружений, организации массовых спортивных мероприятий и т.д.

2. Регулярно ли Вы занимаетесь спортом? Только 38 % опрошенных регулярно занимаются спортом (рис. 1). Этот показатель является важным т.к. только регулярные тренировки делают человека здоровым физически и психологически.

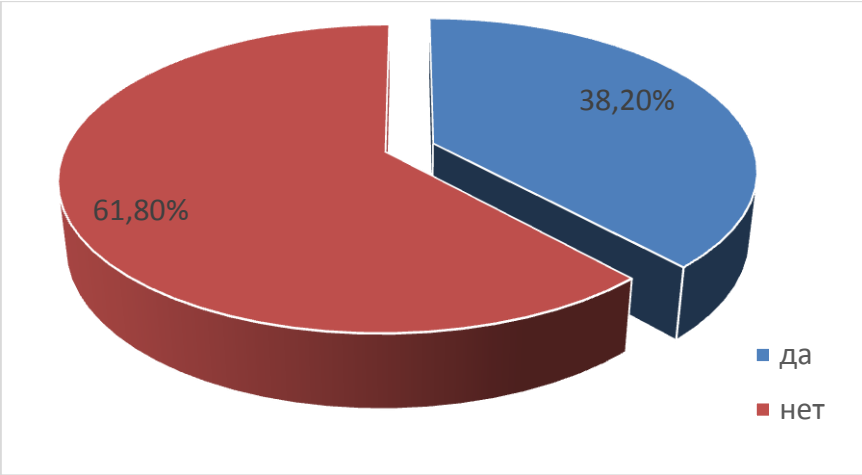


Рис. 1. Структура ответов на вопрос:
«Регулярно ли Вы занимаетесь спортом?»

3. Как Вы считаете, здоровый образ жизни способствует успеху в других сферах человеческой деятельности (учеба/работа)? 92 % всех опрошенных согласны с этим утверждением, т.е. опрошенные знают о преимуществах спорта и считают, что ведение здорового образа жизни является большим преимуществом в жизни (рис. 2).

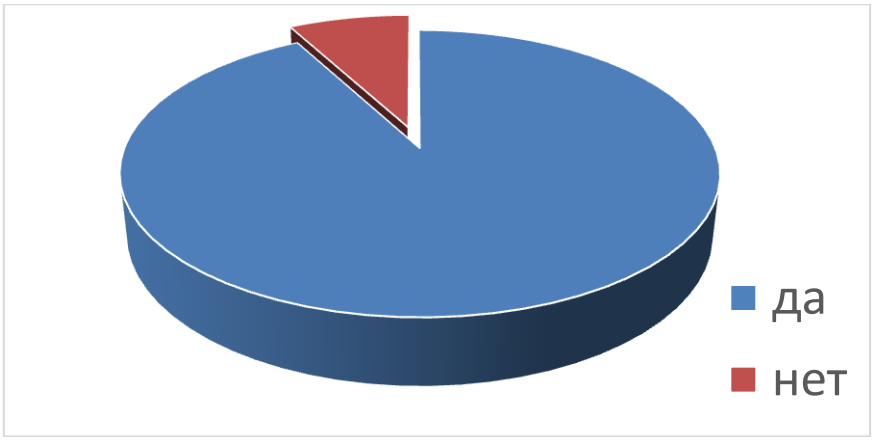


Рис. 2. Структура ответов на вопрос:
«Как Вы считаете, здоровый образ жизни способствует успеху
в других сферах человеческой деятельности (учеба/работа)?»

По блоку « Здоровый образ жизни» можно сделать вывод, что только половина опрошенных занимается спортом, а регулярно занимается спортом только треть Следствием несоблюдения здорового образа жизни могут являться разные болезни и проблемы на работе и в семье.

Второй блок: «Экология города»

1. Актуальна ли проблема экологии в городе Челябинск на данный момент? 96 % всех опрошенных считают Челябинск грязным регионом с плохой экологией (рис. 3).

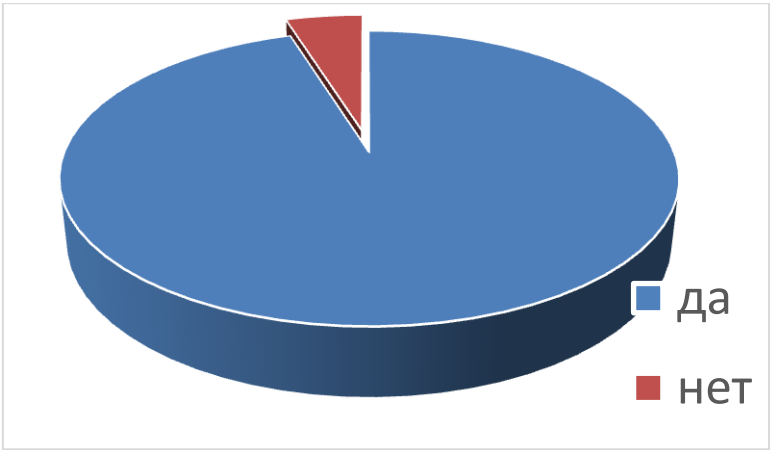


Рис. 3. Структура ответов на вопрос: «Актуальна ли проблема экологии в городе Челябинск на данный момент?»

2. Стараетесь ли Вы экономить воду и электроэнергию дома и/или на работе? 66 % всех опрошенных экономят воду и электроэнергию дома и/или на работе, что очень важно для уменьшения воздействия на окружающую среду (рис. 4).

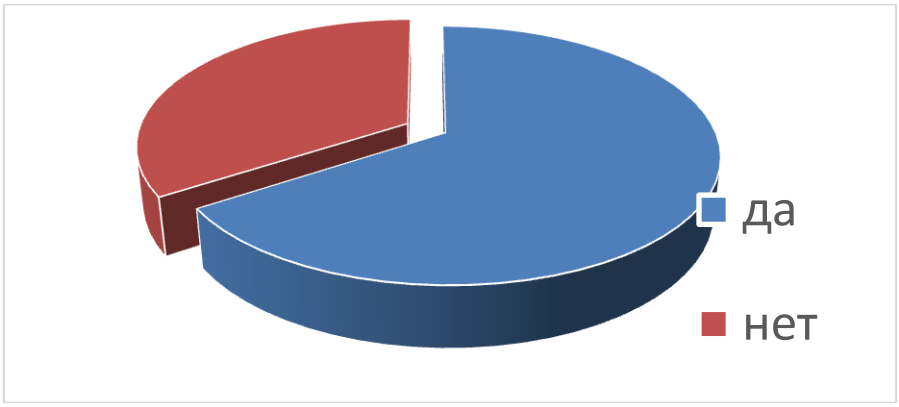


Рис. 4. Структура ответов на вопрос: «Стараетесь ли Вы экономить воду и электроэнергию дома и/или на работе?»

3. Как Вы считаете, способны ли Вы улучшить экологическую обстановку в своем городе? 46 % ответили да, а 54 % опрошенных считают, что они не могут улучшить экологию города самостоятельно. Следовательно, надо решать этот вопрос глобально на городском уровне.

Действительно, в городе существует множество экологических проблем, начиная с загрязнения реки и озер и заканчивая вредными выбросами. Это связано с высокой концентрацией промышленных предприятий с низкоэффективными технологическими процессами. Главная задача жителей города и ее администрации заключается в том, чтобы осуществлять процесс развития предприятий с учетом экологических требований. Для этого необходимо повысить заинтересованность предприятий в переработ-

ке производственных отходов, необходимо изменение законодательной базы, применение льгот для предприятий, осуществляющих вторичную переработку своих отходов или применяющих в своей деятельности материалы и технологии, уменьшающие негативное воздействие на экологию.

Третий блок: «Высшее образование»

1. Имеете ли Вы высшее образование? Результаты анкетирования: 26 % опрошенных имеют высшее образование, а еще 38 % оканчивают вуз.

2. Как Вы считаете, влияет ли высшее образование на социальное положение в обществе? 74 % всех опрошенных согласны с этим утверждением (рис. 5).

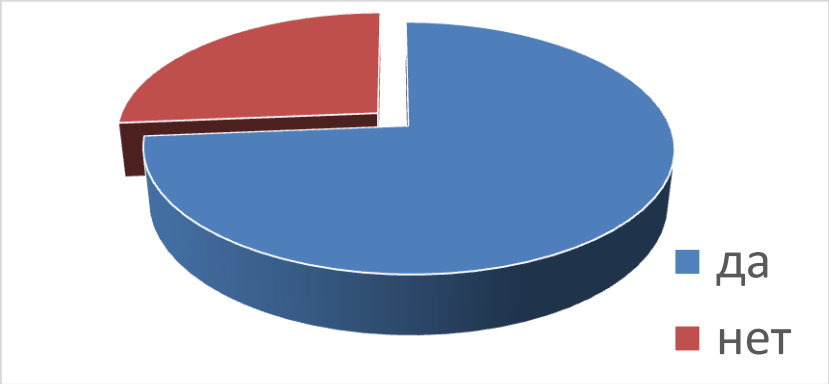


Рис. 5. Структура ответов на вопрос: «Как Вы считаете, влияет ли высшее образование на социальное положение в обществе?»

3. Считаете ли Вы полученное Вами образование качественным? 55 % опрошенных, а среди студентов 88 %, считают, что полученное ими образование не является качественным. Следовательно, проблема качества образования в вузах г. Челябинска является актуальной.

Можно сделать вывод, что система высшего образования в России нуждается в реформах. Выходя из стен вуза, молодой специалист является специалистом только по теории, из которой на 95 % состоит курс обучения в вузах России сегодня. На практике он понятия не имеет не только о том, как применить теорию и сложные концепции в работе, но даже – с какой стороны подступиться к выполнению поставленных задач. Поэтому и в результатах анкетирования видно, что люди (особенно студенты) недовольны качеством образования. Нужно внедрять комплекс мероприятий, которые могут разрешить эту проблему. Такими являются следующие мероприятия:

1) проведение разъяснительных лекций и бесед со студентами о профессии и будущей работе и выездных мероприятий;

2) снижение количества всех непрофильных и общеобразовательных предметов до 5 % за все время обучения;

3) увеличение доли практической информации минимум до 60%;

4) глубокое изучение всех современных программ по специальности, актуальных на данный момент;

5) организация практики на уровне вуза с равными условиями для всех студентов, строгий контроль за прохождением практики.

Четвертый блок: «Развитие туризма»

1. Совершали ли Вы «обзорную экскурсию» по городу Челябинску? 42 % – да, а 58 % всех опрошенных не совершали «обзорную экскурсию». Поэтому для привлечения людей необходимо развивать новые направления туризма.

2. Как Вы считаете, является ли город Челябинск привлекательным для туристов? 33 % всех опрошенных считают г. Челябинск привлекательным для туристов. Развитие г. Челябинска как туристического направления возможно, но для этого необходимо развивать инфраструктуру города, облагораживать его и т.д.

3. Считаете ли Вы город Челябинск культурным центром Южного Урала или Урала в целом? Больше половины – 54 % – согласны с этим утверждением и считают г. Челябинск культурным центром (рис. 6).

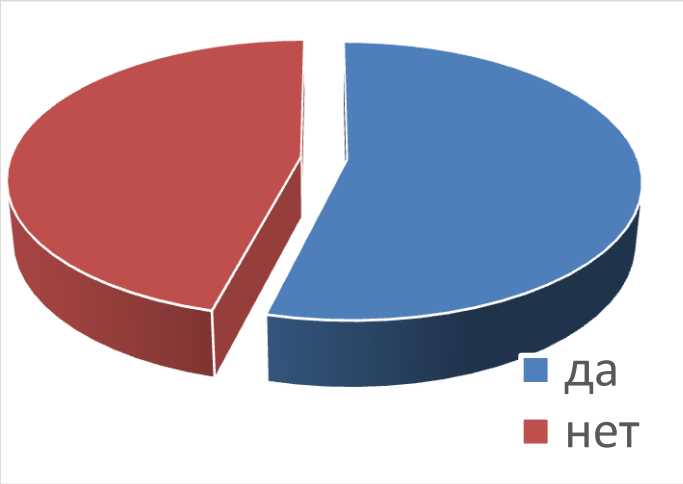


Рис. 6. Структура ответов на вопрос: «Считаете ли Вы город Челябинск культурным центром Южного Урала или Урала в целом?»

В сознании достаточно большого количества россиян Челябинская область предстаёт далёким предсибирским краем с холодным климатом и суровыми жителями – металлургами и каменотёсами. Однако Челябинская область и сам г. Челябинск – это не только промышленный регион, но еще и место, где сосредоточены огромные туристические ресурсы: исторические, природные и многие другие. В Челябинской области представлено большое количество туристических направлений: туризм спортивный, культурно-познавательный, рекреационный и другие [3]. Это очень важно в настоящее время, поскольку для России развитие туристской сферы (в особенности развитие внутреннего и въездного туризма) является первоочередной задачей. В данный момент из-за политической и экономической обстановки в стране всё меньше людей могут выезжать отдыхать за границу.

Но из-за отдаленности Челябинской области от Европейского центра России доставка туристов в регион железнодорожным транспортом, на наш взгляд, является проблематичной. Вместо этого в регионе желательно развивать воздушное сообщение с другими крупными городами России. Это упростит приезд туристов, а также создаст дополнительные рабочие места. Есть и другой вариант: строительство высокоскоростных железнодорожных путей для поездов типа «Сапсан».

Пятый блок: «Медицина»

1. Нравится ли Вам качество медицинской помощи, оказываемой Вам в государственных учреждениях? 39 % опрошенных людей довольны качеством медицинского обслуживания в г. Челябинске.

2. Как Вы считаете, улучшится ли обслуживание в государственных медицинских учреждениях к 2030 г.? 66 % опрошенных считают, что улучшится (рис. 7).

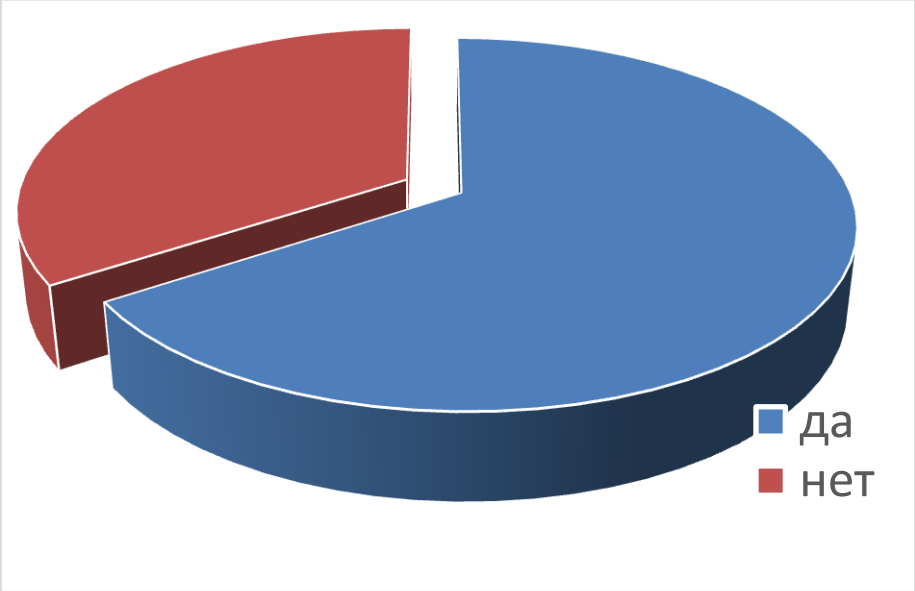


Рис. 7. Структура ответов на вопрос: «Как Вы считаете, улучшится ли обслуживание в государственных медицинских учреждениях к 2030 г.?»

3. Как Вы считаете, увеличится ли приток специалистов в сфере медицинского обслуживания в городе Челябинске к 2030 г.? 62 % опрошенных людей считают, что увеличится. Люди рассчитывают на увеличение количества специалистов и увеличение качества обслуживания к 2030 г.

Состояние здоровья населения – весьма точный индикатор социально-экономического развития страны [4]. Поэтому приоритетной целью является повышение качества медицинского обслуживания, привлечение новых специалистов, закупка нового оборудования и повышение финансирования.

Таким образом, обобщая результаты исследования, видим, что самой важной проблемой в городе является проблема экологии. Однако люди готовы вносить свой вклад в улучшение экологической обстановки в городе. Также малоперспективным направлением развития города респонденты считают развитие туризма, несмотря на то, что город является крупнейшим промышленным, культурным и научным центром Южного Урала. Ухудшение наблюдается в сфере образования, большая часть опрошенных, а студенты 4-го курса особенно, недовольны качеством образования. Однако почти все респонденты считают, что высшее образование играет огромную роль в становлении личности, построении карьеры и успехов в жизни.

Также исследование показало, что больше половины опрошенных ведут здоровый образ жизни и занимаются спортом. В сфере медицины только 39 % опрошенных довольны качеством медицинского обслуживания, однако 66 % рассчитывают на повышение качества обслуживания к 2030 г.

В заключение отметим, что полученные результаты можно использовать в принятии стратегических и тактических решений по развитию города Челябинска.

Библиографический список

1. Сапожникова, Т.А. Планирование и прогнозирование социально-экономического развития городов РФ до 2030 года / Т.А. Сапожникова, М.А. Шугаева, А.И. Кузнецова // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2014. – № 4 (10). – С. 97–99.

2. Шилоносова, Н.В. К вопросу прогнозирования на основе анкетирования / Н.В. Шилоносова, В.Н. Кучин // Современные тенденции развития инновационной экономики. Сб. статей участников Международной заочной научно-практической конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – С. 44–48.

3. Больщикова, Е.А. Возможности и перспективы развития туризма в Челябинской области [Электронный ресурс] / Е.А. Больщикова, М.А. Чернякова. – URL: http://www.scienceforum.ru/.

4. Нюдюралиева, С.Ф. Обязательное медицинское страхование – как основа финансирования системы здравоохранения регионов / С.Ф. Нюдюралиева // Финансы и кредит. – 2011. – № 6. – С. 54–60.

К содержанию

УДК 378.016:744

ВАРИАТИВНОСТЬ ПОДАЧИ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ПРИМЕРЕ ЗАДАНИЯ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

О.В. Шутова

В работе на примере задания по инженерной графике рассмотрен вариант подачи нового теоретического материала, позволяющий повысить качество индивидуальных графических работ студентов.

Ключевые слова: инженерное образование, подача материала, усвоение материала, процент остаточных знаний.

В современных условиях усвоение нового теоретического материала у студентов является главным критерием оценки знаний. Каждый из преподавателей любой кафедры стремится к максимальному усвоению слушателями своего предмета. Составляя план учебного занятия, необходимо продумать, какими средствами и приёмами вы будете передавать студентам известную вам познавательную информацию. Известно, что при подаче преподавателем материала в устной форме слушатели усвоят новую для них информацию лишь на 10 %. При наличии наглядного способа передачи теоретического материала эффективность повысится до 20 %. Задействование аудиального и визуального каналов одновременно доведёт усвояемость материала до 50 %. И только самостоятельная работа студентов над индивидуальными заданиями позволит им усвоить материал на 90 %.

Рассмотрим вариант подачи теоретического материала на примере задания по инженерной графике «Эскизирование натурных учебных моделей». Каждый студент получает задание в виде натурной учебной модели, которые представляют собой совокупность стандартных геометрических поверхностей и имеют одну или две плоскости симметрии. Содержание работы: вычертить в соответствии со своим вариантом задания три изображения детали (вид спереди, вид сверху, вид слева), выполнить необходимые разрезы и проставить размеры [1].

Перед началом самостоятельной работы студентов преподаватель поэтапно разрабатывает аналогичный вариант задания с сопутствующим разъяснением последовательности и требований, предъявляемых к работе. На первом этапе проводится анализ учебной модели, выявляются отдельные простейшие геометрические фигуры, входящие в её состав, и выбирается главный вид модели. Далее учащимся предлагается проанализировать индивидуальные учебные модели [1, 2].

На втором этапе производится подготовка листа формата А3 к работе: вычерчивается рамка и основная надпись. На этом этапе прорабатывается содержание ГОСТ 2.301–68 «Форматы» и ГОСТ 2.104–2006 «Основные надписи». Также производится компоновка будущего чертежа: для изображений создаются «габаритные прямоугольники» (рис. 1). Тем самым исключаются наиболее распространённые ошибки студентов при выполнении подобного вида работ (неравномерное заполнение поля формата, неверное расположение видов детали, отсутствие проекционной связи между видами).

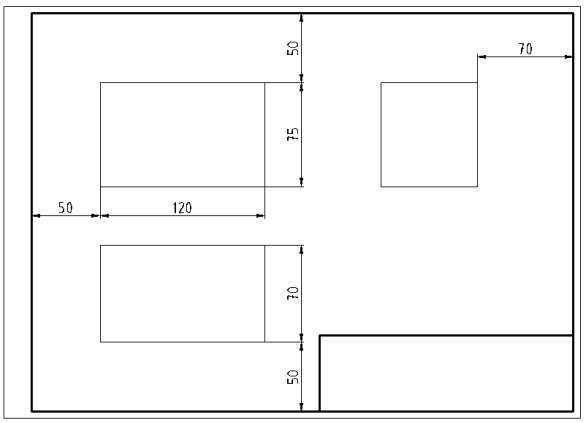


Рис. 1. Вид работы на втором этапе

На третьем этапе работы внутри «габаритных прямоугольников» тонкими линиями наносятся оси и внешние и внутренние контуры необходимых видов (рис. 2). Со студентами прорабатывается содержание ГОСТ 2.303–68 «Линии», ГОСТ 2.305–2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения» и ГОСТ 2.302–68 «Масштабы». Исключаемые на данном этапе ошибки: неверные измерения элементов детали, несимметричное расположение элементов детали, несоответствующее ГОСТу нанесение типовых линий).

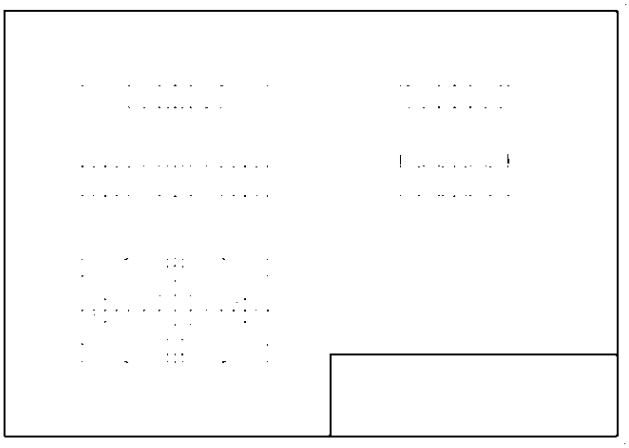


Рис. 2. Вид работы на третьем этапе

На четвёртом этапе работы преподаватель выполняет необходимые разрезы, наносит штриховку и обводит видимые контуры основной линией (рис. 3). На данном этапе прорабатывается содержание ГОСТ 2.306–68 «Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах» и ГОСТ 2.305–2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения». Со студентами обсуждаются возможные варианты возникновения ошибок и способы их недопущения (неверное расположение разрезов на виде, несоответствующие ГОСТу угол и интервал нанесения штриховки разрезов, нанесение штриховки на тонкостенные элементы – рёбра жёсткости).

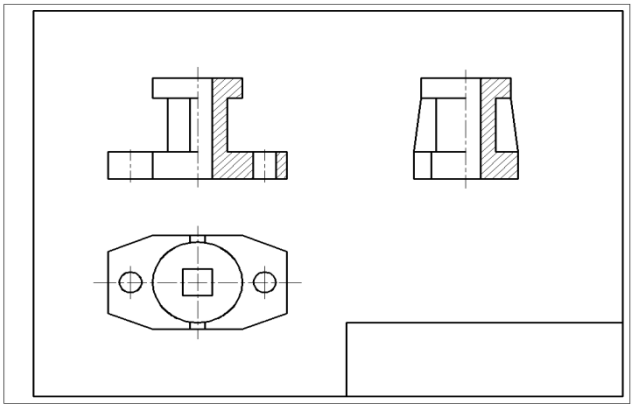


Рис. 3. Вид работы на четвёртом этапе

На заключительном этапе преподаватель проставляет размеры в соответствии с ГОСТ 2.307–2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений» и прорабатывает со студентами основные положения ГОСТа. Это позволяет сократить возникновение ошибок при нанесении размеров во время работы студентов с индивидуальными заданиями. Также на этом этапе прорабатывается содержание ГОСТ 2.304–81 «Шрифты чертёжные».

Изложение нового материала на фоне разработки примерного практического задания позволяет улучшить усвояемость информации, привлечь внимание обучающихся к возможным вариантам допущения ошибок для их устранения, что позволяет повысить качество выполняемых студентами работ и увеличить процент остаточных знаний.

Библиографический список

1. Кувшинов, Н.С. Инженерная графика в приборостроении. Учебное пособие / Н.С. Кувшинов, Т.Н. Скоцкая. – 2-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 143 с.

2. Логиновский, А.Н. Проекционное черчение. Учебное пособие / А.Н. Логиновский, А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова, Т.В. Бойцова. – 2-е изд., испр. и доп. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 77 с.

К содержанию

УДК 699.86

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Т.В. Ярина, Е.М. Усиевич

У современного строительного производства имеется богатый выбор различных строительных материалов и конструкций. Поэтому так важно на основании сравнения между отдельными материалами и типами стен выяснить их толщину и виды при использовании в строительстве в отдельных регионах. Особое внимание обращается на создание наиболее рациональных конструкций тепловой изоляции, которые дают возможность значительно снизить тепловые потери при теплообмене. Этот процесс необходимо рассматривать в соответствии с геометрическими и временными показателями.

Ключевые слова: теплообмен, теплопроводность, температура, номограмма, толщина изоляционного слоя.

Теплообмен имеет сложную физическую природу и зависит от температурного поля в заданной области, особенно через многослойные поверхности. Эти многослойные поверхности наглядно видны в стенах жилых и общественных зданий. В этих зданиях особое внимание обращается на создание наиболее рациональных конструкций тепловой изоляции и выбор их толщин. Для подсчета общего термического сопротивления стены или её теплоизоляции необходимо разобраться, как происходит лучистый теплообмен с холодной стенкой.

Чем выше температура поверхности комнатных стен и предметов, тем больше теплообмен в комнате. В свою очередь температура предметов зависит от температуры внешней поверхности наружных стен. Чем холоднее эта часть стены, тем интенсивнее она поглощает тепловые лучи и тем больше охлаждаются предметы в комнате [1]. Человеческий организм ощущает холод даже тогда, когда температура комнатного воздуха нормальная.

Контролировать влияние лучистого теплообмена можно толщиной и видом теплоизоляции стен, что даёт увеличение температуры внутренней поверхности стен и снижение теплопотери излучением людей. Интенсивность излучения человека по отношению к температуре наружной стены будет больше в случае слоистой стены. Так как излучение организма является самым важным, то оно и служит главной причиной охлаждения человеческого тела и ощущения холода от стен с низкой температурой [1].

Теплоёмкость стены зависит от её материала: чем больше теплоёмкость, тем больше может аккумулировать данный материал. Чем больше теплоёмкость, тем больше количества тепла и времени тратится на прогрев

холодной стены и сохранение устойчивости температуры комнаты. Суточное колебание температуры внешней поверхности наружной стены выравнивается внутренним слоем стены.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что для правильного подбора материала стен необходимо знать:

– тип помещения;

– последовательность установки материалов;

– толщину материалов (δ).

Для подбора строительных материалов можно воспользоваться эквивалентной теплопроводностью ($\lambda_{экв}$) [2]:

$$\lambda_{экв} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \delta_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \cdots + \delta_n}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \cdots + \frac{\delta_n}{\lambda_i}}. \quad (1)$$

С помощью этой формулы можно не только найти толщину материалов, но и определить их последовательность.

Если принять за эффективную температуру среднюю арифметическую между температурой внутреннего и наружного воздуха $t_в$ и $t_н$ соответственно, то понижение t может иметь вид:

$$t_{эф} = \frac{t_в + t_н}{2} = 0{,}5\, R_b \times (K_1^н - K_2^в) \times (t_в - t_н), \quad (2)$$

где $К_1^н, К_2^в$ – коэффициенты теплопередачи стены наружной и внутренней;

R_b – сопротивление внутренней стены;

$t_в$ – температура внутреннего воздуха;

$t_н$ – температура наружного воздуха.

Правильное применение изоляции во всех отраслях строительства дает возможность:

- экономить топливо и уменьшать потери тепла и холода;
- поддерживать требуемую температуру технологического процесса;
- интенсифицировать технологический процесс;
- создавать нормальные санитарно-гигиенические и безопасные условия труда;
- снимать температурное напряжение в металлических конструкциях;
- обеспечивать противопожарную защиту строительных ограждений;
- снижать стоимость строительства, вес конструкции, расход материалов.

Основными требованиями, предъявляемыми к теплоизоляционным материалам и конструкциям, являются:

- низкий объемный вес (не превышающий 600 кг/м^3) в сочетании с низким коэффициентом теплопроводности (до 0,1 Вт/(м·К), при средней температуре 200 °С;
- достаточная механическая прочность;
- температуроустойчивость;
- низкое водопоглощение;

- малая гигроскопичность.

Следует отдавать предпочтения материалам малодефицитным, экономичным, надёжным в эксплуатации.

Все теплоизоляционные конструкции состоят из основного изоляционного слоя, крепежных элементов, покровного (защитного) и отделочного слоя. Покровный слой придает изоляции правильную форму, защищает ее от внешних механических повреждений и атмосферных осадков.

Толщина теплоизоляционных конструкций определяется в зависимости от назначения и условий эксплуатации [3]:

1) по заданным тепловым потерям;

2) по заданной температуре на поверхности изоляции.

Определение толщины изоляции $\delta_{ИЗ}$ (м) по заданным потерям тепла

$$\delta_{ИЗ} = \lambda_{ИЗ} \cdot R_{ИЗ} = \lambda_{ИЗ} \cdot (R + R_H) = \lambda_{ИЗ}\left(\frac{t_T - t_0}{q_\ell} + \frac{1}{\alpha_H}\right), \quad (3)$$

где $\lambda_{ИЗ}$ – коэффициент теплопроводности изоляции, Вт/(м·К);

$R_{ИЗ}$ – термическое сопротивление основного изоляционного слоя конструкции ($м^2$·К)/Вт;

R – полное термическое сопротивление 1 $м^2$ поверхности изоляции, ($м^2$·К)/Вт.

$$R = \frac{t_T - t_0}{q_\ell}, \quad (4)$$

где R_H – сопротивление теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающую среду ($м^2$·К)/Вт;

t_T – температура теплоносителя, °С;

t_0 – температура окружающего воздуха, °С;

q_l – заданные (нормативные) потери тепла с 1 $м^2$ изолированной поверхности, Вт/м, либо по формуле:

$$q_l = \frac{Q}{\sum F}. \quad (5)$$

Для определения толщины изоляционного слоя можно воспользоваться номограммой (рис. 1).

Определение толщины изоляции по заданной температуре на поверхности изоляции

Этот метод используется, когда тепловая изоляция служит как средство, предохраняющее от ожогов при соприкосновении. Расчет толщины изоляции производится по заданной (или замеренной) температуре на поверхности изоляции.

Значение t_0 – температура окружающей среды должна приниматься как для наиболее тяжелого случая (жаркий месяц) по номограмме (рис. 2).

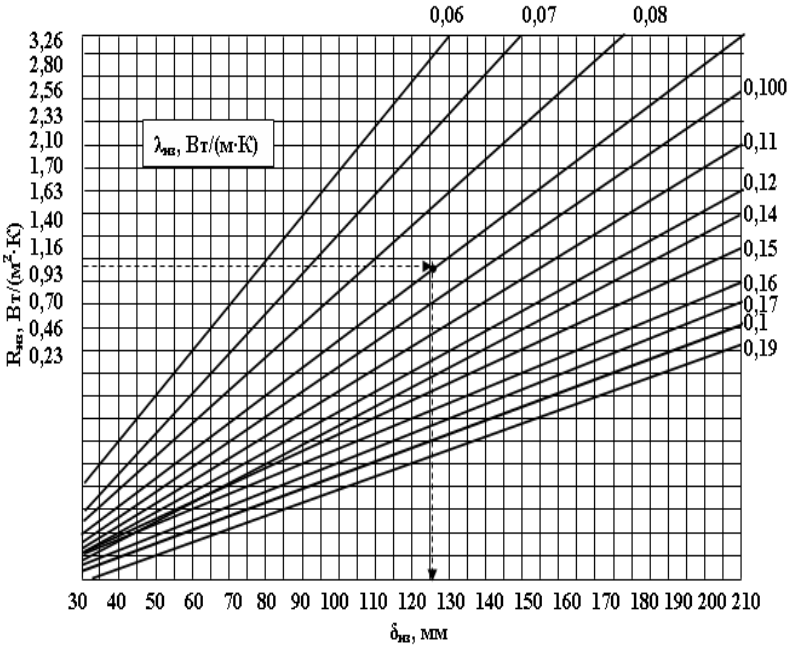


Рис. 1. Номограмма для определения толщины изоляционного слоя плоской поверхности по известной величине $R_{из}$

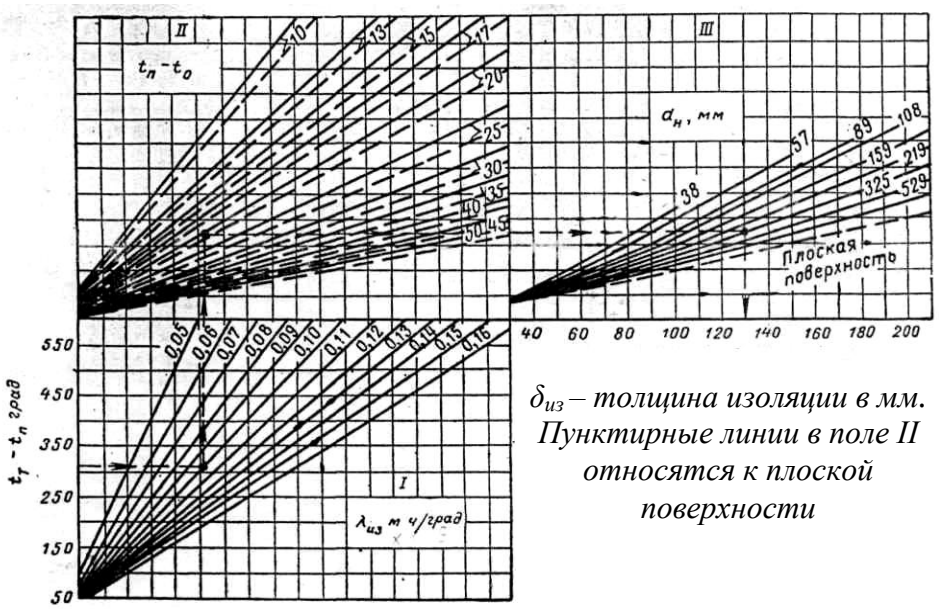


Рис. 2. Номограмма для определения толщины изоляционного слоя по заданной температуре на поверхности изоляции

Библиографический список

1. Юргенсон, Л.К. Тепловая экономика жилого здания / Л.К. Юргенсон. – Л., 1949.

2. Нащёкин, Н.И. Техническая термодинамика / Н.И. Нащёкин. – М., 1986.

3. Ярина, Т.В. Методические указания к лабораторной работе: определение толщин изоляционных материалов / Т.В. Ярина. – Челябинск.

К содержанию

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ ФАУЛЬТЕТ

УДК 629.762 + 533.66

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПУСКОВОМ КОНТЕЙНЕРЕ С УЧЕТОМ ДОГОРАНИЯ ГОРЮЧИХ КОМПОНЕНТОВ

Р.А. Пешков

В статье представлена методика расчета среднеобъёмных газодинамических параметров в пусковом контейнере с учётом догорания горючих компонентов и с учетом процессов теплообмена. Проанализировано влияние степени рекомбинации на коэффициент, учитывающий рекомбинацию, и коэффициент, учитывающий снижение теплопроводности окиси углерода. Проведен расчет динамики выхода ракеты-носителя (РН) из пускового контейнера и сделаны выводы о необходимости учета процессов догорания.

Ключевые слова: газодинамика, методика, рекомбинация, догорание.

Одними из основных задач при старте РН являются обеспечение заданного темпа выхода РН и определение газодинамических нагрузок на элементы конструкции пускового контейнера и РН. Старт РН условно можно разделить на два периода: период движения РН в контейнере (от начала времени работы порохового аккумулятора давления до времени, когда днище РН достигает верхнего среза пускового контейнера) и период последействия (после схода днища РН с кромки пускового контейнера). В статье рассматривается частный случай газодинамического старта, при котором катапультирование ракеты происходит с использованием продуктов сгорания высокоэнергетического твердого топлива порохового аккумулятора давления, находящегося не на борту РН. Основным преимуществом этой схемы старта является то, что её использование позволяет экономить запас топлива, находящийся на борту РН.

При рассмотрении периода движения РН в контейнере основной целевой функцией является изменение давления в подракетном пространстве, которое и определяет динамику движения РН в контейнере (скорость выхода РН из контейнера, являющейся определяющим параметром в создании системы управления и нахождения оптимального решения в выборе стартовых команд). В период движения в контейнере процесс изменения среднеобъёмных газодинамических характеристик в контейнере без учета

процессов рекомбинации, диссоциации и без учёта теплообмена газа со стенками контейнера и поддоном РН может быть описан системой уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{dp}{dt} = \dfrac{k-1}{V}\left[\dfrac{k}{k-1}\dot{m}RT - \dfrac{k}{k-1}p\dfrac{dV}{dt}\right] \\ \dfrac{dx}{dt} = v \\ m_P\dfrac{dv}{dt} = \dfrac{\pi d_k^2}{4}\left(p - p_h\right) - m_P g - F_{mp.}\ , \\ \dfrac{dV}{dt} = \dfrac{dx}{dt}\dfrac{\pi d_k^2}{4} \\ \dfrac{d\rho}{dt} = \dfrac{1}{V}\left[\dot{m} - \rho\dfrac{dV}{dt}\right] \end{cases} \quad (1)$$

где p – давление газа в контейнере; ρ – плотность газа в контейнере; x – положение РН; V – объем подракетного пространства; d_k – диаметр контейнера; p_h – атмосферное давление; k – показатель адиабаты; m_p – масса РН; $F_{mp.}$ – сила трения поясов амортизации; $\dot{m}$ – массовый секундный расход газов из порохового аккумулятора давления; v – скорость РН.

В системе дифференциальных уравнений, описывающих изменение среднеобъёмных газодинамических параметров в пусковом контейнере (1), учет процессов теплообмена осуществляется путём введения коэффициента тепловых потерь (характеризующего теплообмен поступающего газа в подракетный объём со стенками контейнера) в уравнение для определения изменения давления в пусковом контейнере:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{k-1}{V(t)}\left[\frac{k}{k-1}\left(1-\eta_t\right)\dot{m}RT - \frac{k}{k-1}p\frac{dV}{dt}\right], \quad (2)$$

где η_T – коэффициент тепловых (термических) потерь газов порохового аккумулятора.

Согласно полученным результатам в работе [1], по изменению среднеобъемного давления в пусковом контейнере, сделан вывод, что коэффициент η_T слабо меняется с течением времени и его можно принять постоянным по мере выхода РН из пускового контейнера.

Верификация результатов по определению коэффициента тепловых потерь производилась путём сравнения их со значениями, полученными в ходе испытаний на полноразмерных макетах и пусковых установках и рекомендованных при расчётах по распространенным методикам: $\eta_t = 0{,}12...0{,}16$ [2].

Термогазодинамика переменной массы газа должна рассматриваться с учетом догорания горючих компонентов при наличии газофазовых превращений окиси углерода в момент смешения высокотемпературных продуктов сгорания твердотопливных пороховых зарядов с воздушной средой.

Энергию за счет тепловыделения при догорании горючего компонента (окиси углерода) в пороховых газах можно представить через теплотворную способность:

$$dQ_{дог} = H_{co} q_{co} \eta^{Q} \dot{m}, \qquad (3)$$

где q_{co} – содержание окиси углерода в газах, поступающих в подракетный объем (предельные значения 0,3–0,7); $H_{co} = 110,6$ кДж/моль – теплота образования окиси углерода; $\eta^{Q} = \dfrac{-1,18n^2 + 73,184n + 16}{56n^2 + 32n}$ – коэффициент, учитывающий снижение теплопроводности окиси углерода при рекомбинации её в двуокись; n – степень рекомбинации (предельные значения 1–85).

Учет уменьшения газовой фазы окиси углерода при рекомбинации её в двуокись с выпадением углерода в виде твердой фазы осуществляется путем соответствующего коэффициента:

$$\eta_p = 0,5\left(1 - \frac{1}{n}\right) q_{co}. \qquad (4)$$

Таким образом, для учета догорания горючих компонентов продуктов сгорания в уравнение (2) необходимо добавить полученные выражения (3) и (4):

$$\frac{dp}{dt} = \frac{k-1}{V(t)}\left[\frac{k}{k-1}\left(1-\eta_t\right)\left(1-\eta_p\right)\dot{m}RT + H_{co} q_{co} \eta^{Q} \dot{m} - \frac{k}{k-1} p \frac{dV}{dt}\right].$$

Проведем анализ изменения коэффициента, учитывающего рекомбинацию, и коэффициента, учитывающего снижение теплопроводности окиси углерода в зависимости от степени рекомбинации при различном содержании углерода в продуктах сгорания (рис. 1).

В ходе анализа получено, что при степени рекомбинации от 1 до 30 коэффициент η_p возрастает, а затем слабо меняется, то есть при полной рекомбинации окиси углерода его можно принять постоянным. При этом темп нарастания и величина коэффициента η_p зависят от содержания окиси углерода в газе, и коэффициент может достигать значения $\eta_{p\max} \approx 0,346$. Коэффициент, учитывающий снижение теплопроводности окиси углерода при рекомбинации её в двуокись, в свою очередь с увеличением степени рекомбинации уменьшается и достигает своего минимума при n>45, что соответствует максимальным значениям коэффициента рекомбинации.

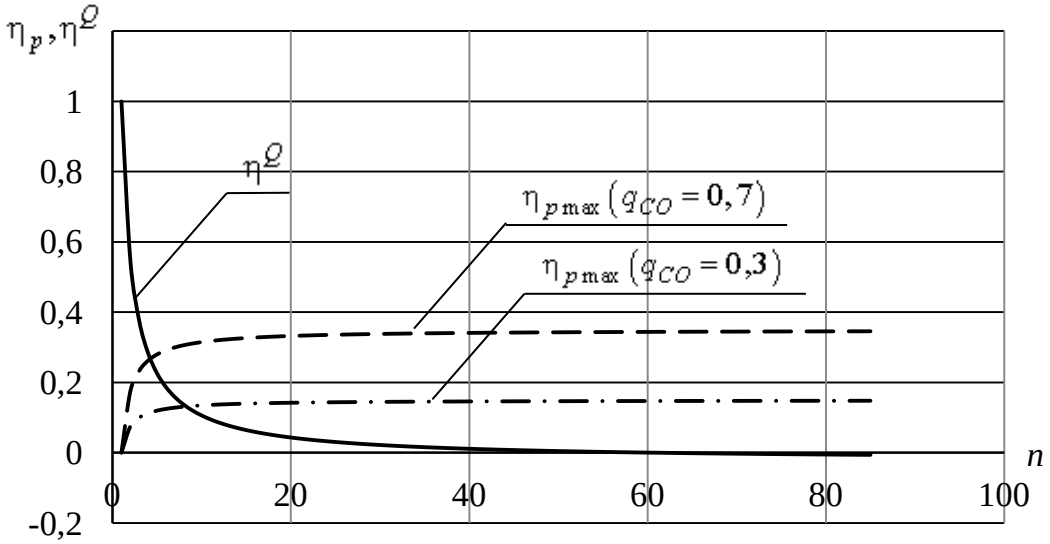


Рис. 1. Изменение коэффициента рекомбинации и коэффициента снижения теплопроводности

С целью оценки влияния учета процессов догорания на изменение среднеобъемного давления в подракетном объёме, скорость и время выхода РН из контейнера был проведен расчет, в котором в качестве исходных данных были выбраны параметры РН «Днепр» [3]: длина – 34,3 м; диаметр – 3 м; объем начального подракетного пространства принят равным 3 м^3. Коэффициент тепловых потерь принят постоянным $\eta_t = 0{,}12$.

Значение массового секундного расхода ПАДа в каждый момент времени вычислялось по формуле [2]:

$$\dot{m}_i = \frac{p_k \pi d_k^2}{4\eta R_г T_г} \sqrt{2g\left(n_x + 1\right) L_i} \,,$$

где p_k – давление в контейнере; d_k – диаметр контейнера; $R_г T_г$ – энергетическое состояние газов; g – ускорение свободного падения; $\eta = 0{,}8 - 0{,}85-$ коэффициент учитывающий потери и остаточный запас воздуха в аккумуляторе давлния; n_x – отношение выталкивающей силы газов в контейнере к весу РН; L_i – длина контейнера.

Количество поясов амортизации принято равным пяти, сила трения каждого пояса амортизации принята равной 30 кН.

Рассматривались три расчетных случая:

1. При степени рекомбинации n=85, когда $\eta_p \approx 0{,}346\left(q_{co} = 0{,}7\right)$ и $\eta^Q \approx 0$.

2. При степени рекомбинации n=1, когда $\eta_p \approx 0$ и $\eta^Q \approx 1$.

3. Без учета процессов догорания горючих компонентов.

При рассмотрении периода движения РН в контейнере основной целевой функцией является изменение давления в подракетном пространстве, которое и определяет скорость выхода РН из контейнера.

Расчеты газодинамических параметров в пусковом контейнере в процессе старта РН с помощью нульмерной модели показали, что среднеобъемное давление изменилось незначительно при учете энергии за счет тепловыделения при догорании горючего компонента (окиси углерода) в пороховых газах (рис. 2), что не сильно повлияло на скорость и время выхода (рис. 3): время выхода уменьшилось на 1,5 %, а скорость выхода увеличилась на 3 % по сравнению с 3-м расчетным случаем.

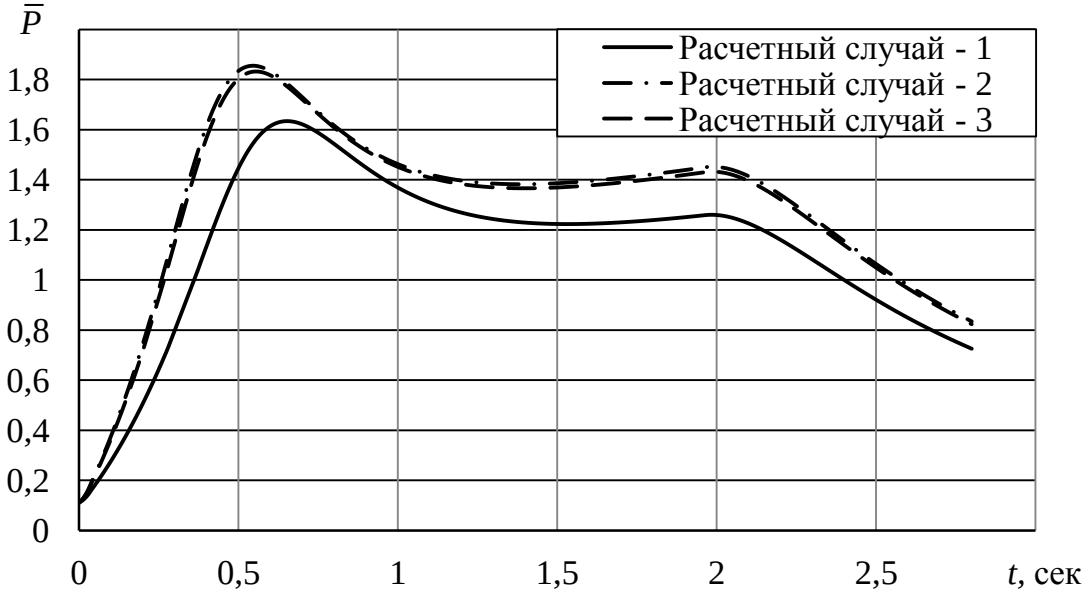


Рис. 2. Изменение среднеобъёмного давления в контейнере

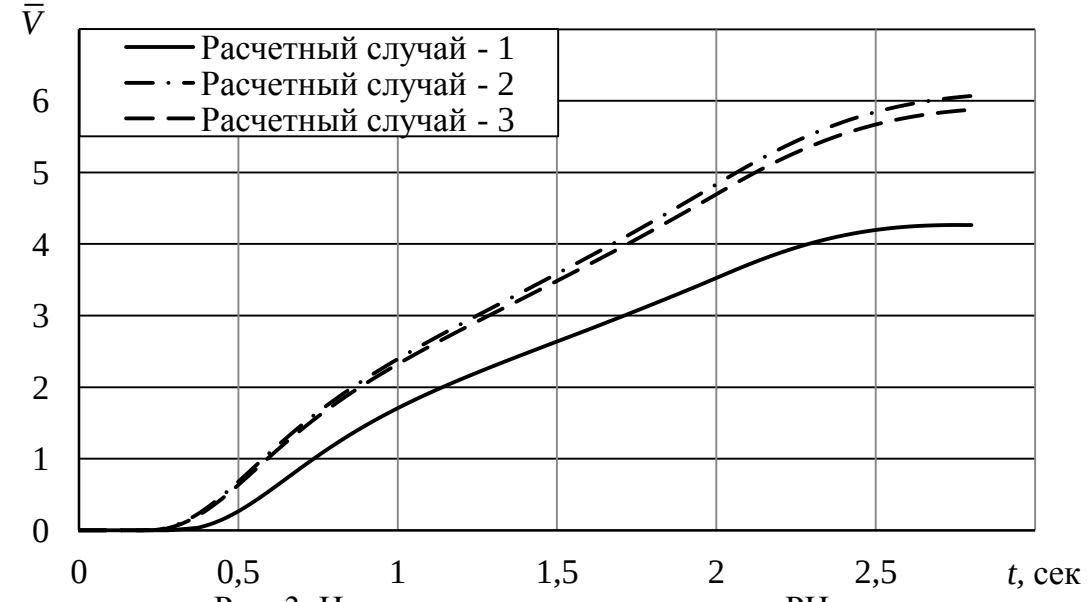


Рис. 3. Изменение скорости движения РН

Учет уменьшения газовой фазы окиси углерода при рекомбинации её в двуокись с выпадением углерода в виде твердой фазы (1-й расчетный случай) привел к значительному изменению среднеобъёмного давления (12–14 %) (рис. 2), а следовательно, и к увеличению времени выхода на 14 % и скорости выхода на 22 % (рис. 3).

Таким образом, можно сделать вывод, что при расчете скорости и времени выхода РН из контейнера, являющихся определяющими параметрами при создании системы управления и построении диаграммы стартовых команд, необходимо учитывать уменьшения газовой фазы окиси углерода при рекомбинации её в двуокись. Что касается энергии, выделяемой за счет тепловыделения при догорании горючего компонента, то она может не учитываться.

Библиографический список

1. Пешков, Р.А. Анализ ударно-волновых нагрузок на ракету, пусковую установку и контейнер в процессе старта / Р.А. Пешков, Р.В. Сидельников // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 81–91.

2. Конюхов, С.Н. Минометный старт межконтинентальных баллистических ракет. / С.Н. Конюхов, П.П. Логачёв // Днепропетровск: НАН, НКА Украины, Институт технической механики, ГКБ «Южное», 1997. – 211 с.

3. Конюхов, С.Н. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное» / под общ. ред. С.Н. Конюхов. – Днепропетровск: ООО «КолорГраф». ООО РА «Тандем-У», 2001. – 240 с.

К содержанию

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК 621.922 + 621.923

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ШЛИФОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА[1]

Д.В. Ардашев

В статье представлен новый подход к проектированию операций абразивной обработки, основывающийся на прогнозировании работоспособности инструмента и определения режимно-временной области его возможной эксплуатации. При этом рассматриваются все партии деталей, планируемые к обработке на станке. Выбор характеристики абразивного инструмента с одновременным назначением режимов его работы делает предложенную методику комплексной, что позволяет в наилучшей степени использовать ресурс работоспособности инструмента. Предложенная методика проектирования операций шлифования является адекватной современным условиям функционирования современного машиностроения, характеризующегося быстрой и частой сменой номенклатуры обрабатываемых деталей.

Ключевые слова: континуальное проектирование, шлифование, эффективность.

В условиях современного многономенклатурного производства обрабатываемые заготовки поступают на обработку на станке в порядке, зависящем от конъюнктуры рынка. Основную часть параметров технологической среды следует считать квазипостоянной (характеристика применяемого шлифовального круга, характеристики станка, марка применяемого СОТС, квалификация рабочего и т.д.), а управление процессом осуществляется изменением режимов обработки. Следовательно, при проектировании операций шлифования необходимо постоянное обновление информации о номенклатуре планируемых к обработке заготовок, эксплуатационных свойствах текущего инструмента, складских запасах инструмента, возможностях предприятий-поставщиков, технологической системе, в которой эксплуатируется круг и др. Также необходимо наличие сведений о функциональных взаимосвязях между параметрами управления процессом и выходными показателями. Это позволит в дальнейшем реализовать алгоритмы адаптации и самоорганизации. Возмущающее воздействие на предмет

[1] Южно-Уральский государственный университет выражает благодарность Министерству образования и науки Российской Федерации за финансовую поддержку настоящей работы (грант № 9.5589.2017/БЧ).

управления – шлифовальный круг, а также выходные данные – результаты выполнения операции являются многомерными массивами – информационными полями данных. Эти поля данных характеризуют континуальную среду, в которую интегрируется шлифовальный круг с целью эксплуатации и обеспечения требований, предъявляемых к операции шлифования.

Представленная выше система является континуальной системой обработки информации, которая впервые была описана проф. А.Б. Путилиным [1, 2]. Упрощенно взаимодействие объекта с континуальной средой показано на рис. 1.

Рис. 1. Континуальная модель управления объектом

Конкретизируя, получаем среду взаимодействия шлифовального круга со внешними информационными полями (рис. 2):

Рис. 2. Континуальная среда эксплуатации шлифовального круга

При этом основными возмущающими воздействиями являются режимы обработки, полученные в результате реализации континуальной методики проектирования операции шлифования. Само же континуальное проектирование может быть реализовано только после получения сведений о работоспособности инструмента, базирующихся на прогнозировании эксплуатационных показателей инструментов.

Сведения о работоспособности абразивного инструмента, эксплуатирующегося в условиях многономенклатурного производства, постоянно обновляются и являются исходными данными для решения задачи оптимизации как при выборе характеристики инструмента, так и при назначении режимов обработки. Выбранный в результате континуальной технологии проектирования операции шлифования, должен обеспечивать выполнение требований, предъявляемых ко всем обрабатываемым деталям, а также соблюдение организационно-технических и экономических требований производства. Кроме того, результатом применения континуальной технологии шлифования должно явиться выявление области рационального применения инструмента той или иной характеристики, устанавливаемой либо установленной на станке. В этом случае также может быть установлена номенклатура абразивных инструментов, позволяющих обработать заготовки с выполнением требований чертежа и производительности процесса.

Учитывая вышесказанное, применительно к абразивной обработке под континуальным проектированием операции шлифования будем понимать метод проектирования операций шлифованием, при котором учитывается текущая производственная ситуация (детали поступают на станок мелкими партиями, при этом детали разобщены: изготовлены из различных материалов, имеют различные размеры, геометрию, требования по качеству обработки и др.), а также текущее состояние работоспособности абразивного инструмента. Вся партия деталей, планируемая к изготовлению на станке, должна быть надлежащим образом обработана шлифовальным кругом определенной характеристики (ранее установленным на станке), либо кругом характеристики, назначаемой в результате проектирования операции шлифования, обеспечивающей максимальную производительность обработки и выполнение требований чертежа.

Учитывая вышесказанное, основными задачами континуальной технологии шлифования являются:

1. Назначение режимов шлифования различных деталей кругом определенной характеристики в широком диапазоне технологических условий.

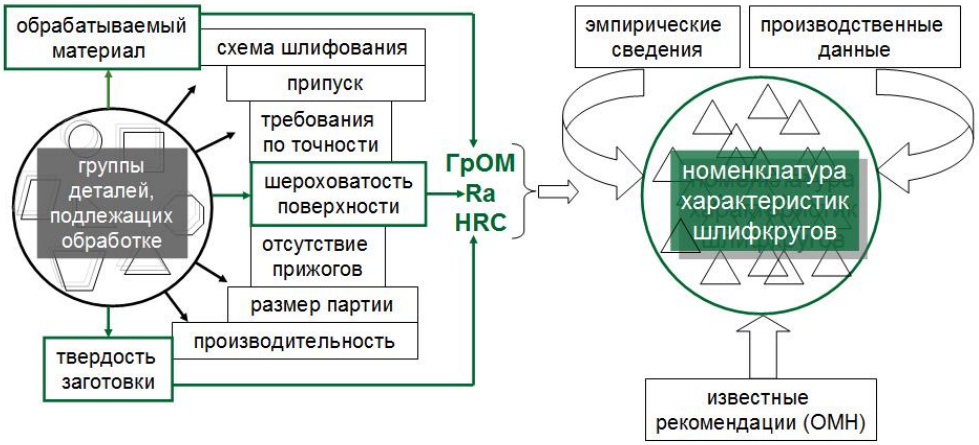
2. Назначение характеристики абразивного инструмента, позволяющего обработать партию деталей, поступающую на станок, с выполнением требований по качеству и производительности обработки.

3. Определение номенклатуры характеристик шлифовальных кругов, режимов обработки, а также периода их замены, с целью обеспечения требуемых показателей качества обработки и уровня производительности

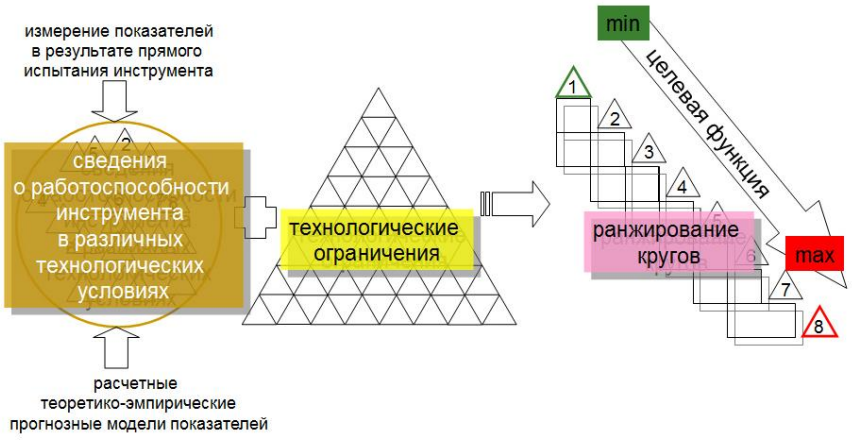
процесса в случае, когда кругом одной характеристики не удастся обеспечить требуемую производительность процесса либо показатели качества обработки.

4. Определение характеристики абразивного инструмента, позволяющего обработать детали всех партий, планируемых к поступлению на станок в определенный промежуток времени, с выполнением требований по качеству и производительности обработки, а также режимов шлифования выбранным инструментом для каждой конкретной партии обрабатываемых деталей.

Условно последовательность континуального проектирования операции шлифования можно разделить на два этапа (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Методика континуального проектирования шлифования:
а) первый этап; б) второй этап

Первый этап (см. рис. 3а) включает в себя получение исходной информации о деталях, планируемых к поступлению на станок. Эта информация содержит три группы данных:

1. Требования к качеству обрабатываемых деталей по всем партиям (принимаются из чертежа детали): точность обрабатываемого размера (номер квалитета либо величина допуска), параметр шероховатости обработанной поверхности (Ra), допустимость прижога (допускаемая его глубина) и др.

2. Технико-организационные и экономические сведения: схема шлифования (для которой проектируется операция), величина припуска на операцию (может быть принята по результатам построения и расчета размерной схемы), количество деталей в каждой партии (принимается из данных о производственной программе, требуемая производительность процесса (принимается из экономического обоснования производства деталей либо из бизнес-плана предприятия), последовательность поступления деталей на станок и др.

3. Дополнительная информация: основной материал, твердость поверхности заготовки, схема шлифования, марка/модель станка, наличие/отсутствие автоматического механизма правки на станке и др.

В дальнейшем, используя известные общепринятые рекомендации, либо на основе собственного эмпирического или производственного опыта используя комплекс возможности применимости той или иной характеристики инструмента, возможно сформировать номенклатуру возможных шлифовальных кругов, рекомендуемых к применению для обработки поступаемых партий деталей.

На втором этапе проектирования для всех характеристик выбранных шлифовальных кругов на сведения о работоспособности инструментов накладываются ограничения, полученные в ходе выполнения первого этапа. В результате формируется массив данных, содержащий возможные режимы шлифования кругами всех выбранных характеристик всех деталей, планируемых к поступлению на станок. Впоследствии, в соответствии с целевой функцией и критерием оптимальности, выбранные шлифовальные круги выстраиваются в ряд предпочтений – каждый круг получает ранг применимости для обработки всех партий деталей, планируемых к поступлению на станок. В лучшем случае необходимо использовать шлифовальный круг, имеющий ранг № 1, однако если экономические затраты на приобретение данного круга превышают уровень снижения производительности обработки кругом более низких рангов, имеющихся, например, на предприятии следует воспользоваться менее предпочтительными кругами. При этом снижение производительности при использовании менее предпочтительных кругов будет известно заранее.

При проектировании операции шлифования на основе континуальной технологии необходимо рассматривать несколько сценариев решения задачи назначения оптимальной характеристики круга и режимов обработки.

Сценарий 1. Круг, установленный на станке, продолжает работать

Такая ситуация возможна в случае, когда установленный на станке шлифовальный круг не выработал свой ресурс полностью, соответствует

требованиям ГОСТ Р 52588-2006 «Инструмент абразивный. Требования безопасности» и входит в номенклатуру рекомендуемых кругов для обработки последующих партий деталей, поступаемых на станок. Это может быть вызвано схожестью требований по качеству обработки и родством основного материала вновь поступаемых деталей с предшествующими. При этом данный круг может не быть наиболее предпочтительным, однако сравнение его уровня оптимальности с уровнем наиболее предпочтительного круга, с учетом его замены на станке, показывает, что его дальнейшая эксплуатация более выгодна, чем замена круга. Инструмент, обладающий ресурсом работоспособности, является исходным данным, и задача технолога заключается в назначении режимов шлифования, обеспечивающих выполнение требований чертежа при максимальном уровне производительности.

Сценарий 2. Установленный на станке круг не является оптимальным для партии деталей и должен быть заменен

Такая ситуация возникает, когда на станок поступают детали, обработка которых кругом, установленным на станке, приведет к существенному снижению производительности либо к возникновению брака. В этом случае из номенклатуры шлифовальных кругов, сформированных на 1-м этапе (см. рис. 3), выбирается шлифовальный круг, который обеспечит выполнение всех технологических ограничений, целевой функции и имеющий наибольший ранг. Частным решением этой задачи может стать номенклатура шлифовальных кругов, соответствующие им группы обрабатываемых деталей, запланированные к обработке на станке, а также режимы шлифования для каждой пары «шлифовальный круг-группа обрабатываемых деталей». Это вероятно при изготовлении партий деталей, в существенной степени отличающихся друг от друга как основным материалом, так и требованиями чертежа.

Сценарий 3. Необходимо выбрать характеристику круга

Подобная ситуация может возникнуть, когда обработка всех партий деталей окончена, при этом круг выработал свой ресурс и должен быть заменен на новый в соответствии с требованиями безопасности. В результате проектирования групповой технологии шлифования для обработки вновь поступающих деталей может быть выбран круг либо той же характеристики, либо другой круг. В любом случае в целевой функции необходимо учитывать время на замену шлифовального круга, включающее его балансировку и многократную правку. В случае отсутствия выбранного круга в цехе, на складе и т.д. необходимо учитывать временные затраты на его поставку.

В основе континуальной технологии проектирования операций шлифования лежит информация о работоспособности абразивных инструментов в различных технологических условиях. В настоящем исследовании рассмотрено 2 основных метода получения сведений о работоспособности аб-

разивных инструментов – эмпирический (по результатам стендовых испытаний абразивных инструментов в различных технологических условиях на разработанном стенде) и расчетный (прогнозирование величин эксплуатационных показателей на основе теоретико-эмпирических моделей). Развитие системы прогнозных моделей показателей работоспособности абразивного инструмента позволит в дальнейшем полностью отказаться от стендовых испытаний инструмента как достаточно затратного и длительного метода.

В итоге на основе системы прогнозных моделей для любых условий эксплуатации кругов (технологических, технико-экономических, организационных и др.) наложением системы технологических ограничений на величины показателей работоспособности инструментов сформированная номенклатура возможных характеристик кругов ранжируется по критерию оптимальности, выбранному в соответствии с целевой функцией. В дальнейшем технолог, проектирующий операцию шлифования, имея полную информацию о возможности применения круга той или иной характеристики, о сравнении эксплуатационных возможностей кругов различных характеристик либо производителей, может принимать наиболее выгодное с точки зрений эффективности производства решение: заменять имеющийся на станке круг, продолжать обработку установленным кругом, заказывать производителю абразивного инструмента определенную номенклатуру кругов либо использовать имеющиеся на складе запасы инструмента.

Библиографический список

1. Путилин, А.Б. Политрон (Использование в схемах преобразования информации) / А.Б. Путилин. – М.: Энергия, 1980. – 72 с.

2. Путилин, А.Б. Континуальные системы обработки информации / А.Б. Путилин. – М.: Квадрат-С, 2005. – 156 с.

К содержанию

УДК 621.92.06-529 + 621.941.2-529 + 621.914.3-529

УЧЕБНЫЕ ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МОДУЛИ С КОМПЬЮТЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

А.А. Сироткин, П.А. Чигинцев, П.Г. Мазеин

Приведена конструкция учебной ГПС на базе гибких производственных модулей (ГПМ) с учебным фрезерным станком и учебным токарным станком, накопителями заготовок и учебных роботов с техническим зрением.

Ключевые слова: гибкая производственная система, гибкий производственный модуль, робот, фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ, токарный станок с компьютерной системой ЧПУ, приспособление-спутник, техническое зрение.

Создана учебная гибкая производственная система (ГПС) на базе гибких производственных модулей (ГПМ) с компьютерным управлением, содержащая ГПМ, включающие токарные станки с компьютерными системами ЧПУ и с револьверными головками, фрезерные и многооперационные учебные станки с компьютерными системами ЧПУ, учебные роботы с компьютерными системами ЧПУ, накопители заготовок и связывающую их систему управления на базе компьютеров, причем приводы, электроавтоматика станков, роботов, накопителей и компьютерные устройства ЧПУ станков и роботов взаимосвязаны между собой распределенной локальной компьютерной сетью. ГПМ на базе учебного токарного станка и ГПМ на базе учебных фрезерных и многооперационных станков для обработки цилиндрических заготовок являются составными частями ГПС. ГПМ на базе учебных фрезерных и многооперационных станков для обработки цилиндрических и нецилиндрических заготовок содержит накопитель с возможностью размещения в нем приспособлений-спутников с заготовками и готовыми деталями, причем зажимные устройства фрезерных и многооперационных станков обеспечивают базирование и закрепление приспособлений-спутников с заготовками, кроме того, содержит накопитель для цилиндрических заготовок с питателем и толкателем. Роботы ГПС снабжены техническим зрением.

Учебные гибкие производственные системы (ГПС) и гибкие производственные модули (ГПМ) предназначены для проведения лекционных занятий, практических, лабораторных, учебно- и научно-исследовательских работ по различным дисциплинам, связанным со станками, резанием, инструментом, технологией машиностроения, роботами, гибкими производственными модулями, гибкими производственными системами, электроприводами, автоматизацией, электроавтоматикой, информационно-измерительными системами, числовым программным управлением, микропроцес-

сорными системами, вычислительной техникой, современными информационными технологиями и др. [1, 2]. Недостатками известных конструкций ГПС для учебных заведений являются сложность и ненадежность базирования заготовок различных конфигураций во фрезерных и многооперационных станках, большой объем ручных вспомогательных операций ограниченные дидактические возможности ГПС и ГПМ для подготовки бакалавров, инженеров (специалистов) и магистров технических наук. Другие известные учебные ГПС на самом деле таковыми не являются, т.к. не соответствуют ГПС по составу оборудования, а представляют элементы ГПС или являются гибкими производственными модулями (ГПМ).

Гибкая производственная система и гибкие производственные модули, состоящие из учебных станков с ЧПУ, а также систем для автоматизированной смены заготовок, включают: ГПМ для обработки цилиндрических заготовок, содержащие токарные станки, роботы, также накопители в виде транспортеров с питателями и стеллажи-накопители; ГПМ для обработки цилиндрических и нецилиндрических заготовок, содержащие фрезерные и многооперационные учебные станки, а также накопители для фрезерных и многооперационных станков, выполненные с возможностью размещения в них приспособлений-спутников с заготовками и готовыми деталями, причем зажимные устройства фрезерных и многооперационных станков обеспечивают базирование и закрепление приспособлений-спутников с заготовками; ГПМ, снабженные роботами с техническим зрением.

Сущность конструкции поясняется рисунками: на рис. 1 дан общий вид ГПМ (с минимальным набором оборудования) для обработки цилиндрических и нецилиндрических заготовок, на рис. 2 – компоновка данного ГПМ, на рис. 3 – вид транспортера с питателем для цилиндрических заготовок, на рис. 4, 5 – общий вид и компоновка ГПМ для обработки цилиндрических заготовок.

ГПМ на базе учебного сверлильно-фрезерного станка 1 с компьютерной системой ЧПУ, учебный робот 2 с техническим зрением и компьютерной системой ЧПУ, многоярусный тактовый стол-накопитель приспособлений-спутников 3 с цилиндрическими и нецилиндрическими заготовками размещается на специальном подиуме 4, причем блок управления оборудованием 5 и системный блок 6 компьютера располагаются на нижнем ярусе подиума. Автоматизированную смену заготовок обеспечивает робот 2. Приспособления-спутники с заготовками устанавливаются на столе-накопителе 3. Робот поочередно устанавливает спутники в зажимное приспособление станка 8, после зажима спутника 9 в зажимном приспособлении станка схват 10 робота разжимается и рука робота возвращается в исходное положение. Далее управление передается управляющей программе станка. Накопитель для цилиндрических заготовок содержит транспортер 24, приводимый от электродвигателя 25, питателя 26 с цилиндрическими заготовками и толкателя 27. Заготовка опрокидывается в горизон-

тальное положение на транспортер толкателем через проем в питателе по команде управляющей программы. В питателе размещается две и более заготовок. ГПМ на базе учебного токарного станка 1 (рис. 4, 5) с компьютерной системой ЧПУ, содержит учебный робот 3 с техническим зрением и компьютерной системой ЧПУ, подиум 2, стол 3 для дополнительного перемещения робота 5, стеллаж-накопитель 6 для цилиндрических, зацентрованных с двух сторон, заготовок, стойку ЧПУ 4. Оборудование ГПМ размещается на специальном подиуме 2, причем блок управления оборудованием 7 и системный блок компьютера располагаются на нижнем ярусе подиума. Для коммутации оборудования электросети и ЭВМ используются USB разветвитель и сетевой разветвитель 220 В. Перед запуском ГПС выполняется загрузка цилиндрическими заготовками стеллажа-накопителя 26 (рис. 3) и приспособлениями-спутниками с зажатыми в них цилиндрическими и нецилиндрическими заготовками верхнего яруса многоярусного накопителя 3. В ЭВМ вводятся управляющие программы робота и станка.

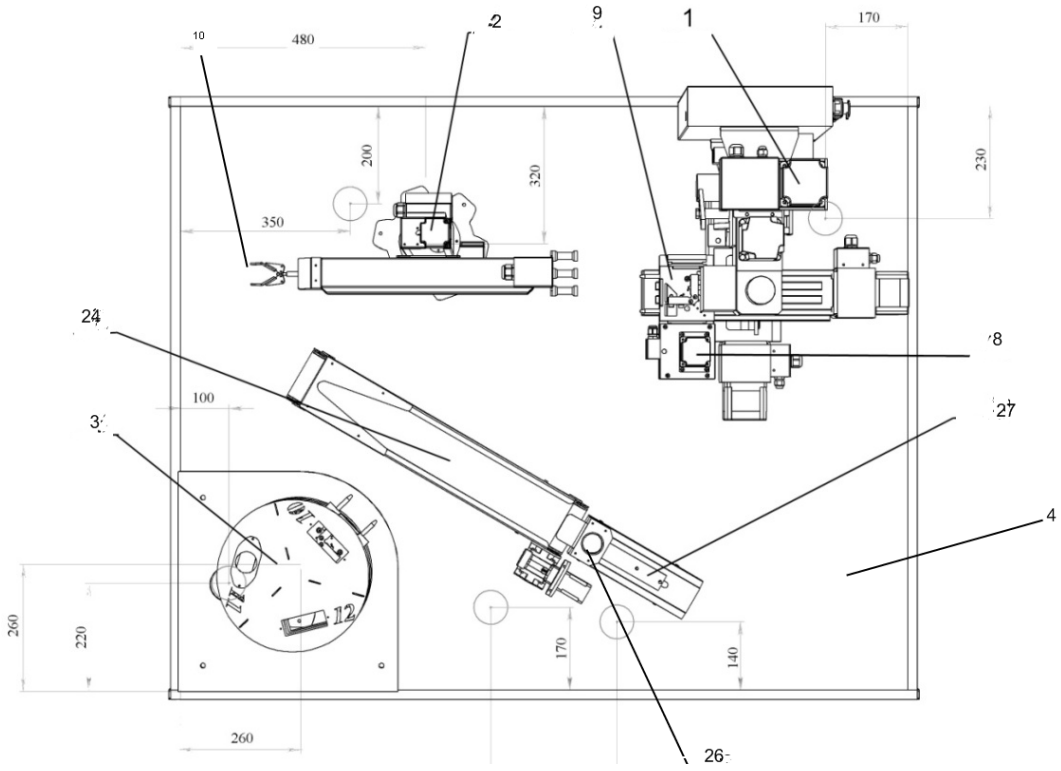


Рис. 1. Учебная ГПМ на базе учебного фрезерного станка с компьютерной системой ЧПУ: 1 – фрезерный станок; 2 – робот; 3 – многоярусный накопитель приспособлений спутников с заготовками; 4 – подиум; 8 – устройство зажима приспособления-спутника; 9 – приспособление-спутник; 10 – схват робота; 24 – транспортер; 26 – питатель; 27 – толкатель

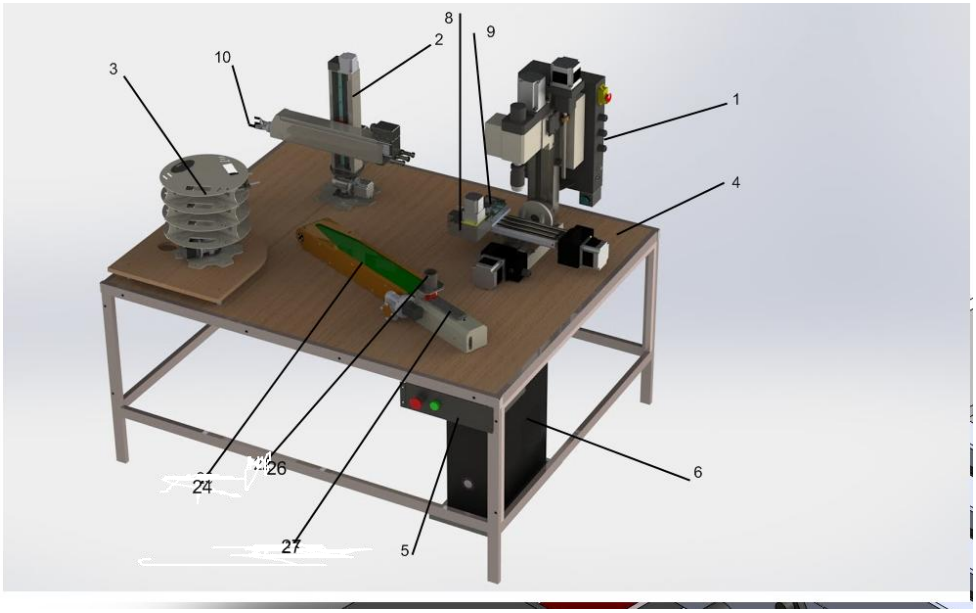


Рис. 2. Учебная ГПС (фрагмент):
5 – устройство управления; 6 – системный блок

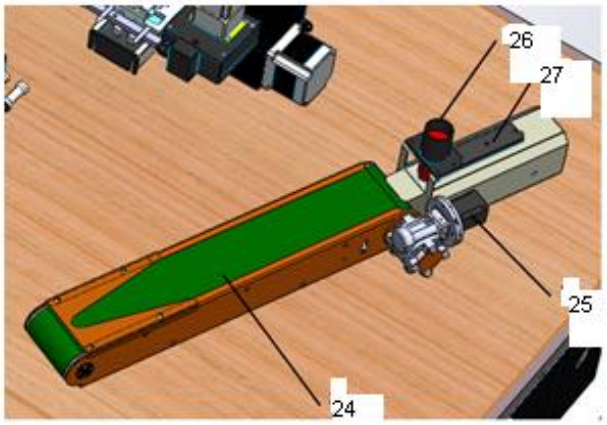


Рис. 3. Транспортер: 24 – транспортер;
25 – электродвигатель;
26 – питатель; 27 – толкатель

Работа ГПС осуществляется следующим образом. Управляющая программа робота, являющаяся главной. обеспечивает следующий цикл работы: робот с помощью технического зрения выбирает указанную в управляющей программе заготовку, захватывает схватами соответствующий спутник из верхнего яруса многоярусного накопителя – или цилиндрической заготовки на транспортере, производится зажим схвата робота; опрокидывание заготовки в горизонтальное положение на транспортер через проем в питателе выполняется по команде управляющей программы перемещением толкателя, транспортер перемещает заготовку до позиции захвата ее схватом робота; рука робота перемещает, зажатый спутник или за-

готовку в зажимное устройство станка; управление передается управляющей программе станка, выполняется зажим спутника с заготовкой или заготовки в зажимном устройстве станка и начинается выполнение управляющей программы обработки заготовки, после отработки управляющей программы обработки заготовки выполняется разжим спутника или заготовки и управление передается управляющей программе робота; робот извлекает спутник или заготовку из зажимного устройства станка и переносит их в многоярусный накопитель или на транспортер; выбирается следующая, указанная в программе заготовка, и далее цикл повторяется, пополнение накопителей возможно при обработке заготовки на станке.

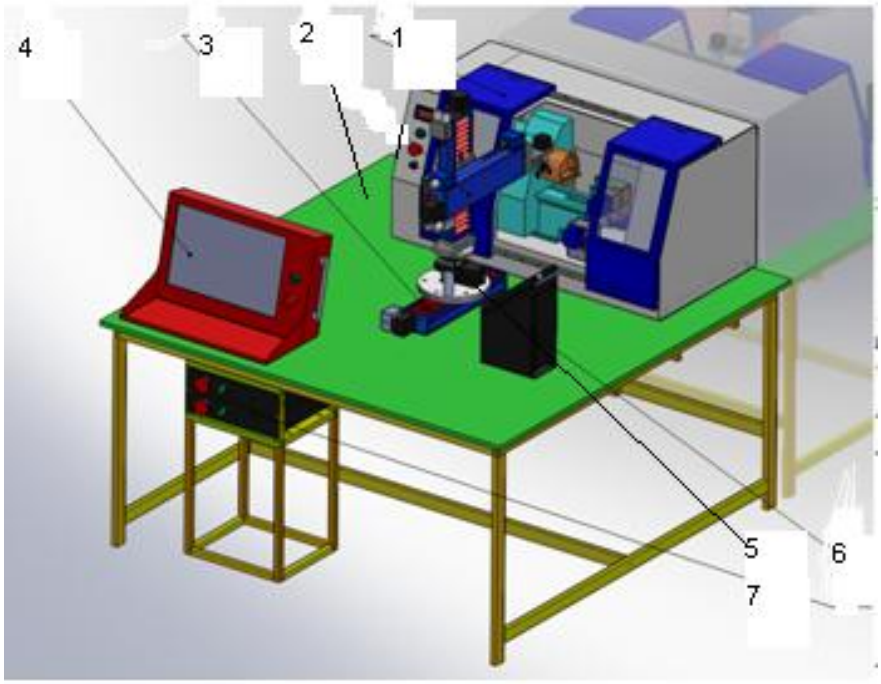


Рис. 4. ГПМ на базе токарного станка с компьютерной системой ЧПУ: 1 – станок; 2 – подиум; 3 – стол; 4 – ноутбук; 5 – робот; 6 – накопитель; 7 – блок управления

Аналогично осуществляется работа ГПМ на базе токарного станка. Отличие состоит в том, что заготовка, зацентрованная с двух сторон, извлекается из стеллажа-накопителя и устанавливается на ось переднего и заднего центров токарного станка и после передачи управления управляющей программе токарного станка, перемещением пиноли задней бабки, осуществляется зажим заготовки в центрах, затем осуществляется выполнение управляющей программы по обработке детали на токарном станке. После отработки управляющей программы выполняется захват схватом робота обработанной заготовки, зажим схвата, отвод пинолью заднего центра, перемещение заготовки в стеллаж-накопитель готовых деталей. Возможна работа одновременно нескольких модулей ГПС и изучение наиболее эф-

фективной их совокупной работы, причем одна заготовка может быть вначале обработана на одном ГПМ, а затем (после перегрузки вручную) на другом ГПМ. При работе ГПС используется один компьютер или два, связанные сетью. Управление ГПС осуществляется от персонального компьютера через управляюще-силовые блоки, получающие питание от сети 220 В.

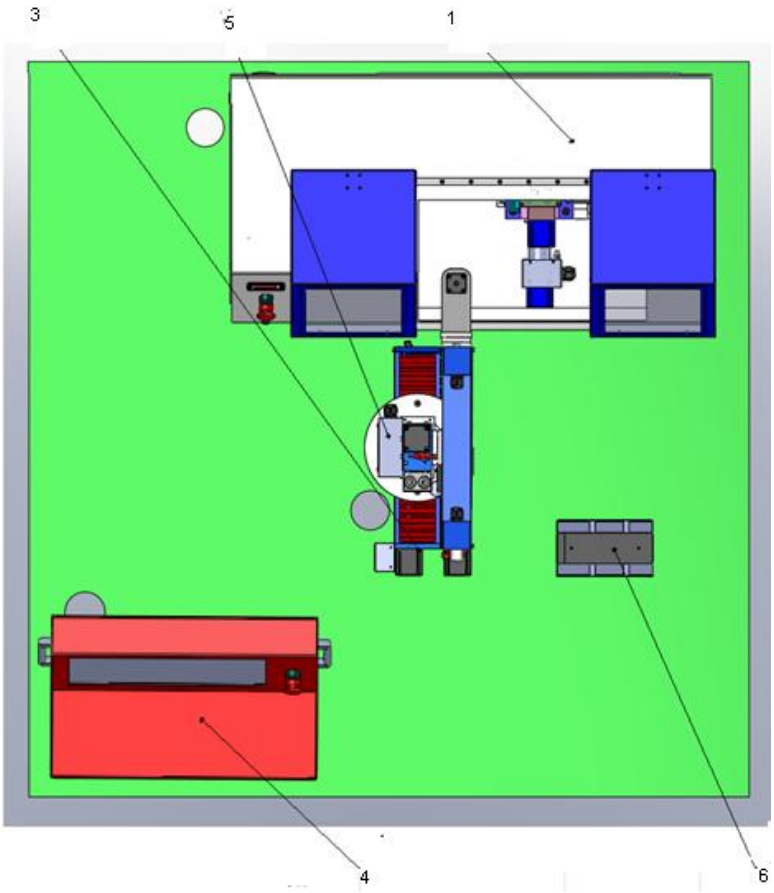


Рис. 5. Компоновка ГПМ на базе токарного станка:
1 – станок; 2 – подиум; 3 – стол;
4 – ноутбук; 5 – робот; 6 – накопитель

Управление циклом работы ГПМ и ГПС выполняется компьютерной системой ЧПУ класса PRCNC, которая аппаратно реализована на базе системного блока компьютера и блоков управления станков. На компьютерных имитаторах устройства ЧПУ (УЧПУ) реализуются все функции по наладке и программированию станков и ГПС: установка нужного инструмента, ввод и редактирование управляющей программы (УП), выход в нуль станка, ввод корректоров и параметров, взаимосвязь систем координат УЧПУ, станка и детали, все режимы и подрежимы имеющихся УЧПУ, обработка виртуальной детали с использованием всех функций программирования, в том числе сплайновой интерполяции, технологическое диагностирование управляющих программ по условиям обработки и требованиям чертежа детали, замена заготовки и инструмента. От того же имитатора

УЧПУ выполняется ввод управляющих импульсов и управление реальной ГПС для обработки реальной детали на станках ГПС.

Функциональные и дидактические возможности учебной ГПС позволяют применять ее в учебном процессе при лекционных, практических, лабораторных, учебно- и научно-исследовательских работах для: изучения вариантов состава, структуры и компоновки станочных систем; изучения системы управления; изучения программирования; исследования отказов; изучения конструкции устройств и механизмов станочных систем; получения навыков программирования работы ГПС; разработки и оптимизации циклограмм ГПС; изучения роботов; изучения электроавтоматики; оценки технико-экономической эффективности станочных систем; проверки расчетных методик; разработки вариантов компоновок и конструкций механизмов ГПМ и ГПС; разработки 3D-моделей станочных систем и их механизмов; разработки имитационных моделей; разработки математических моделей. Учебная ГПС помогает получать знания по резанию, инструменту, станкам, технологии обработки конструкционных материалов, электроприводам, электроавтоматике, информационно-измерительным системам, системам ЧПУ, современным информационным технологиям; приобретать умения и навыки по программированию и наладке станков с ЧПУ, режимам и технологии обработки деталей на станках, по наладке и эксплуатации электроприводов и систем управления; проводить учебно- и научно-исследовательские работы по резанию, инструменту, станкам, технологии обработки деталей, электроавтоматике, системам ЧПУ по моделированию динамики приводов и системы управления, по моделированию промышленных ГПС и ГПМ и др.

С помощью созданной станочной системы можно более эффективно решать задачи подготовки бакалавров, инженеров и магистров.

Библиографический список

1. Мазеин, П.Г. Учебный минигабаритный токарный станок модели НТС-1 с компьютерным управлением: учебное пособие / П.Г. Мазеин, С.С. Панов, С.В. Шереметьев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.– 148 с.

2. Мазеин, П.Г. Роботизированные стенды с компьютерным управлением: программирование, наладка, функционирование / П.Г. Мазеин, Л.Н. Петрова, С.С. Панов. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Pabliching, 2012. – 64 с.

К содержанию

УДК 621.923.9

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЪЕМА МЕТАЛЛА В ЗОНАХ РЕВЕРСА КРУГА НА ПРИМЕРЕ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

А.В. Акинцева, П.П. Переверзев

Внутреннее шлифование в крайних сечениях отверстия характеризуется нелинейными переходными процессами, связанными со входом и выходом круга на величину перебега в зонах реверсирования. Причем во входном сечении происходит не только реверсирование, но и включение врезной радиальной подачи. Таким образом, при заданных режимах резания на операции внутреннего шлифования процесс съема металла в трех сечениях отверстия происходит при значительно отличающихся сценариях и силовых нагрузках в течение разного времени. Такая нестабильность процессов съема металла в разных сечениях отверстия приводит к тому, что в этих сечениях снимается разное количество припуска, существенно изменяются угол поворота и упругая деформация режущей кромки круга, возникают диаметральные и осевые погрешности обработки. Поэтому при моделировании съема металла в процессе внутреннего шлифования необходимо учитывать нестабильность обработки по всей длине обрабатываемого отверстия. В данной статье представлены подходы к моделированию влияния перебега круга, оказывающего значительное влияние на стабильность процесса, а следовательно, и точность обработки.

Ключевые слова: внутреннее шлифование, процесс съема металла, перебег круга.

В процессе внутреннего шлифования точность обработки обеспечивается комплексом различных допусков на обрабатываемую поверхность отверстия: допуск на диаметр; допуски на поверхность формы (допуск круглости, цилиндричности, профиля продольного сечения, овальности, некруглости, конусообразности, бочкообразности); допуски расположения (допуск радиального биения, полного радиального биения). Наличие перебега круга приводит к тому, что процесс съема металла в крайних сечениях носит нестабильный характер, оказывая тем самым значительное влияние на точность обработки [1–2]. Нестабильность условий резания металла в крайних сечениях обрабатываемого отверстия обусловлено особенностями съема металла. К особенностям съема металла в зонах реверса круга можно отнести многоэтапности процесса (наличие этапов врезания, выхаживания и др.), колебания жесткости технологической системы, поверхности контакта с заготовкой, угла поворота и упругой деформацией режущей кромки круга, силы резания и т.д.

Отметим также, что съем металла во всех трех сечениях отверстия происходит при существенно отличающихся режимах резания на этапах обработки и различных силовых нагрузках в течение разного времени. Поэтому использование модели съема металла в среднем сечении заготовки не представляется возможным [3–5]. В результате требуется разработка аналитической модели съема металла в крайних сечениях отверстия заготовки, которая бы учитывала особенности съема металла в зонах реверса круга, оказывающие решающее влияние на стабильность, точность и производительность процесса внутреннего шлифования. Рассмотрим особенности съема металла в крайних сечениях заготовки подробнее.

Съем металла в крайних сечениях отверстия заготовки включает в себя множество различных этапов обработки: врезание, шлифование на проход, выхаживание и др. Например, обработка входного сечения включает в себя следующие этапы. На первом этапе круг подводится в обрабатываемое отверстие с учетом величины гарантированного зазора и заданной величины перебега. Данный этап возможен только на первом ходе. На втором этапе круг врезает в заготовку (внутреннее врезное шлифование). На третьем этапе круг начинает двигаться с осевой подачей. И на обратном нерабочем ходе происходит четвертый этап обработки – это процесс выхаживания. При этом круг снимает оставшуюся часть припуска, не удаленную на предшествующем ходе круга. Различие в кинематических схемах разных этапов при обработке крайних сечений требует разработки различных моделей съема металла для врезного шлифования и внутреннего шлифования на проход. Порядок этапов обработки крайних сечений основывается на производственном опыте. Помимо основных этапов обработка крайних сечений включает в себя «дополнительные» этапы, возникающие в результате задержек между этапами при переключении и изменении направления подач. В результате в крайних сечениях за счет упругих деформаций технологической системы и снижения силы резания происходит процесс выхаживания. Задержки между переключениями и изменениями направления подач регламентируются наладкой станка.

Для исключения образования непрямолинейности обрабатываемой поверхности в процессе внутреннего шлифования предусмотрен перебег шлифовального круга. При этом во входном сечении шлифуемого отверстия круг обладает меньшей жесткостью технологической системы, чем, например, при обработке выходного сечения, где жесткость будет принимать максимальное значение. Изменение жесткости в крайних сечениях обрабатываемого отверстия заготовки оказывает существенное влияние на стабильность процесса внутреннего шлифования, увеличивая упругую деформацию режущей кромки круга и уменьшая фактически снятый припуск. В результате вероятность образования диаметральной и осевой погрешности обработки увеличивается.

Наличие перебега приводит к тому, что при обработке крайних сечений круг не полностью находится в отверстии заготовки, что в свою очередь приводит к значительным изменениям активной высоты круга, силы резания, угла поворота и упругой деформации режущей кромки круга, фактически снятого припуска. Например, при обработке входного сечения номинальная высота круга (часть высоты круга, которая находится внутри отверстия во время реверса круга), изменяя свое значение от $(1 - c)\ T_{общ}$ до $T_{общ}$ ($T_{общ}$ – общая высота круга, мм; c – величина перебега круга). В дальнейшем номинальная высота круга используется для определения величины фактически снятого припуска в качестве первоначального предположения о том, что активная высота круга равна номинальной высоте круга [3]. При обработке крайних сечений отверстия в зоне контакта круга с заготовкой происходят следующие нелинейные и быстропротекающие процессы:

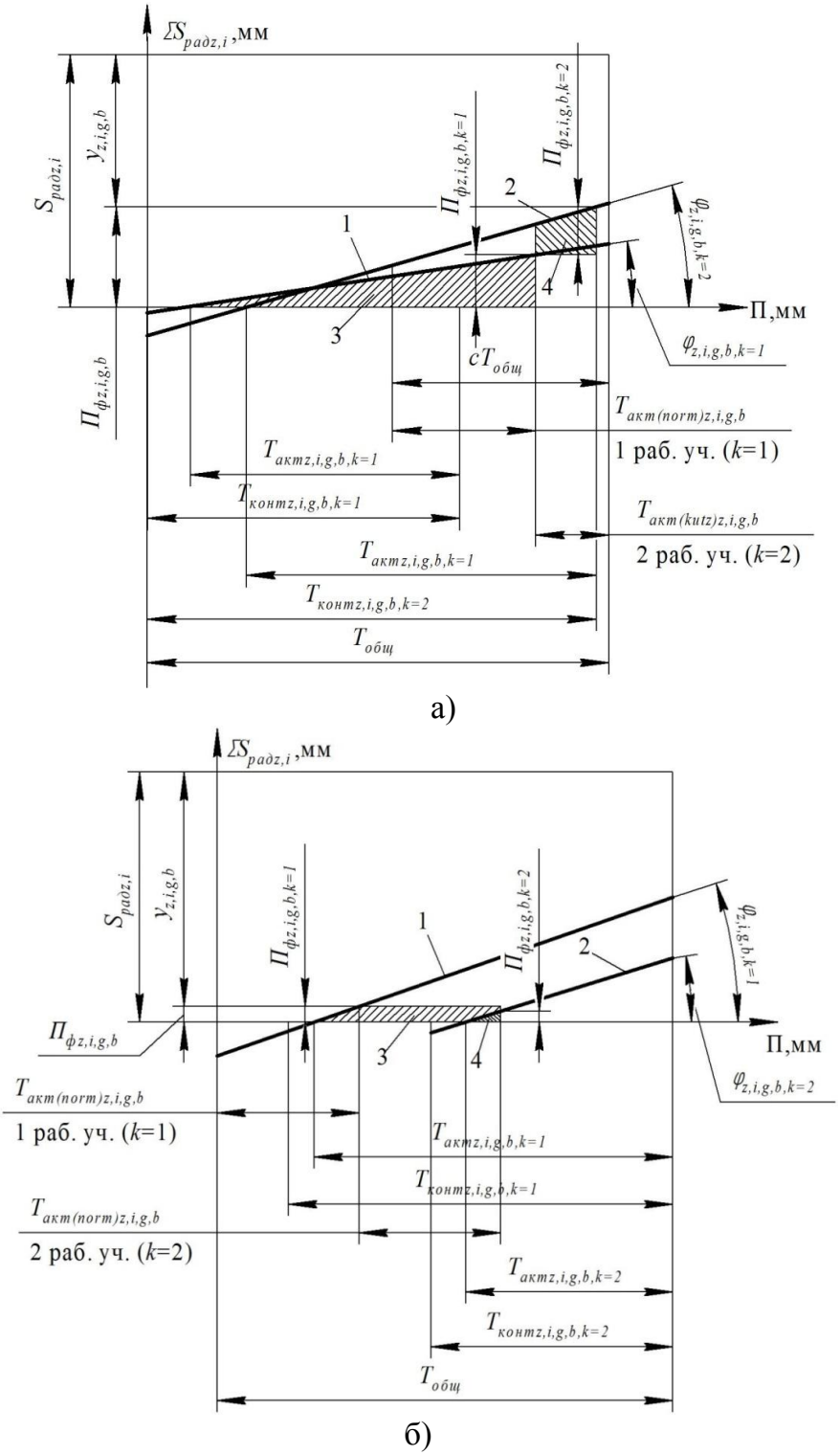
1) при входе круга в отверстия (когда величина перебега уменьшается до нуля) в течение каждого оборота заготовки увеличивается зона контакта круга с заготовкой. В результате увеличивается сила резания, активная высота круга, упругая деформация технологической системы. Все это приводит к снижению интенсивности съема металла и повышению погрешности обработки (рис. а);

2) при выходе круга из отверстия (когда величина перебега увеличивается до максимального значения) в течение каждого оборота заготовки уменьшается зона контакта круга с заготовкой. Вследствие этого происходит снижение активной высоты круга, силы резания, упругой деформации технологической системы и повышение интенсивности съема металла, погрешности обработки (рис. б).

Колебание вероятностного контакта круга с заготовкой в зонах реверсирования приводит к значительному изменению радиальной составляющей силы резания, упругой деформации режущей кромки и активной высоты круга, что в свою очередь обуславливает нестабильный процесс съема припуска. Расчет фактически снятого припуска необходимо осуществлять с учетом изменения номинальной высоты круга для каждого рабочего участка. Причем при моделировании съема металла во входном сечении на прямом ходу пересчет номинальной высоты круга для каждого рабочего участка производить не нужно (см. рис. а). Достаточно определить наибольшее значение номинальной высоты (в данном случае оно будет возникать на последнем рабочем участке круга) и по нему определить активную высоту круга и фактически снятый припуск. Аналогичная ситуация возникает при обработке входного сечения на обратном ходу, максимальная величина припуска снимается со всех радиусов на первом рабочем участке при первоначальном положении образующей круга, когда возникает наибольшая величина контакта круга с заготовкой.

При обработке выходного сечения как на прямом, так и на обратном ходу припуск, снимаемый на рассматриваемом рабочем участке, может оказаться меньше припуска с предшествующего рабочего участка (см. рис. б).

Поэтому требуется производить пересчет номинальной и активной высот круга для каждого рабочего участка.



Расчетная схема изменения положения активной высоты круга при обработке входного (а) и выходного сечений (б) при прямом рабочем ходе круга: 1 – начальное положение образующей круга; 2 – конечное положение образующей круга; 3 – металл, снимаемый на первом рабочем ходе круга; 4 – металл, снимаемый на втором рабочем ходе круга

Наличие перебега в зонах реверса круга приводит к постоянному изменению площади контакта круга с обрабатываемой поверхностью, которое сопровождается существенными колебаниями силы резания и поперечной подачи, что в свою очередь обуславливает нестабильный процесс съема припуска. Чем больше величина перебега круга, тем больше колебание силы резания и тем выше нестабильность процесса съема металла. С другой стороны, чем меньше перебег круга, тем больше вероятность, что в крайнем сечении выходного отверстия металл не будет снят из-за наличия угла наклона оси круга в результате упругой деформации и возникновения зазора между кругом и обрабатываемой поверхностью [4, 5]. Поэтому теоретически необходимо стремиться к уменьшению величины перебега круга до предельных значений, при которых выполняются требования чертежа по точности. Рекомендации по выбору величины перебега круга, представленные в нормативно-справочной литературе и др. источниках [6, 7 и др.], представлены в диапазонных значениях, полученных на основании статистических данных и не учитывающих влияния других параметров обработки (длины заготовки, режимов резания, материала детали и т.д.). Разработанная нами математическая модель съема металла в крайних сечениях отверстия заготовки послужит основой для разработки методики про-ектирования оптимальных циклов внутришлифовальной обработки [8–9], которая позволяет не только учитывать наличие величины перебега, но и управлять ею, оказывая тем самым влияние на погрешность обработки.

Выводы

1. Моделирование и оптимизацию процессов внутреннего шлифования необходимо проводить при обязательном учете особенностей съема металла в реверсных зонах сквозного отверстия, которые характеризуются нестабильными условиями резания металла из-за многоэтапности процесса, наличия перебега круга, изменения номинальной высоты круга и жесткости технологической системы, колебания силы резания и т.д.

2. Моделирование процесса внутреннего шлифования с учетом влияния величины перебега круга в реверсных зонах на стабильность процесса можно проводить на основе математической модели съема металла, представленной в статьях [3–5]. На основе предложенной модели съема металла разработана методика проектирования оптимальных циклов внутреннего шлифования [8–9], учитывающая управление таким параметром, как перебег круга, который оказывает решающее влияние на точность обработки и производительность процесса.

Библиографический список

1. Сайкин, С.С. Определение величины перебега круга при внутреннем шлифовании / С.С. Сайкин, П.М. Салов, Т.Г. Виноградова // Инновации в образова-

тельном процессе: сб. трудов научно-практической конференции. – Чебоксары: ЧПИ (ф) МГОУ, 2010. – Вып. 8. – С. 85–87.

2. Новоселов, Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке / Ю.К. Новоселов. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – 286 с.

3. Переверзев, П.П. Моделирование процесса съема металла при внутреннем шлифовании с учетом особенностей кинематики резания П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // СТИН. – 2016 – № 4 – С. 23–28.

4. Переверзев, П.П. Моделирование ограничений по точности обработки при проектировании оптимальных циклов внутреннего шлифования / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // Вестник ЮУрГУ. – 2016 – № 2 – С. 61–71.

5. Переверзев, П.П. Аналитическое моделирование взаимосвязи силы резания при внутреннем шлифовании с основными технологическими параметрами / П.П. Переверзев, А.В. Попова // Металлообработка. – 2013. – № 3. – С. 24–30.

6. Режимы резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах: справочник. – Челябинск: Изд-во АТКОСО, 2007. – 384 с.

7. Справочник технолога машиностроителя: справочник в 2 т. / под ред. А.Н. Малова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – Т. 2. – 568 с.

8. Переверзев, П.П. Методика проектирования оптимальных циклов внутреннего шлифования в многомерном пространстве управляющих параметров / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // СТИН – 2016 – № 5. – С. 26–31.

9. Переверзев, П.П. Моделирование и оптимизация циклов внутреннего шлифования в условиях автоматизированного машиностроительного производства / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // Вестник ЮУрГУ. – 2016. – № 3. – С. 44–53.

К содержанию

УДК 621.914.04

ДИНАМИКА РОТАЦИОННОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

В.Г. Шаламов, С.Д. Сметанин

Одним из высокоэффективных процессов механической обработки является ротационное резание. Однако наличие дополнительного вращения режущих элементов обуславливает меньшую жесткость ротационных инструментов, что требует изучения динамических явлений при ротационной обработке. Для их изучения при ротационной обработке была подготовлена измерительная система на основе динамометра Kistler 9257B. Для усиления и преобразования сигнала применялся усилитель-преобразователь Kistler 5070A, передающий данные на компьютер с программным обеспечением DynoWare, обеспечивающим их визуализацию, документирование и хранение.

Ключевые слова: силы резания, системный подход, ротационное фрезерование.

Динамические явления, включающие характер возникающих сил и относительные движения заготовки и инструмента, оказывают существенное влияние на протекание любого процесса резания. Они играют значительную роль в обеспечении качества изделий, а также производительности обработки и надежности оборудования, инструмента и технологической оснастки [1]. Поэтому возникающие в процессе резания силы, колебания или вибрации необходимо учитывать при оптимизации любой технологической операции. В процессе резания могут возникать два принципиально различных вида колебаний: вынужденные, возникающие при действии нагрузок, изменяющихся по времени, и автоколебания, вызываемые самим процессом резания. Различные виды колебаний имеют различные источники возбуждения, параметры и требуют различного управления. Комплексное измерение сил резания, колебаний и вибраций позволяет глубже понять сущность изучаемых процессов резания.

Исследования процесса ротационного резания показали его высокую эффективность при обработке деталей простой формы (цилиндрические, плоскости) по следующим особенностям: высокая стойкость режущих элементов за счет большой длины режущих кромок, периодически осуществляющих процесс резания; высокое качество обработанной поверхности, сравнимое с абразивной обработкой [2, 3]. Однако наличие дополнительного вращения режущих элементов обуславливает меньшую жесткость ротационных инструментов, что требует изучения вибродинамических явлений при ротационной обработке.

В подавляющем большинстве работ [4–8] по ротационному резанию рассматривается процесс ротационного точения применительно к гладкому

режущему элементу в виде усеченного конуса, режущая кромка которого представляет собой окружность. Данная форма режущего элемента обусловлена технологичностью изготовления применительно к обработке цилиндрических и плоских поверхностей заготовок. Наиболее производительным среди методов ротационного резания является ротационное фрезерование, эффективность которого существенно повышается при применении групповой схемы обработки. Для её реализации режущий блок выполняют из двух элементов: зубчатого и гладкого (рис. 1).

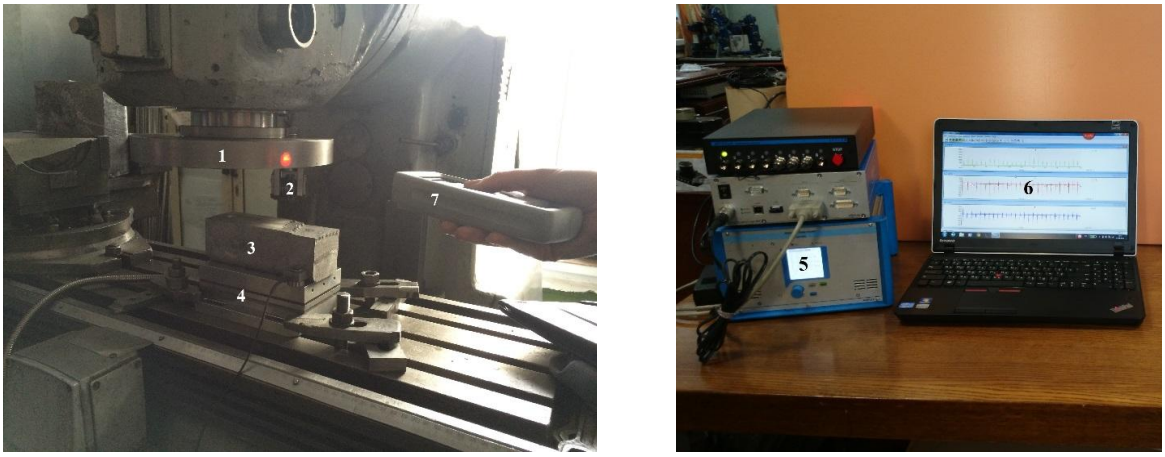
Рис. 1. Режущий блок ротационной фрезы,
работающей по групповой схеме резания

Для изучения динамических явлений при обработке по данной схеме была подготовлена измерительная система, включающая следующие компоненты: фрезу 1 (рис. 2а) с ротационным режущим блоком 2, заготовку 3 (алюминиевую отливку марки АК9М2), динамометр Kistler 9257B 4, соединенный с усилителем-преобразователем Kistler 5070A 5 (рис. 2б), персональный компьютер 6 со специальным программным обеспечением DynoWare для фиксации показаний динамометра, цифровой тахометр 7.

Динамометр Kistler 9257B позволяет раскладывать вектор действующей силы на три ортогональные составляющие (x, y, z) вне зависимости от места ее приложения. Особенностями разложения силы и вибрации на ортогональные составляющие являются принимаемое направление осей, а также их определение в статической системе координат, связанной со станком, а не с режущим элементом. Это приводит к трудности сопоставления получаемых результатов с исследованиями других авторов. Например, в работе [9] выведена зависимость между составляющими силы резания: $F_y > F_x > F_z$. Причем составляющая F_y направлена по нормали к обработанной поверхности. По утверждению авторов, зависимости справедливы для

данных условий обработки и не могут быть распространены на все схемы, методы ротационного резания и условия резания. Отмечается, что однозначного влияния самовращения режущей кромки на составляющие силы резания не установлено: оно зависит от способа обработки, материала, наличия принудительного привода режущего элемента.

Особенностью применяемой схемы является расположение составляющих силы резания таким образом, что по нормали к обработанной поверхности направлена F_z, по направлению подачи – F_x, а поперек – F_y.



а) б)

Рис. 2. Измерительная система

Постоянными принимают параметры, которые сложно регулировать и изменять (например, при фрезеровании это диаметр инструмента и его режущих элементов). Из некоторого диапазона могут быть выбраны легко изменяемые параметры (например, режим резания и/или параметры установки). Рассчитываемые параметры определяются решаемой задачей (например, форма и размеры порошка). Управлять процессом ротационного резания, обеспечивая стабильность его протекания, позволяют параметры, выбираемые из некоторого диапазона. Типичная картина получаемых данных представлена на рис. 3.

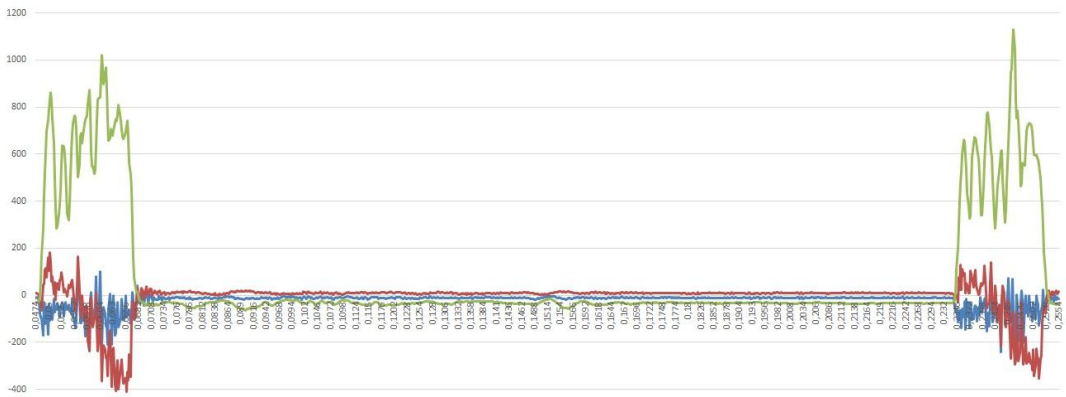


Рис. 3. Составляющие силы резания

Интерес представляет не время оборота фрезы, а только время ее контакта с заготовкой. Поэтому на рис. 4 представлены «растянутые» измеренные параметры в течение указанного промежутка времени, определяемого углом контакта фрезы. Пики составляющих силы резания характеризуют работу каждого зуба режущего элемента.

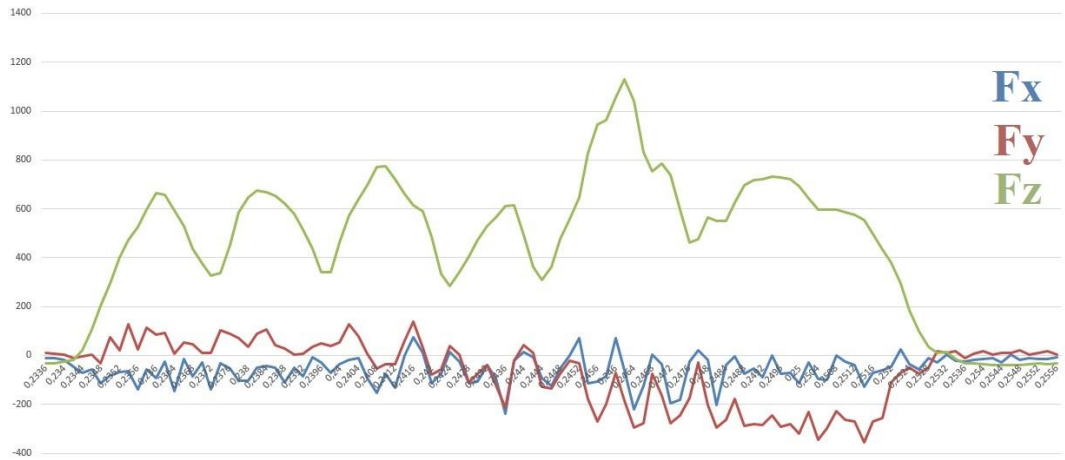


Рис. 4. Составляющие силы резания на дуге контакта инструмента с заготовкой

На рис. 5 представлены графики зависимости составляющих силы резания от одного из основных параметров установки – угла разворота режущего блока. Во всем диапазоне изменения данного параметра наибольшая составляющая силы – вертикальная P_z, наименьшая – поперечная P_y.

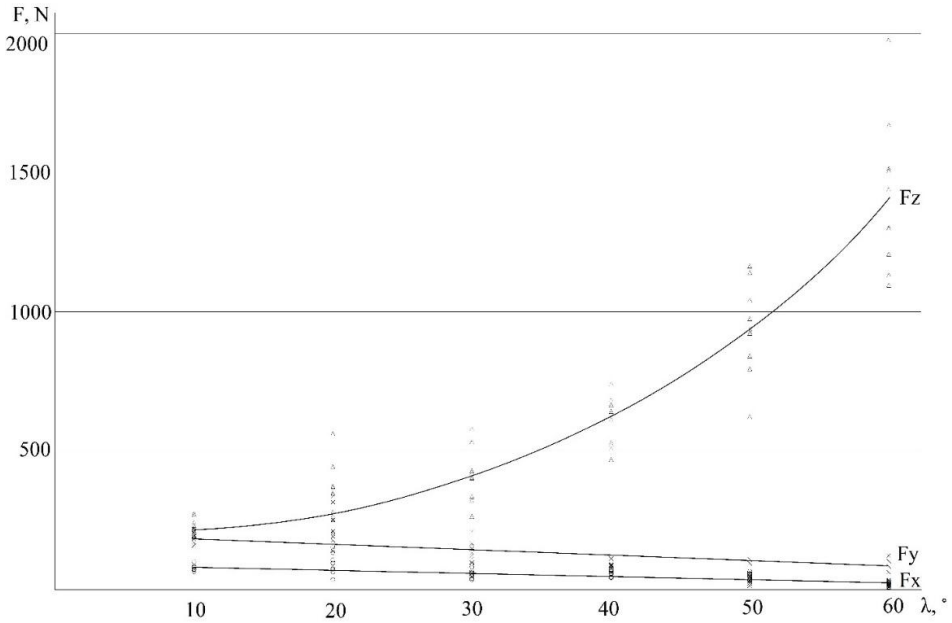


Рис. 5. Зависимость составляющих силы резания от угла разворота режущего блока

В целом полученные результаты с поправкой на направление подтверждают соотношение между составляющими силы резания при ротационной обработке, полученное другими исследователями. Если составляющие F_x и F_y не сильно изменяются при различных углах разворота режущего блока, то нормальная составляющая F_z существенно возрастает при его увеличении.

Библиографический список

1. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.

2. Новоселов, Ю.А. Классификация видов ротационного резания / Ю.А. Новоселов, Н.Н. Попок. – Минск: Высшая школа, 1983. – 219 с.

3. Ермаков, Ю.М. Развитие способов ротационного резания / Ю.М. Ермаков. – М.: ВНИИТЭМР, 1989. – 56 с.

4. Ящерицын, П.И. Ротационное резание материалов / П.И. Ящерицын, А.В. Борисенко, И.Г. Дривотин и др. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 229 с.

5. Землянский, В.А. Обработка высокопрочных материалов инструментами с самовращающимися резцами / В.А. Землянский, Б.Ф. Лупкин. – Киев: Техника, 1980. – 127 с.

6. H.A. Kishawy, L. Li and A.I. EL-Wahab, Prediction of chip flow direction during machining with self-propelled rotary tools, International Journal of Machine Tools & Manufacture 46, 1680–1688 (2006).

7. S. Lei and W. Liu, High-speed machining of titanium alloys using the driven rotary tool, International Journal of Machine Tools & Manufacture 42, 653–661 (2002).

8. H. Sasahara, A. Kato, H. Nakajima, H. Yamamoto, T. Muraki and M. Tsutsumi, High-speed rotary cutting of difficult-to-cut materials on multitasking lathe, International Journal of Machine Tools & Manufacture 48, 841–850 (2008).

9. Коновалов, Е.Г. Новые конструкции ротационного режущего инструмента / Е.Г. Коновалов, В.А. Сидоренко, А.В. Соусь, Г.Ф. Шатуров, М.Ф. Пашкеевич. – М.: Машиностроитель, 1971. – № 2. – С. 25–27.

К содержанию

УДК 621.9.01 + 517.972.5

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОБОДНОГО ОРТОГОНАЛЬНОГО РЕЗАНИЯ МЕТОДОМ EFG

И.С. Болдырев

Целью данной работы является оценка возможности использования EFG-метода (бессеточного метода Галеркина) для численного моделирования высокоскоростного ортогонального резания. Для верификации предложенной модели приводится сравнение формы стружки и величины составляющих силы резания при свободном ортогональном резании, полученные с помощью разработанной модели с аналогичными результатами, полученными автором с помощью метода SPH, а также экспериментальными данными.

Ключевые слова: EFG, метод конечных элементов, резание, бессеточные методы, SPH.

Введение

Обработка металлов резанием является одним из распространенных в машиностроении способов обработки деталей машин. Разработка точных и надежных методов моделирования процесса резания в последние годы заметно расширилась, однако физические явления, происходящие при механической обработке, довольны сложные. Как правило, изучение свободного ортогонального резания производится с целью моделирования плоского деформированного состояния.

В последнее время было предложено большое количество численных моделей, основанных на методе конечных элементов (МКЭ) для преодоления недостатков, присущих аналитическим методам. Большинство таких моделей используют МКЭ в Лагранжевой или произвольной Лагранжево-Эйлеровой формулировке [1]. Такой подход имеет несколько известных недостатков. Во-первых, значительное искажение сетки конечных элементов, и во-вторых, трудности с моделированием процесса отделения стружки. Такие проблемы решаются разными методами, однако все они носят компромиссный характер и требуют допущений, искажающих действительную картину резания.

В то же время, в последние годы появился ряд численных бессеточных методов, в которых описанных выше недостатков нет, но имеются и свои, в частности неадекватное моделирование поведения материала при испытании на растяжение [2–4]. Одним из них является EFG-метод, который сочетает в себе достоинства сеточных и бессеточных методов.

В связи с этим целью данной статьи является оценка возможности использования EFG-метода (безэлементного метода Галеркина) для численного моделирования высокоскоростного ортогонального резания.

Описание модели и свойств материалов

Модель заготовки представляет собой параллелепипед размерами 10x4x3 мм. Резец – твердое недеформируемое тело со следующими свойствами: модуль упругости 110 ГПа, коэффициент Пуассона 0,3, плотность 6850 кг/м^3. Геометрические параметры режущей части: радиус при вершине 0,1 мм; передний угол 15°; задний угол 5°. Скорость резания 10 м/с, глубина резания 1 мм. Материал заготовки – алюминий 6061-T6 имеет следующие свойства: плотность 2700 кг/м^3; модуль упругости 70 ГПа; предел текучести 260 МПа. Коэффициент кулоновского трения между заготовкой и резцом 0,3. Равномерная сетка конечных элементов была сгенерирована из восьмиузловых гексагональных элементов. Расчет велся неявным методом с адаптивным перестроением сетки.

Для моделирования свойств материала заготовки из сплава 6061-T6 (зависимости между деформациями и напряжениями) использовалась модель Джонсона-Кука со следующими параметрами: A = 324,1 МПа; B = 113,8 МПа; N = 0,42; C = 0,002; M = 1,34, скорость деформации не учитывалась. Параметры для модели разрушения материала: D_1 = –0,77; D_2 = 1,45; D_3 = –0,47; D_4 = 0; D_5 = 1,6 [1].

Результаты расчета

Одним из недостатков бессеточных методов, в частности SPH, является неадекватное моделирование формы сливной стружки. Форма стружки, получающаяся в результате моделирования EFG-методом, представлена на рис. 1 и имеет вид, близкий к сливной. Для сравнения на рис. 2 представлена форма стружки и значения составляющих силы резания при численном моделировании свободного ортогонального резания обычным методом конечных элементов в Лагранжевой постановке. Как видно, при этом значение радиальной составляющей P_y практически нулевое за счет удаления элементов, лежащих под задней поверхностью резца.

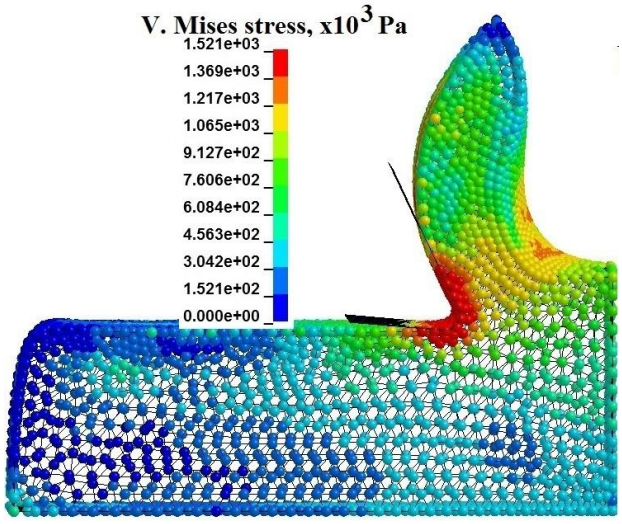


Рис. 1. Распределение напряжений и форма стружки
в результате расчета методом EFG

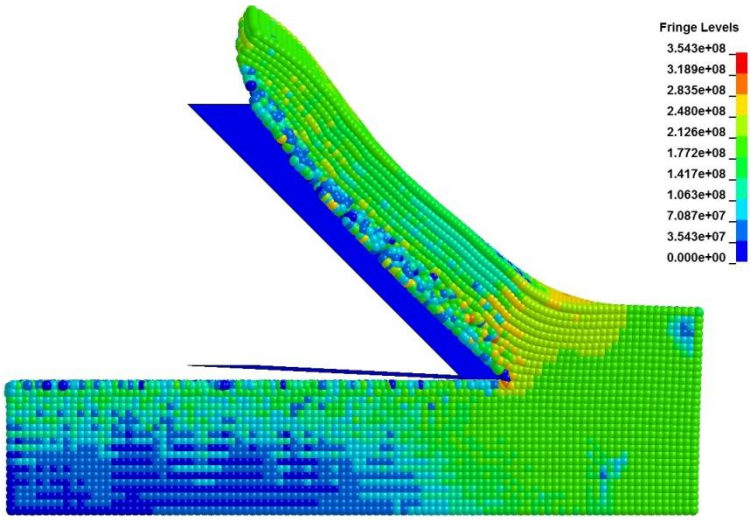


Рис. 2. Распределение напряжений и форма стружки
в результате расчета методом SPH

Далее при расчете были получены значения составляющих силы резания P_z и P_y, представленные на рис. 1, а. Экспериментальные результаты для исследуемого материала следующие: P_z = 719 Н; P_y = 223 Н. Данные результаты получены из следующих условий: глубина резания 0,63 мм; ширина 3,3 мм; скорость резания 20 м/с; передний угол 15°. При моделировании EFG-методом значение радиальной составляющей P_y близко к экспериментальному.

Выводы и заключение

В данной работе представлены результаты численного моделирования свободного ортогонального резания EFG-методом. В результате расчета получены следующие результаты:

1. Форма стружки моделируется более адекватно, чем при использовании SPH-метода.

2. EFG-метод как метод, не требующий удаления элементов для имитации стружкоотделения, более точно предсказывает силу резания, в частности радиальную составляющую P_y, чем обычный метод конечных элементов в Лагранжевой постановке.

Библиографический список

1. Boldyrev I.S., Shchurov I.A., Nikonov A.V. Numerical simulation of the aluminum 6061-T6 cutting and the effect of the constitutive material model and failure criteria on cutting forces' prediction. Procedia Engineering 2. 2nd International conference on industrial engineering, ICIE 2016. – P. 866–870.

2. Shchurov I.A., Nikonov A.V., Boldyrev I.S. SPH-simulation of the fiber-reinforced composite workpiece cutting for the surface quality improvement. Procedia Engineering 2. 2nd International conference on industrial engineering, ICIE 2016. – P. 860–865.

3. Щуров, И.А. Моделирование на основе SPH метода стружкообразования при резании заготовки из однонаправленного волоконно-армированного композита / И.А. Щуров, А.В. Никонов, И.С. Болдырев, Д.В. Ардашев // СТИН. – 2016. – № 3. – С. 36–40.

4. Shchurov I.A., Nikonov A.V., Boldyrev I.S., Ardashev D.V. SPH modeling of chip formation in cutting unidirectional fiber-reinforced composite. Russian Engineering Research, том 36. – № 10, 2016. – P. 883–887.

К содержанию

УДК 621.941.1 + 621.762

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ РОТАЦИОННЫМ ТОЧЕНИЕМ ПО ГРУППОВОЙ СХЕМЕ РЕЗАНИЯ САМОВРАЩАЮЩИМИСЯ РЕЖУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

И.О. Еговцев, В.Г. Шаламов

В статье рассмотрена технология получения порошков на примере алюминия и алюминиевых сплавов. Предложен метод получения металлических порошков ротационным точением самовращающимися режущими элементами. Используя опыт предварительных исследований, разработана математическая модель процесса, позволяющая по исходным данным вычислить теоретические размеры и форму образующихся порошков. Экспериментальным путем получены порошки из заготовки алюминиевого сплава и измерены их действительные размеры. Произведено сравнение теоретических и действительных размеров порошковых элементов.

Ключевые слова: порошковая металлургия, ротационное точение, ротационный режущий инструмент.

Порошки алюминия и его сплавов – наиболее представительные по объему производства и номенклатуре среди порошков цветных металлов. Их отличительной чертой является повышенная пожаро- и взрывоопасность. В настоящее время порошки алюминия и его сплавов получают из сортовых марок алюминия и его сплавов или из отходов, используя приемы распыления расплава [1]. Процесс распыления расплава имеет существенный недостаток, а именно: очень низкий КПД процесса, который выражается отношением поверхностной энергии распыленных частиц к энергии, затраченной на повышение давления массы жидкости. Обычно КПД составляет менее 1 % из-за потерь, обусловленных главным образом высокой кинетической энергией капель и отходящих газов [2].

Области применения порошков алюминия и алюминиевых сплавов весьма разнообразны:

1. Изготовление взрывчатых веществ (аммоналов, алюмотола, детонитов и др.).

2. Металлургия (в качестве восстановителя, для алюмотермии, для устранения усадочных раковин в слитках, напыления и термодиффузии в порошковой металлургии, получения сварочной проволоки).

3. Химическая промышленность (при получении водорода, алюминийалкилов, тетаэтилсвинца, антидетонатора, в производстве резины для автомобильных шин, специальных пластмасс).

4. Изготовление красок, эмалей, пластиков на основе эпоксидных, феноловых, полиэфирных пластмасс).

5. Производство ячеистых бетонов, высокоплотных огнеупоров, пористых абсорбирующих материалов при изготовлении изделий методом сухого прессования.

Ротационное точение является прогрессивным способом обработки материалов, в зависимости от причины, вызывающей вращение инструмента в процессе резания, инструменты с вращающимися круглыми резцами разделяются на две группы: инструменты с принудительным вращением режущей кромки от специального привода и инструменты с самовращением режущей кромки силами трения, возникающими между контактными поверхностями резца и заготовкой [3]. Предлагаемый способ получения порошковых элементов ротационным точением самовращающимися режущими элементами относится к механическим методам: измельчение металла резанием.

В настоящее время отсутствует информация о практическом применении технологии ротационного точения в качестве способа получения металлического порошка. Однако можно предположить, что данным методом возможно измельчение разнообразных материалов с целью получения металлических и неметаллических порошков различной формы и размеров. Одной из ключевых особенностей процесса является реализация прерывистого процесса резания, за счет использования зубчатых режущих элементов. Образующиеся крупные элементы порошкового материала целесообразно будет использовать для дальнейшего измельчения в шаровых, вихревых и других аппаратах, а мелкие элементы для изготовления изделий без дополнительного дробления

Процесс ротационного точения в общем виде представляет собой своеобразную токарную обработку, целью которой является получение элементной стружки – порошков определенного размера. Для реализации данной технологии разработан специализированный инструмент – ротационный режущий инструмент (рис. 1а) и зубчатые режущие элементы (рис. 1б). Принцип работы и конструктивные особенности разработанного инструмента были рассмотрены ранее в работе [4].

а) б)

Рис. 1. Модель ротационного инструмента (а)
и зубчатых режущих элементов (б)

Ранее в работе [5] была подробно рассмотрена кинематика ротационного точения и параметры установки режущих элементов. Используя эти данные, разработана математическая модель формы и размеров образующихся порошковых элементов при ротационном точении по групповой схеме резания самовращающимися режущими элементами. Данная математическая модель представлена в системе компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования – Mathcad. При моделировании этого процесса исходными данными будут являться параметры операции, такие как величина подачи (S), глубина резания (t), угол наклона режущей кромки (λ), профиль зуба режущего элемента (a, b, h, α_1, α_3 и α_4) и т.д. Интерфейс программы для ввода исходных данных представлен на рис. 2.

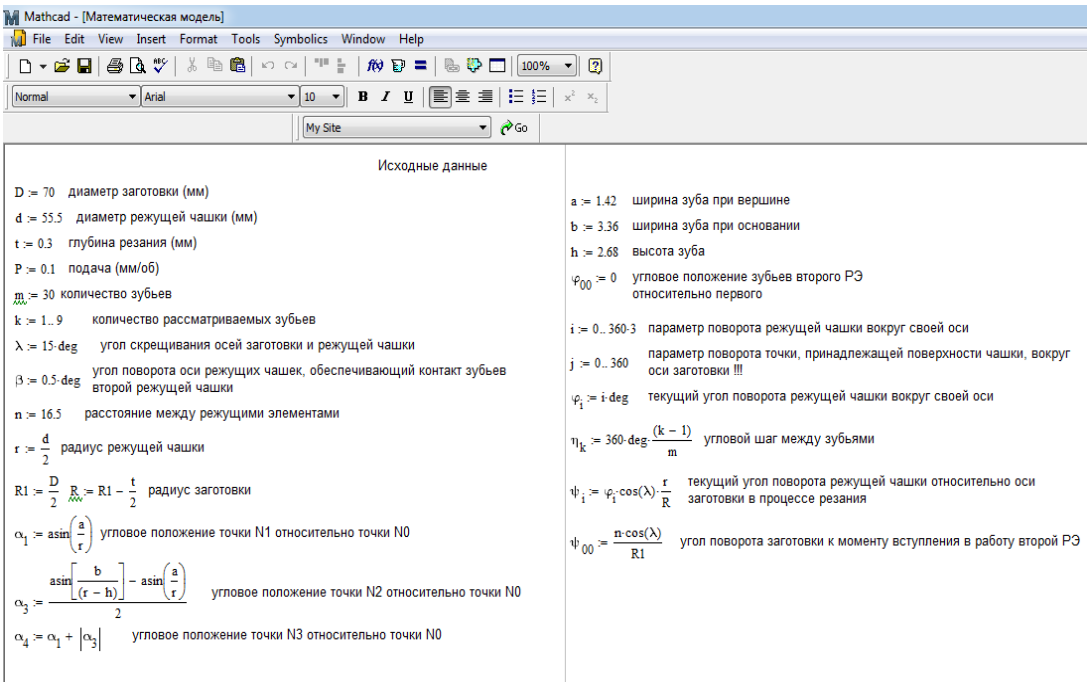


Рис. 2. Интерфейс программы для ввода исходных данных

Выходными данными разработанной математической модели являются форма и теоретические размеры порошков, образуемых при ротационном точении. Произведя моделирование для двух проходов режущего инструмента с глубиной резания 0,3 мм и 0,6 мм, по указанным выше исходным данным (рис. 2) выявлены две основные формы порошковых элементов, образуемых при данных условиях: трапециеобразная, с габаритными размерами A_1 = 0,30 мм и B_1 = 1,67 мм, и П-образная с габаритными размерами A_2 = 0,60 мм, B_2 = 1,90 мм, B_3 = 1,35 мм (рис. 3). Очевидно, что размеры A_1 и A_2 равны заданным глубинам резания 0,3мм и 0,6мм, а величина размеров B_1, B_2 и B_3 будет зависеть от исходных параметров операции, таких как угол наклона режущей кромки (λ), профиль зуба режущего элемента (a, b, h, α_1, α_3 и α_4) и т.д.

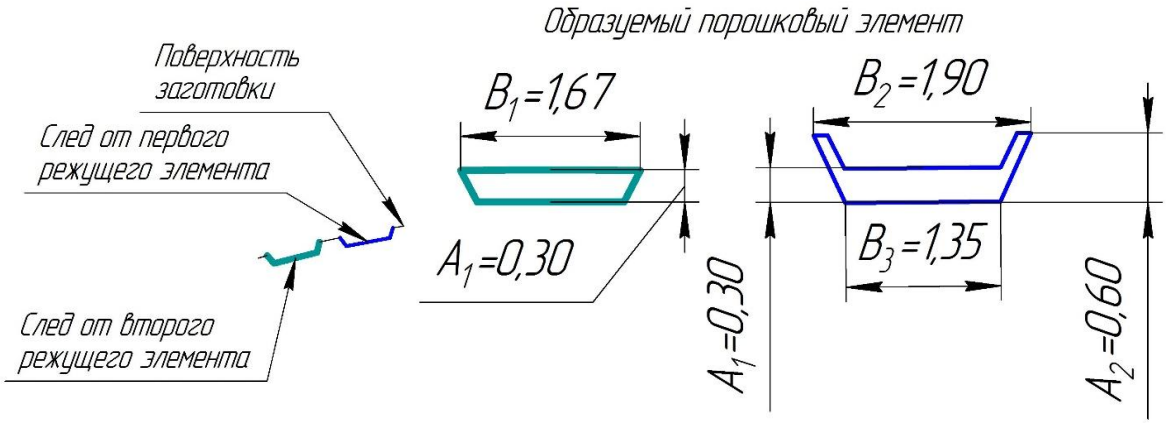


Рис. 3. Выходные данные математической модели

Для проверки точности и адекватности выходных данных разработанной математической модели был проведен ряд экспериментальных исследований, на примере обработки заготовки алюминиевого сплава. По аналогичным исходным данным (рис. 2) были получены образцы порошков (рис. 4), двух основных форм: трапециеобразной и П-образной.

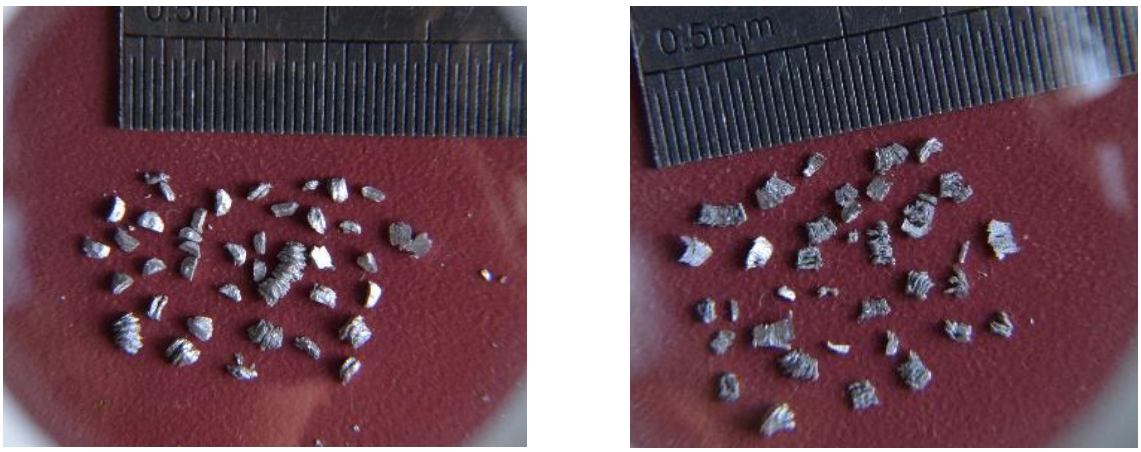


Рис. 4. Порошковые элементы, полученные экспериментальным путем

Для сравнения действительных и теоретических размеров используется метод статистической проверки гипотез, а именно сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной средней нормальной совокупности. Для того чтобы при заданном уровне значимости α проверить нулевую гипотезу H_0: $a = a_0$ о равенстве генеральной средней a нормальной совокупности с неизвестной дисперсией σ гипотетическому (предполагаемому) значению a_0 при конкурирующей гипотезе H_1: $a \neq a_0$, надо вычислить наблюдаемое значение критерия

$$U_{набл} = \frac{(\bar{x} - a_0)\sqrt{n}}{\sigma}, \quad (1)$$

где $\bar{x}$ – среднеарифметическое значение; a_0 – нормативный показатель с которым происходит сравнение (гипотетическое значение); n – объем выборки; σ – среднеквадратичное отклонение.

По таблице функции Лапласа находится критическая точка $u_{кр}$ двусторонней критической области из неравенства:

$$\Phi(u_{кр}) = \frac{1 - \alpha}{2}, \quad (2)$$

где α – заданный уровень значимости.

Если $|U_{набл}| < u_{кр}$ – нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу. Если $|U_{набл}| > u_{кр}$ – нулевую гипотезу отвергают [6].

Результаты измерений действительных размеров порошков сгруппированы в три выборки для размеров B_1, B_2 и B_3 соответственно, и представлены в табл. 1.

Для каждой выборки по формулам (1) и (2) были найдены наблюдаемое значение критерия ($U_{набл}$) и критическая точка ($u_{кр}$), результаты расчетов представлены в табл. 2.

Согласно данным табл. 2, во всех случаях $|U_{набл}| > u_{кр}$ и соответственно нулевая гипотеза отвергается. Другими словами, выборочная и гипотетическая средние различаются значимо. Полученное различие действительных и теоретических размеров на данном этапе исследования можно связать с возникающими погрешностями, такими как:

– погрешности при изготовлении режущего инструмента;

– погрешности при токарной обработке (неточность станка и зажимного приспособления, неточность установки режущего инструмента и т.п.);

– погрешности, вызываемые неточностью измерения размеров порошков;

– возникающие пластические деформации при образовании порошков.

Для исключения данного различия в будущей работе необходимо оценить количественно влияние указанных погрешностей на размеры получаемых порошков. А также ввести поправочные коэффициенты в математическую модель, позволяющие на этапе теоретического расчета размеров образуемых порошков минимизировать возникающие погрешности.

Таблица 1

Действительные размеры порошков

№ измерения	x_i		
	B_1, мм	B_2, мм	B_3, мм
1	1,52	1,43	1,04
2	1,34	1,58	1,01
3	1,41	1,38	1,12
4	1,3	1,45	1,16
5	1,38	1,41	1,38
6	1,33	1,62	1,12
7	1,51	1,38	1,1
8	1,53	1,51	1,27
9	1,36	1,55	1,14
10	1,58	1,38	1,3
11	1,45	1,62	1,11
12	1,42	1,52	1,15
13	1,59	1,45	1,28
14	1,66	1,48	1,31
15	1,42	1,38	1,21
16	1,36	1,78	1,18
17	1,5	1,8	1,26
18	1,44	1,32	1,11
19	1,51	1,4	1,22
20	1,62	1,43	1,15

Таблица 2

Результаты расчетов для проверки нулевой гипотезы

	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	$U_{набл}$	$u_{кр}$	a_0
B_1	1,46	0,10	9,4	1,96	1,67
B_2	1,49	0,13	14,1	1,96	1,90
B_3	1,18	0,09	8,4	1,96	1,35

Библиографический список

1. Бабич, Б.Н. Металлические порошки и порошковые материалы / Б.Н. Бабич. – М. – С. 156–158.

2. Джонс, В.Д. Основы порошковой металлургии. Производство металлических порошков / В.Д. Джонс. – М. – С. 186.

3. Бобров, В.Ф. Резание металлов самовращающимися резцами / В.Ф. Бобров, Д.Е. Иерусалимский. – Москва: Машиностроение, 1972. – С. 3.

4. Шаламов, В.Г. Применение ротационного точения в качестве метода получения порошковых элементов / В.Г. Шаламов, И.О. Еговцев // Темат. сб. науч. тр. «Прогрессивные технологии в машиностроении». – Челябинск, 2016. – С. 28–31.

5. Шаламов, В.Г. Кинематика ротационного точения при групповой схеме резания / В.Г. Шаламов, И.О. Еговцев // Наука ЮУрГУ. Материалы 68-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 302–310.

6. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В.Е. Гмурман. – М. – С. 218–219.

К содержанию

УДК 621.914.3-529 + 621.914.1.04

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

И.А. Щуров

Приведены данные о результатах ранее выполненных работ по расчету поверхностей деталей после обработки их на станках с ЧПУ. Исследования показали преимущества и достаточность метода дискретного твердотельного моделирования не только для расчета получаемых поверхностей деталей с учетом влияния износа инструмента, деформаций элементов технологических систем и погрешностей их изготовления, установки и движения, но и определить величины отклонений получаемой поверхности детали от заданной в CAD системе. Применительно к задачам обработки на станках с ЧПУ данный метод позволяет рассчитать остаточные гребешки и определить их высоту в любой точке поверхности детали.

Ключевые слова: обработка на станках с ЧПУ, дискретное твердотельное моделирование, воксель, высота остаточных гребешков.

1. Введение. Постоянное повышение точности деталей является непрерывной тенденцией машиностроения. В числе прочего это связано с повышением скоростей движущихся рабочих органов ряда машин. В частности, современные энергетические установки, основанные на турбинных агрегатах, имеют все большие скорости вращения, достигающие 50–70 тыс. мин$^{-1}$. Такие скорости вращения обуславливают высокие требования к дисбалансу турбинных колес и точности размеров и формы их лопаток. Поскольку

последние имеют фасонную поверхность, то их производство осуществляется с применением станков с ЧПУ. В последние десятилетия гомогенные материалы все чаще заменяются композитными. Волоконно-армированные композиты позволяют при минимизации размеров и веса обеспечить высокую прочность деталей. Все эти особенности требуют от машиностроителей применения новых нетрадиционных подходов при разработке управляющих программ для станков в ЧПУ, подходов, которые бы максимально учитывали влияние технологических факторов на точность и качество поверхностей деталей [1].

Одним из подобных нетрадиционных подходов для разработки управляющих программ является подход, основанный на дискретном твердотельном (ДТМ) или воксельном моделировании [2–4]. Ранее были разработаны основные методологические вопросы решения задач металлообработки с использованием такого подхода: принципы, правила, основные типы моделей, алгоритмы и программы для решения частных задач [5]. Для учета влияния на точность деталей износа инструмента и упругих деформаций элементов технологической системы были разработаны принципиальные расчетные схемы и зависимости [5]. Эти исследования позволили в некоторой степени повысить точность поверхностей деталей. Для повышения качества поверхности детали из волоконно-армированного композита были выполнены исследования, направленные на расчет рациональных углов расположения оси фрезы для случая 5-координатной обработки. Такие углы обеспечивали уменьшение разрушения поверхностного слоя композита при его резании.

В дальнейшем решалась задача получения постоянных остаточных гребешков при фрезеровании концевой фрезой со сферической производящей поверхностью фасонной поверхности заготовки. Современные CAM системы позволяют получить поверхность детали так, как если бы она была обработана на реальном оборудовании. Более того, такие программы позволяют рассчитать отклонение полученной в модели поверхности от идеальной поверхности детали, заданной в CAD системе (рис. 1а).

Такая же задача была рассмотрена и в настоящем исследовании применительно к ДТМ.

2. Результаты моделирования поверхности заготовки после обработки ее по рассчитанной управляющей программе

Для расчета полученной поверхности заготовки после формообразования ее сферической производящей поверхностью фрезы были использованы те же самые зависимости, опубликованные ранее для расчета процесса резьбообработки [5]. Из множества вокселей заготовки в виде прямоугольного параллелепипеда было вычтено множество вокселей фрезы в каждый момент времени обработки.

Результат разности множеств позволяет найти множество вокселей тела заготовки. Применяя зависимости по расчету поверхности [5], можно най-

ти воксели полученной поверхности (рис. 1б). Для примера был произведен расчет заготовки до середины прохода фрезой (рис. 1в; припуск удалялся за один проход для наглядности).

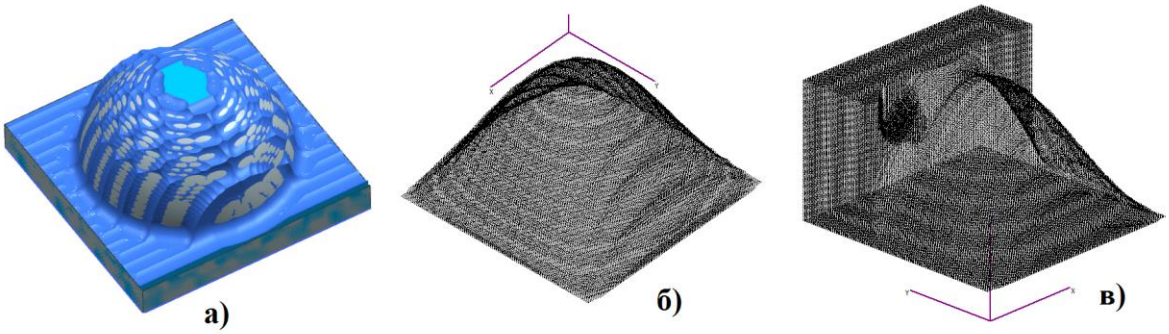


Рис. 1. Результаты расчета поверхностей заготовок
в CAM системе и по программе автора с использованием ДТМ

Далее из полученного множества вокселей необходимо вычесть множество, принадлежащее поверхности детали, полученной из CAD системы. Полученное в результате этого множество вокселей позволяет определить их узловые точки в любом направлении, что далее позволяет найти расстояния от внутренней поверхности, сопрягаемой с деталью, до внешней поверхности заготовки (рис. 2а). Данные расстояния соответствуют величине остаточных гребешков. Выбирая необходимые границы координат узловых точек вокселей, можно получить воксели отклонений в любом сечении или на ограниченном участке поверхности полученной детали (рис. 2б).

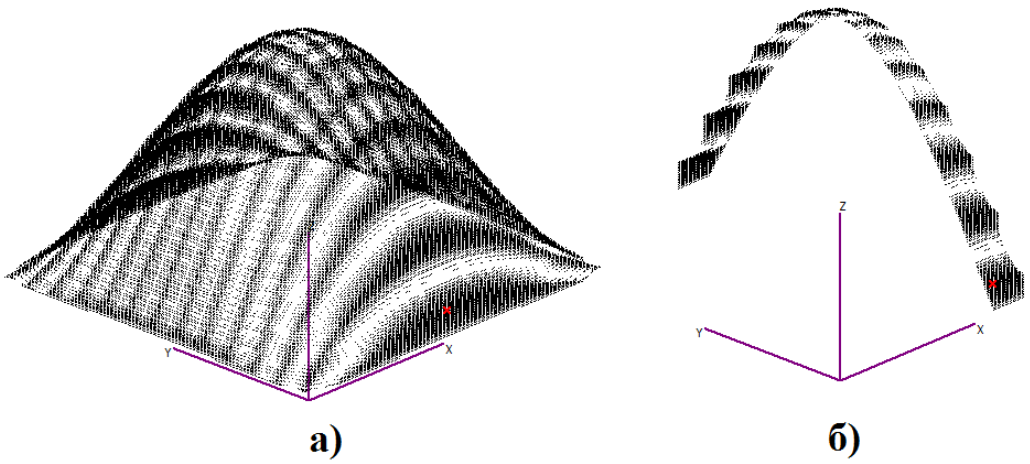


Рис. 2. Результаты расчета остаточных гребешков

3. Выводы. Выполненный комплекс работ позволил доказать преимущества и достаточность метода дискретного твердотельного моделирова-

ния не только для расчета получаемых поверхностей деталей с учетом влияния износа инструмента, деформаций элементов технологических систем и погрешностей их изготовления, установки и движения, но и определить величины отклонений получаемой поверхности детали от заданной в CAD системе. Применительно к задачам обработки на станках с ЧПУ данный метод позволяет рассчитать остаточные гребешки и определить их высоту в любой точке поверхности детали.

Библиографический список

1. Щуров, И.А. Проблемы обеспечения точности детали «лопатка турбины» при фрезеровании на станке с ЧПУ и их решение на основе дискретного твердотельного моделирования / И.А. Щуров, Е.Ю. Петрова // Наука ЮУрГУ: материалы 61 научной конференции. – Челябинск: ЮУрГУ, 2009. – Т. 1. – С. 270–273.

2. Hauth, S. Extended linked voxel structure for point-to-mesh distance computation and its application to NC collision detection / S. Hauth, Y. Murtezaoglu, L. Linsen // Computer-Aided Design. – 2009. – Vol. 41(12). – P. 896–906.

3. Ilushin, O. Precise global collision detection in multi-axis NC-machining / Ilushin, G. Elber, D. Halperin, R. Wein, M.-S. Kim // Computer-Aided Design. – 2005. – Vol. 37. – P. 909–920.

4. Liu, S.Q. Real-time, dynamic level-of-detail management for three-axis NC milling simulation/ S.Q. Liu, S.K. Ong, Y.P. Chen, A.Y.C. Nee // Computer-Aided Design. – 2006. – Vol. 38. – P. 378–391.

5. Щуров, И.А. Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования: моногр. / И.А. Щуров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 320 с.

К содержанию

УДК 621.91 + 621.822

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ШЕЙКИ ВАЛА РОТОРА С БАЗИРОВАНИЕМ ПО ЕЕ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОПОРЕ ПОДШИПНИКА КОРПУСА ТУРБИНЫ

А.В. Щурова

В процессе эксплуатации роторов турбин шейки их валов подвергаются износу. Крупногабаритные валы турбин целесообразно восстанавливать в местах их эксплуатации. В связи с этим рассматривается возможность обработки шеек валов непосредственно базированием по обрабатываемым поверхностям. Базирование может быть на роликах малогабаритных балансировочных станков, на которых устанавливаются обрабатывающие головки, или непосредственно в полуопорах подшипников турбин. В любом случае такая обработка сопряжена с рядом проблемных вопросов: доводится ли обработанная поверхность до идеальной цилиндрической и насколько существенно смещается ось шейки ротора от первоначального положения. Все эти вопросы были изучены на основе дискретных математических моделей. Были установлены определенные условия, при которых минимизируются указанные проблемы.

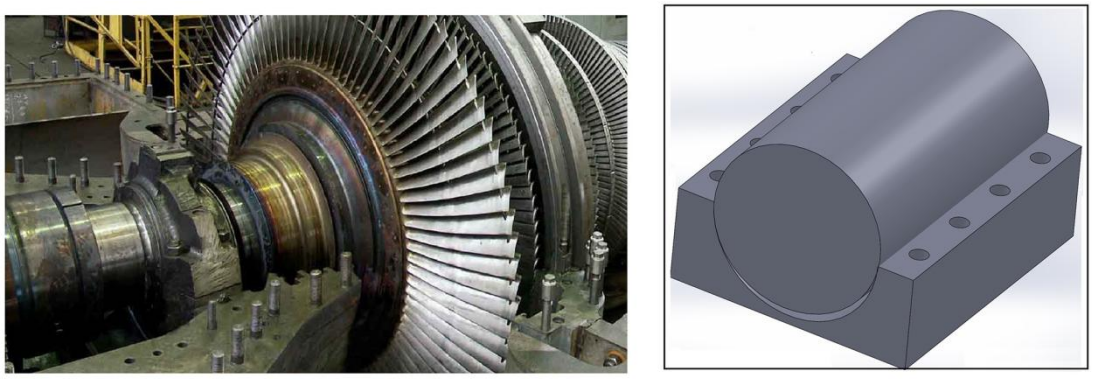
Ключевые слова: восстановление шеек валов турбин, базирование по обработанной поверхности, шлифование, несоосность.

1. Введение. В энергетике применяются роторы турбин, шейки валов которых закрепляются в подшипниках скольжения. В процессе эксплуатации данные шейки изнашиваются, что требует извлечения роторов для последующего восстановления изношенных поверхностей. Традиционно производится доставка роторов на специализированные предприятия, где имеется соответствующее крупное металлорежущее оборудование. На данном оборудовании обработка валов производится в центрах по имеющимся на них центровым отверстиям [1]. Учитывая крупные габариты деталей, их доставка на предприятия существенно увеличивает стоимость восстановления [2]. В последние годы все шире применяется стратегия «оборудование к детали», при этом такое оборудование должно быть относительно малогабаритным. Сюда относятся станки с орбитальной технологией обработки, которые крепятся непосредственно на роторах [3, 4]. Очевидно, что точность такой обработки существенно зависит от правильного базирования подобного станка на валу. В качестве баз используются свободные от обработки поверхности, которые не являются изначально базовыми. Соответственно недостаток такого подхода – увод оси вала от первоначального положения. Одним из способов восстановления может

быть способ базирования вала одновременно по двум его шейкам на точечных, призматических или роликовых опорах, одна из которых должна быть связана с инструментальной головкой и ее механизмом подачи. Такой вариант может быть реализован на балансировочных станках, которые являются относительно малогабаритными и в любом случае используются для окончательной балансировки ротора [5]. Однако очевидный недостаток этого способа связан с базированием по некруглой обрабатываемой поверхности: практика показывает, что добиться необходимой круглости радиального сечения зачастую не удается [6–11]. Происходит копирование исходного некруглого профиля заготовки на профиль обработанной поверхности. Одним из наиболее перспективных способов восстановления является обработка шейки вала непосредственно в подшипниках скольжения корпуса турбинной установки. После удаления верхней крышки подшипника предоставляется возможность вращения ротора и обработки шеек. Предварительная оценка уменьшения некруглости шейки показала, что отклонение от круглости уменьшается и в этом случае. Однако в отличие от случаев обработки на балансировочных станках, для которых далее возможно произвести необходимую балансировку, в данном случае возможности по балансировке отсутствуют. Исходя из этого, важной становится оценка увода оси шейки после обработки от ее первоначального положения.

2. Результаты моделирования восстановления шейки вала ротора при базировании в полуцилиндрическую опору

Как и для случаев обработки на точечных, призматических и роликовых опорах [12–15], в данном случае была получена модель формообразования в полуцилиндрической опоре подшипника. Внешний вид ротора турбины в подшипнике и CAD модель шейки и его опоры представлены соответственно на рис. 1а и б).



а) б)

Рис. 1. Ротор турбины (с сайта utz.ru) и CAD модель шейки в полуопоре подшипника

Результаты моделирования получены для различных исходных данных: количество оборотов заготовки (в радианах – от 2π до 40π); угол между вертикальной осью и вектором от оси заготовки до оси инструмента (от 0 до 90°); итоговая величина подачи инструмента к центру заготовки (S_{D1} от 0,9 мм до 1,8 мм). Эти и некоторые другие параметры позволили выявить, что итоговое отклонение от круглости ε может варьироваться от исходных 0,5 мм до 0,05 мм (рис. 2).

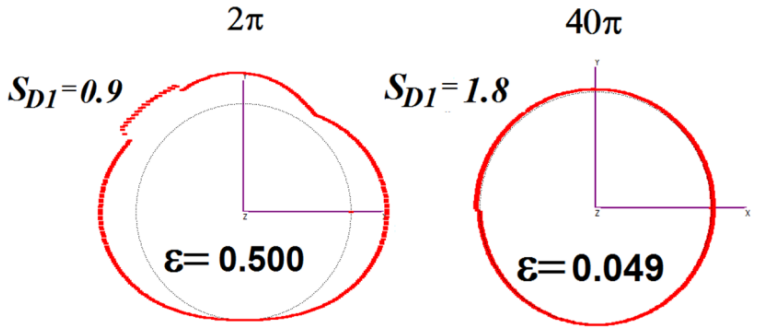


Рис. 2. Два предельных значения отклонения от круглости

Наряду с исследованием отклонения от круглости было проведено моделирование величины смещения оси обработанной шейки от исходного положения этой оси. Как было отмечено выше, такое исследование необходимо, поскольку выемка ротора из турбины в данном варианте технологии не предусматривается и последующая балансировка не производится.

Исследованиями было установлено, что после первого оборота заготовки в процессе обработки шейки ротора в полуопоре подшипника ось шейки смещается на максимальную величину. В дальнейшем в зависимости от указанных выше параметров обработки данная величина может асимптотически уменьшаться до некоторого своего предельного значения или практически оставаться неизменной.

3. Выводы. Установлено, что обработка шейки вала ротора турбины с базированием ее в полуцилиндрической опоре подшипника скольжения может привести как к сохранению первоначального значения отклонения от круглости профиля шейки, так и к десятикратному его уменьшению; одновременно с этим может возникнуть существенное смещение оси шейки от своего первоначального положения, которое далее может уменьшиться на порядок. Такие изменения отклонений от круглости и смещения указанной оси зависят в значительной степени от параметров процесса обработки, среди которых можно выделить наиболее рациональные параметры. Установлено, что минимальные значения отклонений от круглости и смещения оси достигаются при одних и тех же величинах рассматриваемых параметров обработки.

Библиографический список

1. High precision grinding machines. DanobatGroup, 2013. – 28 p.
2. Bloch, H.P. Machinery Component Maintenance and Repair: Practical Machinery Management for Process Plants / H.P. Bloch, F.K. Geitner, – USA, Elsevier Inc, 2005. – 630 p.
3. Orbital Tool Technologies. Shaft and Journal Repair, USA, 2012. – 2 p.
4. Portable machine tools. Solutions for all in situ site machining applications, UK, Acteon, Derby, 2011. – 13 p.
5. DIAMECH 2000. Vibration Diagnostic and Balancing Machines, Moscow, 2010. – 8 p.
6. Brian, R.W. Principles of modern grinding technology/ R.W. Brian USA, William Andrew, 2009. – 416 p.
7. Kang, K. Modelling of the Centrless Infeed (Plunge) Grinding Process / K. Kang // KSME Int J. – 2003. – Vol. 17, No. 7. – P. 1026–1035.
8. Xua, W. Effects of process parameters on workpiece roundness in tangential-feed centerless grinding using a surface grinder / W. Xua, Y. Wu, T. Sato, W. Lin // J of Materials Processing Technology. – 2010. – Vol. 210. – P. 759–766.
9. Xu, W. A new in-feed centerless grinding technique using a surface grinder / W. Xu, Y. Wu // J of Materials Processing Technology. – 2011. – Vol. 211. – P. 141–149.
10. Xu, W. A new through-feed centerless grinding technique using a surface grinder / W. Xu, Y. Wu // Journal of Materials Processing Technology. – 2011. – Vol. 211. – P. 1599–1605.
11. Weixing, Xu. Simulation investigation of through-feed centerless grinding process performed on a surface grinder / Xu. Weixing, Wu. Yongbo // J of Materials Processing Technology. – 2012. – Vol. 212. – P. 927– 935.
12. Щурова, А.В. Имитационное моделирование обработки точением с базированием по обрабатываемой поверхности на две точечные опоры / А.В. Щурова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 86–90.
13. Щурова, А.В. Моделирование обработки фрезерованием шеек валов турбин базированием их на обработанную поверхность / А.В. Щурова // Технологическое обеспечение машиностроительных производств: сб. тр. I межд. заоч. науч. техн. конф. – Челябинск: ЮУрГУ. – 2014. – С. 594–599.
14. Щурова, А.В. Решение задачи формообразования цилиндрического вала при базировании заготовки на обрабатываемую поверхность / А.В. Щурова // Тула: Известия ТулГУ. Технические науки. – 2016. – Вып. 8. – Ч. 2. – С. 44–51.
15. Shchurova, A.V. Modeling of the turbine rotor journal restoration on horizontal balancing machine / A.V. Shchurova // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 854–859.

К содержанию

УДК 621.923.9

АПРОБАЦИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА МИКРОШЛИФОВАНИЯ

А.Е. Городкова

В статье представлено описание экспериментального исследования температуры в зоне резания при микрошлифовании. Выявлены зависимости изменения температуры от подачи, типа инструмента, времени обработки. Произведена апробация теплофизической модели процесса микрошлифования.

Ключевые слова: микромеханическая обработка, микрошлифование, теплофизическая модель.

В современном мире высокий темп развития техники и электроники создает спрос в области создания и совершенствования технологий [1–2]. В частности, для изготовления микроизделий для электроники и медицины разрабатываются новые методы, основанные на микромеханической обработке.

Микрошлифование является прогрессивным способом получения особо точных деталей или компонентов из практически любого материала, поддающегося механической обработке [3]. Для разработки технологии высокоскоростной микрообработки и внедрения ее в производство необходима комплексная модель процесса, которая позволит смоделировать процесс обработки и разработать оптимальную технологию для конкретных технологических условий.

Важным компонентом подобной модели является ее теплофизическая составляющая, так как температуры, возникающие в зоне резания, могут кардинально повлиять как на качество получаемой поверхности, так и на структуру обрабатываемого материала.

Для прогнозирования деформаций, вызванных температурой в зоне резания, разработана теплофизическая модель, базирующаяся на решении второй краевой задачи для уравнения теплопроводности в полупространстве [4].

На основе разработанной модели создан программный комплекс, позволяющий рассчитать температуру в зоне резания при изменении таких параметров, как материал заготовки/режущего инструмента, глубина резания, подача и т.д. Перспектива данного программного комплекса заключается во внедрении его в систему автоматического управления.

Для проверки адекватности разработанной модели и программного комплекса проведены экспериментальные исследования с целью апробации результатов моделирования.

Экспериментальное исследование проводилось в Индийском институте технологии Патны, г. Патна, Индия, при поддержке проекта программы 5 100 M 3.1.3 «Грантовая поддержка стажировок обучающихся».

На рис. 1, 2 показана экспериментальная установка, состоящая из станка с прецизионными линейными перемещателями Mikrotool DT-110, динамометра Kistler для измерения сил резания, тепловизора SC7000 для измерения температуры в зоне резания.

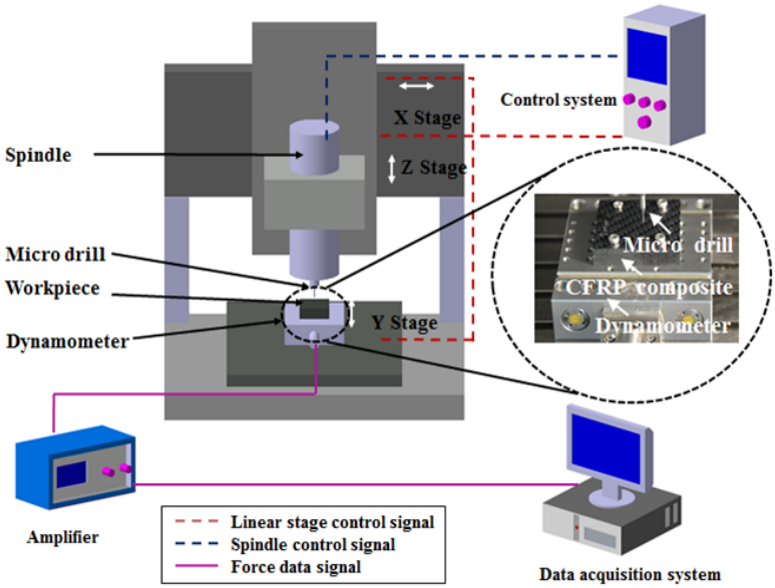


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Рис. 2. Экспериментальная установка

Условия проведения эксперимента и режимы резания показаны в таблице.

Таблица

Условия проведения эксперимента и режимы резания

Материал заготовки	Стекло вк-7
Частота вращения шпинделя, об/мин	2000
Подача, мкм/мин	25
Глубина резания, мкм	2
Длина обработки, мм	1,5
Ширина канала, мм	0,7

На рис. 3 показан режущий инструмент, материал режущей части – поликристаллический алмаз. В ходе проведения экспериментов использовался инструмент с 3 различными формами режущих кромок. На рис. 4 представлено их схематическое изображение: первая форма осталась без изменений, на втором образце электроэрозионной обработкой получен один паз, на третьем – два перпендикулярных паза.

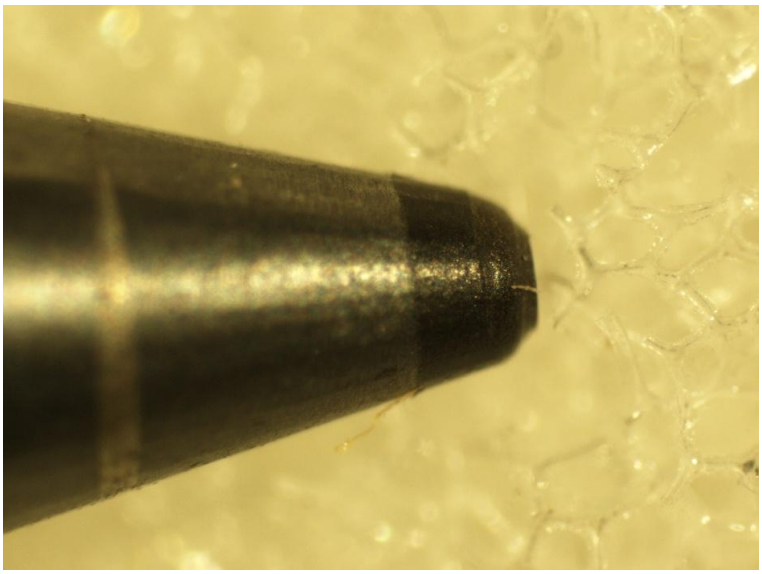


Рис. 3. Режущий инструмент

Рис. 4. Типы режущего инструмента

На рис. 5 показан график зависимости температуры при обработке различными типами инструмента. По оси абсцисс показан номер области измерения. Схема измерения температуры показана на рис. 6. Из графика видно, что при обработке инструментом с двумя пазами температура заготовки меньше, чем при обработке инструментом без пазов. Это связано с тем, что наличие пазов на режущей части инструмента снижает силу резания.

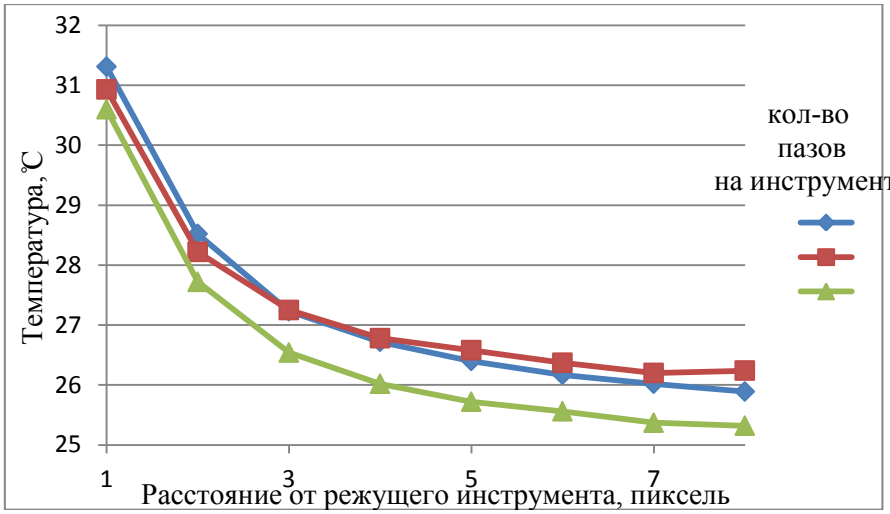


Рис. 5. График зависимости температуры от типа инструмента

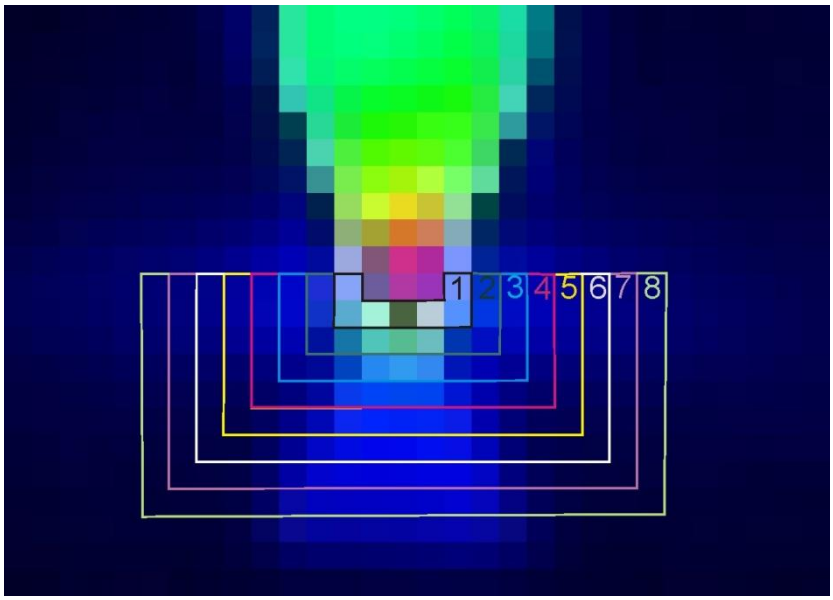


Рис. 6. Схема измерения

На рис. 7 показана зависимость температуры от времени обработки для инструмента без пазов. На рис. 8, 9 – зависимость температуры от времени обработки для инструмента с одним пазом и двумя, соответственно. По оси

абсцисс показан номер канала и время обработки. Так, 1,1 означает первый канал, начало обработки; 1,2 – первый канал, середина обработки; 1,3 – первый канал конец обработки; 2,1 – второй канал, начало обработки и т.д. Легенды соответствуют номеру области измерения, схема показана на рис. 10.

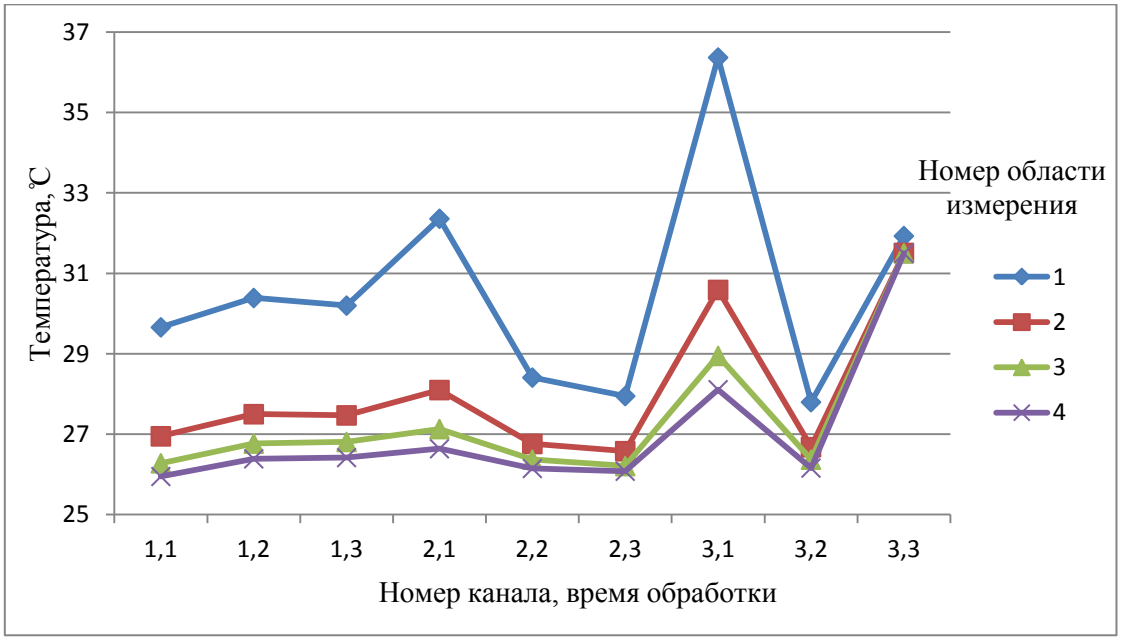


Рис. 7. График зависимости температуры от времени обработки для инструмента без пазов

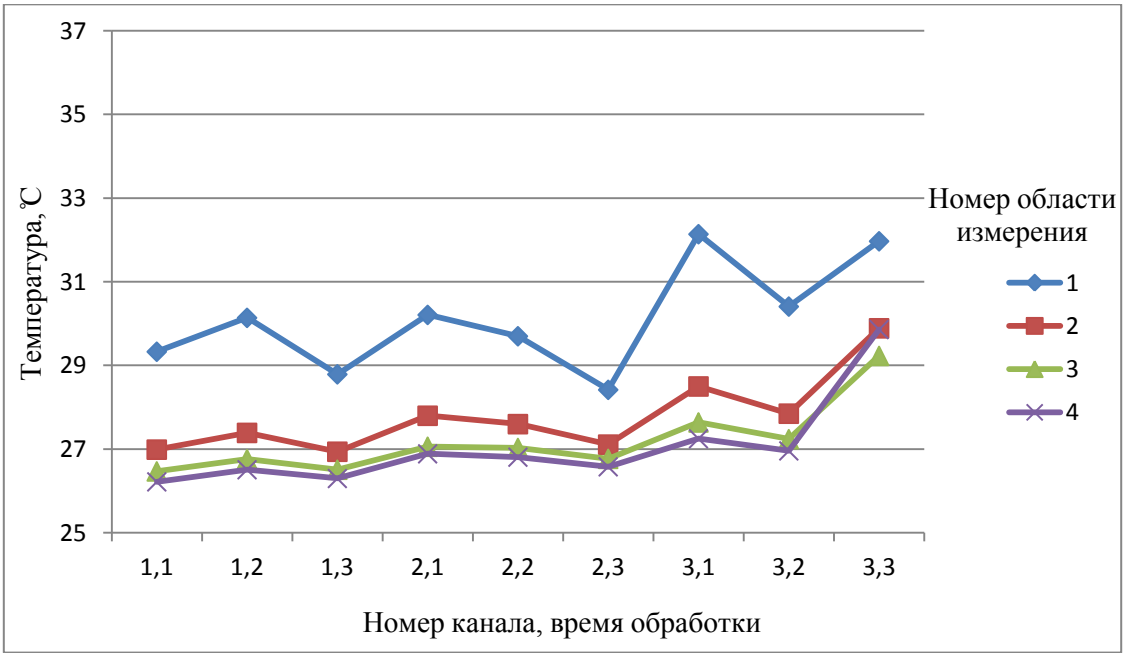


Рис. 8. График зависимости температуры от времени обработки для инструмента с 1 пазом

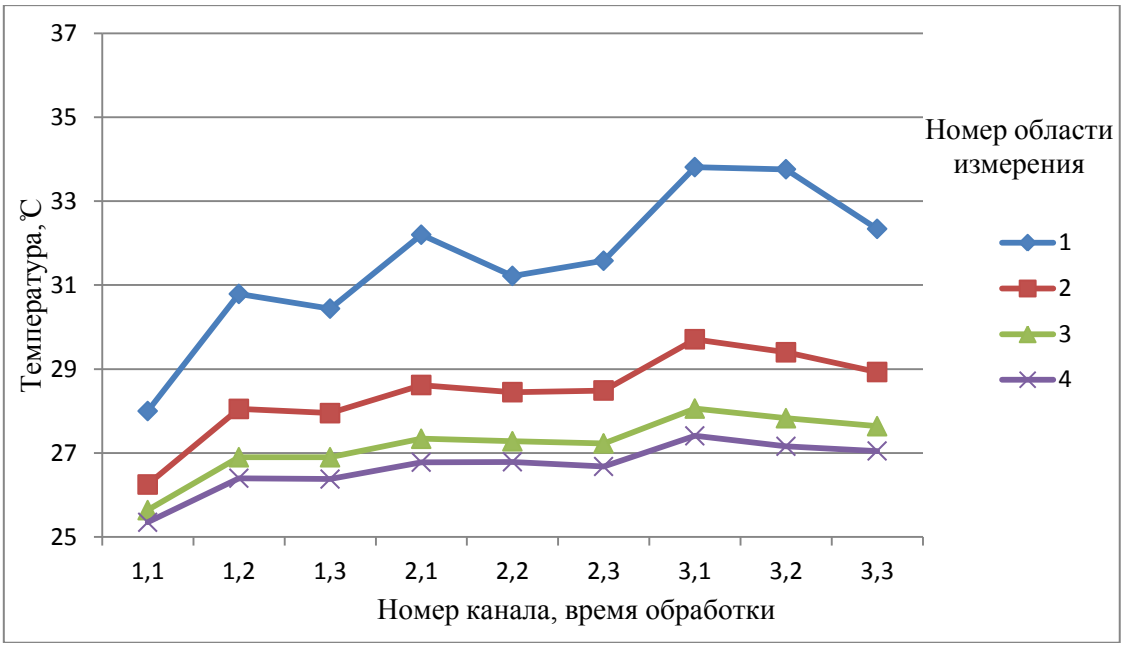


Рис. 9. График зависимости температуры от времени обработки для инструмента с 2 пазами

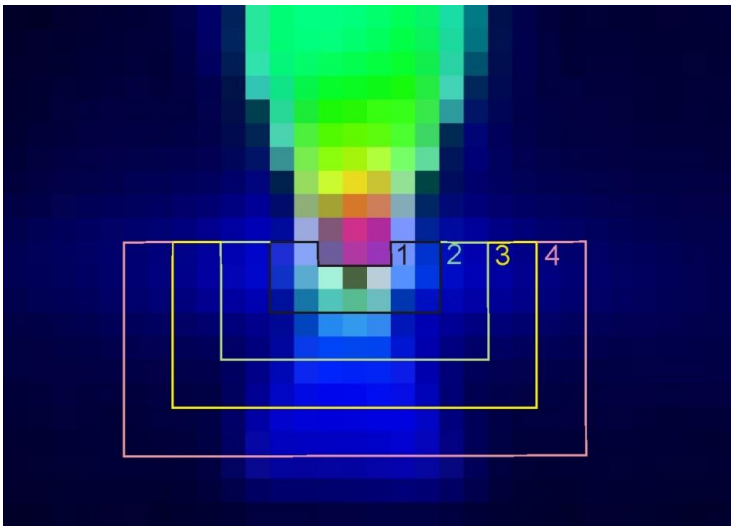


Рис. 10. Схема измерения

Из графиков видно, что наличие пазов стабилизирует температуру обрабатываемой детали. Если на рис. 7 интервал между областями измерения начинает изменяться к моменту обработки 3-го канала, то из графика, показанного на рис. 9, мы видим, что интервал значений температуры остается стабильным.

Очевидно, что применение инструмента с дополнительными режущими кромками в виде пазов приводит к уменьшению температур обрабатываемой детали, а значит, и к уменьшению сил резания. Кроме того, создание дополнительных режущих кромок позволяет уменьшить износ инструмента, тем самым снижая расходы на изготовление деталей.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-932.2017.8.

Библиографический список

1. Dickerhof M. MINAM Position Paper, Chap.2, 2011.
2. Altintas Y., Jin X. CIRP Annals. – Manuf. Tech., 2011, No.60, Pp.77–80.
3. Pratap A., Patra K., Dyakonov A.A., Review paper in microgrinding area, CIPR Manufacturing, 2016.
4. Дьяконов, А.А. Теплофизическое моделирование процесса микрошлифования / А.А. Дьяконов, А.В. Гереншстейн, А.Е. Городкова // СТИН. – 2017. – № 1. – С. 33–37.

К содержанию

УДК 621.922:004.94

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ШЛИФОВАНИЯ

Л.В. Шипулин

Представлен обзор моделей процессов шлифования и проведен их качественный анализ. Разработана комплексная имитационная модель процессов шлифования, позволяющая моделировать механические и теплофизические процессы, происходящие в зоне резания, качество поверхностного слоя, износ инструмента, эффективность съема металла и некоторые другие параметры.

Ключевые слова: шлифование, комплексное имитационное моделирование, компьютерная модель.

Одним из основных направлений научной технологии машиностроения является совершенствование существующих методов обработки и изготовления деталей машин. Такое совершенствование почти всегда осуществляется на основе математических моделей, описывающих физическую природу рассматриваемого процесса. При этом точность и адекватность моделей напрямую влияют на эффективность предлагаемых улучшений. Другими словами, чем выше уровень развития математических моделей, тем выше и уровень развития технологий.

В последнее время наметилась тенденция расширения научных исследований по моделированию процессов шлифования. Такой вывод был сделан на основе анализа количества публикаций в реферативной базе данных Scopus (рис. 1). Так, количество публикаций по запросам «grinding model-

ing» (моделирование шлифования) и «grinding simulation modeling» (имитационное моделирование шлифования) постоянно увеличивается, т.е. интерес к этому направлению исследований растет.

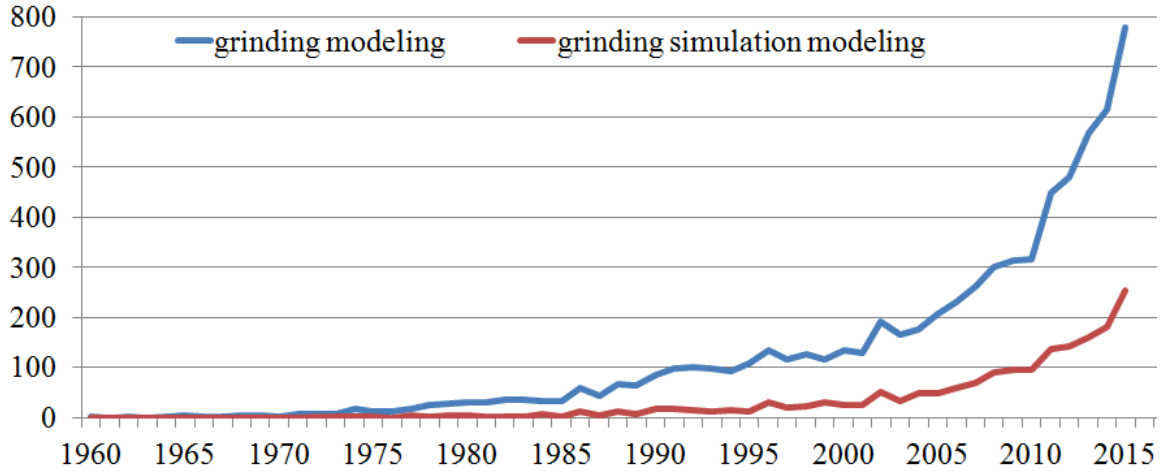


Рис. 1. Количество публикаций в базе данных Scopus

Рассматривая работы, посвященные исследованию процессов шлифования, предлагается выделить три основных направления в математическом моделировании в этой области (рис. 2).

Первое направление – эмпирические математические модели – возникает в 1950-х г. с началом системного исследования процессов высокоскоростного шлифования в работах П.И. Ящерицына [1] и В.А. Шальнова [2]. Модели этого направления строятся на основе статистической обработки данных, полученных экспериментальным путем.

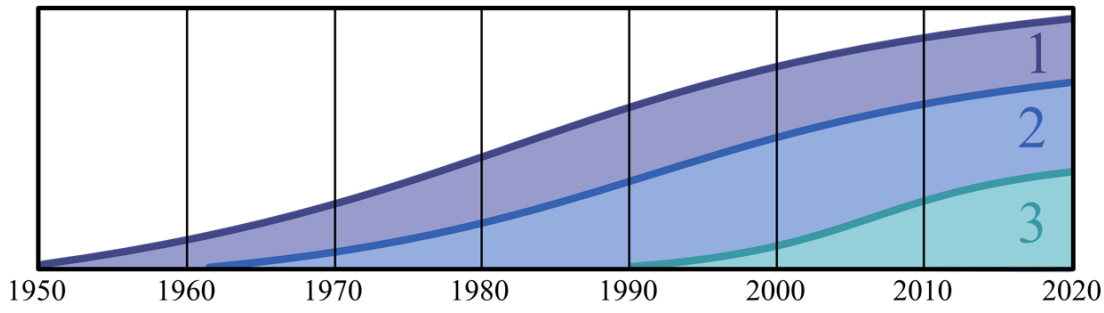


Рис. 2. Тематика публикаций, посвященных моделированию шлифования:
1 – эмпирические модели; 2 – аналитические модели;
3 – имитационные модели

Второе направление – аналитические математические модели – формируется в 1960-х г. и характеризуется стремлением исследователей описать протекающие при шлифовании процессы на основе раскрытия физической природы процесса. Значительный вклад в этом направлении сделали

С.Н. Корчак и А.А. Кошин [3], Е.Н. Маслов [4], В.И. Пилинский [5], Л.Н. Филимонов [6] и многие другие. В ряде случаев для исследования полученных аналитических моделей применяли электронно-вычислительные машины, а позже персональные компьютеры.

Третье направление – имитационное моделирование – закладывается в период интенсивного развития компьютерных технологий на рубеже XX и XXI вв. Такой вид моделирования заключается в имитации реального процесса и протекающих внутри него явлений. Имитационные модели могут быть построены как на основе аналитических зависимостей, так и эмпирических.

Одной из имитационных моделей, позволяющих моделировать теплофизические процессы, протекающие при шлифовании, является имитационная стохастическая модель, предложенная А.А. Дьяконовым [7]. Эта модель, построенная на дискретной схеме контакта инструмента и заготовки, несмотря на свою научную значимость имеет ряд допущений: совокупность тепловых источников имеет постоянную площадку трения, глубина резания каждым зерном постоянна (следовательно, и мощность тепловых источников постоянна), количество взаимодействий поверхности заготовки с абразивными зернами жестко задается пользователем. Все эти допущения вызваны тем, что в модели отсутствует база для расчета геометрических параметров единичных взаимодействий. Таким образом, целесообразно для повышения точности моделирования температур разработать геометрическую основу для теплофизической модели.

Анализ литературы показал, что вопрос геометрического моделирования контактного взаимодействия шлифовального круга и заготовки широко изучен. На основе идей ученых А.М. Козлова и В.В. Ефремова [8], А.П. Осипова и А.В. Широкова [9], Ю.В. Василенко и А.В. Воронкова [10], X. Zhou и F. Xi [11] разработана собственная имитационная геометрическая модель взаимодействия инструмента и заготовки. Эта модель случайным образом генерирует шлифовальный круг, а затем перебирает каждое абразивное зерно и рассматривает его взаимодействие с заготовкой. Перебор всех зерен позволяет рассчитать ряд параметров, которые будут импортированы в имитационную теплофизическую модель А.А. Дьяконова [7]. Таким образом была решена поставленная задача.

Между тем, реализация геометрической модели позволила не только формировать данные для теплофизической модели, но и прогнозировать шероховатость поверхности после обработки. Помимо этого, стало очевидно, что подобное сопряжение теплофизической и геометрической модели имеет ряд преимуществ перед моделями, рассматривающими эти процессы отдельно.

1. Имитационная модель позволяет исследовать механические и теплофизические процессы, протекающие при шлифовании не отдельно, а в комплексе.

2. В результате моделирования определяется целый комплекс выходных параметров процесса: температуры в зоне резания, параметры шероховатости и глубина прижога поверхности заготовки, объем снятого металла и др.

3. Полученные параметры можно использовать для прогнозирования результатов обработки, а также для оптимизации процесса.

4. Имеется возможность изучить взаимное влияние температуры на микрогеометрию поверхности и механики резания на теплофизику.

Исходя из того факта, что разработанная модель включает целый комплекс отдельных моделей (геометрический, теплофизический, модель инструмента), то для ее идентификации предлагается использовать название «комплексная имитационная модель»». Структура модели представлена на рис. 3.

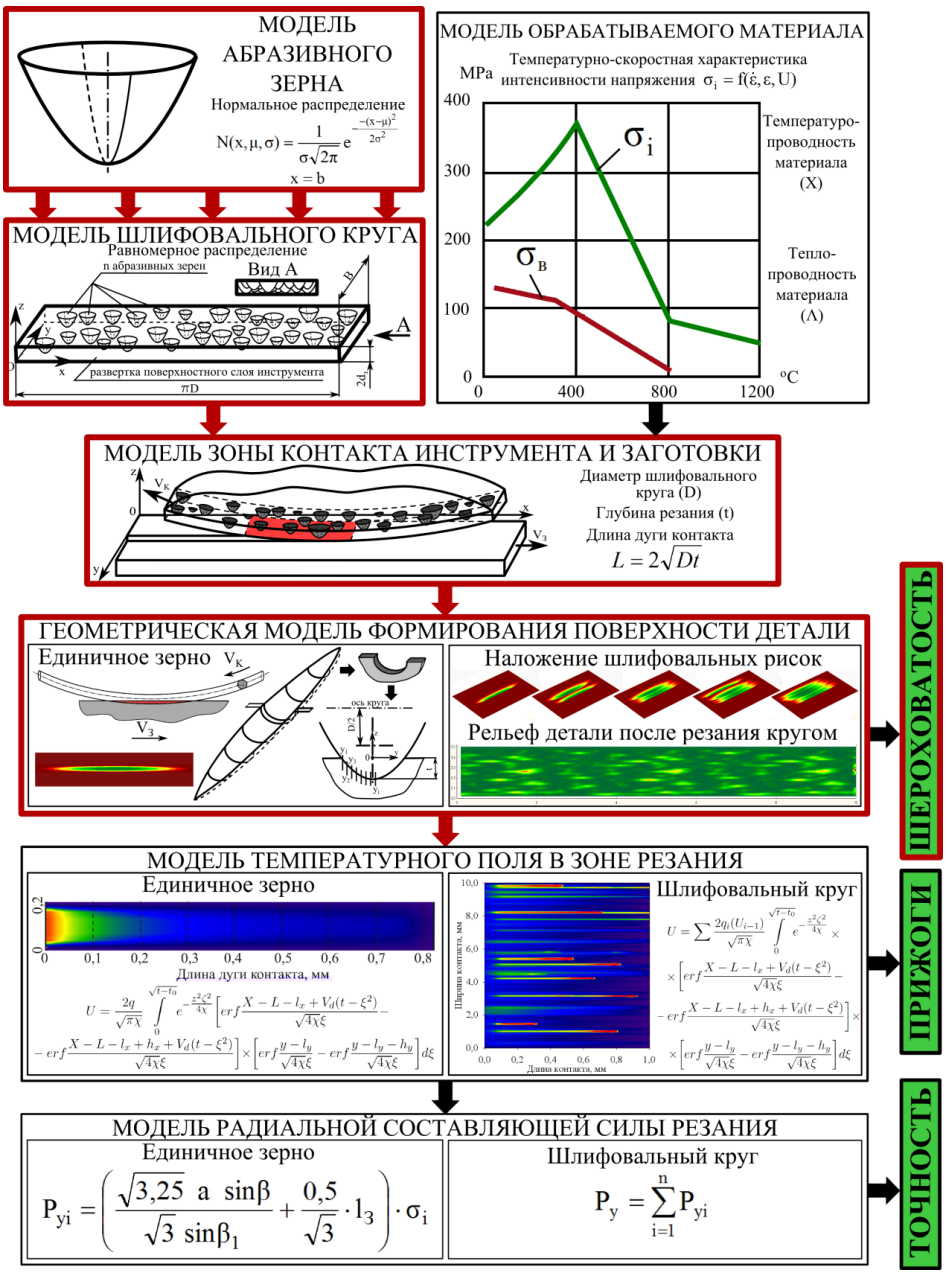


Рис. 3. Схема комплексной имитационной модели

На сегодняшний день на основе работ Д.В. Ардашева [12] разработан и внедрен в комплексную имитационную модель модуль учета износа абразивных зерен. Такое введение позволяет учитывать износ и затупление шлифовального круга в процессе его работы, изучать качественные зависимости между износом, шероховатостью и температурой в зоне резания.

Заключение. Таким образом, разработана комплексная имитационная модель процессов шлифования, позволяющая моделировать механические и теплофизические процессы, происходящие в зоне резания, качество поверхностного слоя, износ инструмента, эффективность съема металла и некоторые другие параметры. Считаем, что представленный комплексный подход в имитационном моделировании является эффективным инструментом и может быть применен не только в процессах шлифования, но и в любых других технологических процессах.

Библиографический список

1. Ящерицын, П.И. Повышение качества шлифованных поверхностей и режущих свойств абразивно-алмазного инструмента / П.И. Ящерицын, А.Г. Зайцев. – Минск: Наука и техника, 1972. – 480 с.

2. Шальнов, В.А. Шлифование и полирование высокопрочных материалов / В.А. Шальнов. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.

3. Корчак, С.Н. Расчет нестационарного температурного поля поверхностных слоев детали в зоне шлифования / С.Н. Корчак, А.В. Геренштейн, А.А. Кошин // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1973. – С. 11–16.

4. Маслов, Е.Н. Теория шлифования материалов / Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.

5. Пилинский, В.И. Определение теплового поля при многопроходном шлифовании твердых сплавов / В.И. Пилинский // Вестник машиностроения. – 1963. – № 11. – С. 21–26.

6. Филимонов, Л.Н. Стойкость шлифовальных кругов / Л.Н. Филимонов. – Л.: Машиностроение, 1973. – 136 с.

7. Дьяконов, А.А. Задачи и особенности многокритериальной трехмерной модели теплофизики процессов абразивной обработки / А.А. Дьяконов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – № 5(283). – С. 65–72.

8. Козлов, А.М. Формирование микрорельефа при обработке абразивным инструментом / А.М. Козлов, В.В. Ефремов // Известия вузов. Машиностроение. – 2004. – № 1. – С. 59–64.

9. Широков, А.В. К вопросу о прогнозировании и обеспечении параметров шероховатости шлифованной поверхности / А.В. Широков, А.П. Осипов // Известия вузов. Машиностроение. – 2007. – № 6. – С. 76–88.

10. Василенко, Ю.В. Плоское виброшлифование с сообщением колебаний обрабатываемой заготовке / Ю.В. Василенко, А.В. Воронков, О.С. Заброда. – Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». – 2008. – № 3–3/271(546). – С. 8–9.

11. Zhou, X. Modeling and predicting surface roughness of the grinding process / X. Zhou, F. Xi // Intern. J. of Machine Tools & Manufacture. – 2002. – V. 42. – P. 969–977.

12. Ардашев, Д.В. Геометрическая имитационная модель процесса шлифования с учетом износа абразивного зерна / Д.В. Ардашев, Л.В. Шипулин // СТИН. – 2016. – № 8 – С. 18–23.

К содержанию

УДК 621.922 + 621.923

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЯ

А.С. Дегтярева

В статье рассмотрены основные методы адаптивного контроля, применяемые при высокоскоростной обработке. Проведенный анализ положен в основу разработки системы адаптивного контроля для использования на производстве.

Ключевые слова: адаптивный контроль, шлифование, высокоскоростная обработка.

Операции шлифования благодаря своей высокой производительности являются одним из основных видов финишной обработки в современном машиностроении. Из-за сложной кинематики движения и высокой теплонапряженности процесса с целью предотвращения брака в производстве обработку производят на заниженных режимах резания, что приводит к снижению производительности. Для решения этой проблемы внедряют адаптивный контроль: предварительный, активный, послеоперационный.

Базовая теория построения рабочего цикла шлифования изложена в работах Г.Б. Лурье [7, 8, 9]. В основе этой теории лежит модель управления циклом шлифования, основанная на взаимосвязи радиальной составляющей силы резания с упругими перемещениями технологической системы, приведенной в работах Б.С. Балакшина [1].

Исследования Г.Б. Лурье в области автоматизации цикла обработки основаны на анализе условий съема припуска, а именно на переменной интенсивности съема металла на протяжении рабочего цикла. Автор объясняет это в первую очередь упругостью технологической системы. В начале цикла при врезании за счет упругого отжатия толщина снимаемого слоя металла меньше номинальной подачи на глубину, затем слой металла сни-

мается за счет образованного натяга силы, прижимающей круг к обрабатываемой детали. Работы Лурье позволили сформировать основу теории проектирования циклов шлифования.

В своей диссертационной работе Д.Е. Анельчик [4] исследовал закономерности формирования качества деталей с покрытиями при их обработке и эксплуатации и создание на этой основе теории управления ТП изготовления деталей с покрытиями. Автор с целью проектирования бездефектных циклов шлифования в качестве управляющего параметра указал подачу на глубину, определяющую глубину резания и имеющую наибольшую гибкость с практической реализации управления. Для заданной глубины по толщине покрытия, на которой температура не должна превышать предельного установленного значения, рассчитывается предельная подача на глубину через силы резания и интенсивность теплового источника. На этой основе автор разработал рекуррентную процедуру определения закона изменения предельной подачи на глубину для каждого рабочего хода по мере снятия припуска.

В диссертационной работе А.С. Медведев [10] также на основе структурно-параметрического синтеза системы автоматического управления тонкого шлифования для станка с ЧПУ разработал алгоритм управления технологической системой на основе контроля тока функции электродвигателя шлифовальной бабки. Основным ограничением автор указывает отсутствие прижога на поверхности заготовки. Полученный алгоритм позволяет производить проектирование процесса шлифования с учетом косвенной оценки параметра технологической системы.

Применение исследований данных авторов позволяет проектировать рациональные циклы по косвенной оценке параметров технологической системы, например, мощности главного привода. Недостаток заключается в том, что оценка условий обработки будет достаточно грубая.

В работе C.W. Lee [16] рассмотрено применение микроконтроллера, анализирующего параметры процесса шлифования (силу резания, нагрузку на главный привод, температуру в зоне обработки). Исследование направлено на минимизацию работы оператора станка с ЧПУ с целью сокращения стоимости нормо-часа работы станка. Микроконтроллер находится в состоянии испытания опытного образца и пока не получил широкого распространения.

В целом зарубежное направление по улучшению процесса шлифования направлено на модернизацию и автоматизацию программной и аппаратной составляющей станков с ЧПУ [13, 14, 17–23]. Принципиальная методика формирования режимов резания в виде ступенчатого изменения подачи шлифовального круга остается неизменной. Учет вибраций и колебаний в технологической системе производится на аппаратном уровне по результатам экспериментальных исследований конкретных схем шлифования.

Активный контроль – контроль деталей непосредственно в процессе обработки на станке или вне станка, дающий информацию о необходимости изменения режимов обработки или подналадки станка (изменение положения между инструментом и деталью) [2, 3]. Активный контроль может осуществляться методом косвенных измерений, когда контролируется положение элементов станка (шлифовального круга, суппорта и т.д.), определяющих размер детали, и чаще методом прямых измерений, когда контролируют непосредственно деталь.

Российские ученые также уделяют больше внимание разработке методов активного контроля [1–3, 6, 11]. Рассмотрим некоторые из них подробно.

В статье Н.Н. Попок и Ю.Е. Махаринского [12] рассматривается моделирование процесса плоского врезного шлифования с целью анализа затупления шлифовального круга в зависимости от числа проходов режущего инструмента и количества обработанных заготовок. Результатом данного исследования стало программное обеспечение для управления рабочим процессом с учетом затупления инструмента, что позволило повысить производительность и экономичность операции. Авторы не описывают, как разработанное программное обеспечение отслеживает и учитывает другие параметры процесса, например: температуру, жесткость системы.

Работа [5] посвящена адаптивному управлению циклом процесса шлифования колец подшипников при регулировании подачи в зависимости от величины припуска, скорости снятия припуска и уровня вибрации жесткой опоры. Реализация контроля происходит с помощью разработанного микропроцессорного прибора активного контроля. Недостатком данного изобретения является его узкая специализация – шлифование колец подшипников.

Описанные выше методы приводят к выводу, что тема адаптивного управления точностью изготовления деталей на станках актуальна и востребована. Хочется обратить особое внимание, что большинство работ носят чисто исследовательский характер и внедрения их методов адаптивного контроля в производственный цикл либо дорого, либо совсем не представляется возможным. Следовательно, разработка производственной системы адаптивного управления точностью высокоскоростной обработки, которая относительно проста в установке на уже эксплуатируемый станок и не требует много ресурсов, высоко востребована.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-932.2017.8.

Библиографический список

1. Балакшин, Б.С. Адаптивное управление станками / Б.С. Балакшин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1973. – 688 с.

2. Педь, В.И. Активный контроль в машиностроении: справочник / В.И. Педь [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.

3. Волосов, С.С. Активный контроль размеров / С.С. Волосов, [и др.], – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.

4. Анельчик, Д.Е. Повышение эффективности шлифования деталей с покрытиями: автореф. дис. … канд. техн. наук / Д.Е. Анельчик. – Тула, 1989. – 44 с.

5. Васин, М.П. Адаптивное управление процессом шлифования колец высокоточных подшипников / М.П. Васин, В.В. Горбунов, С.А. Игнатьев // Вестник СГТУ. – 2006. – № 1. – С. 129–136.

6. Ломова, О.С. Разработка адаптивной системы управления точностью круглошлифовальных станков / О.С. Ломова // Динамика систем, механизмов и машин. – 2014. – № 2. – С. 313–315.

7. Лурье, Г.Б. Оптимизация цикла шлифования на основе адаптивного управления / Г.Б. Лурье // Машиностроитель. – 1979. – № 3. – С. 12–14.

8. Лурье, Г.Б. Прогрессивные методы круглого наружного шлифования / Г.Б. Лурьев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1984. – 103 с.

9. Лурье, Г.Б. Адаптивная система управления процессом круглого врезного шлифования / Г.Б. Лурье, В.В. Гичан // СТИН. – 1974. – № 7. – С. 5–7.

10. Михелькевич, В.Н. Автоматическое управление шлифованием / В.Н. Михелькевич. – М.: Машиностроение. – 1975. – 304 с.

11. Нуркенов, А.Х. Разработка алгоритма управления циклом шлифования для станка с ЧПУ NAXOS PMD 320 / А.Х. Нуркенов // Механика XXI веку. – 2012. – № 11. – С. 205–212.

12. Попок, Н.Н. Адаптивное управление при плоском врезном шлифовании / Н.Н. Попок, Ю.Е. Махаринский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 49–53.

13. Guo G., Malkin S. Heat transfer in grinding // J. of Material Processing and Manufacturing Sciences. 1990. – Vol. 1. – P. 16–27.

14. Jen T.C., Lavine A.S. A variable heat flux model of heat transfer in grinding: model development // Trans. ASME. J. Heat Transfer. – 1995. – V. 117. – № 2. – P. 473–478.

15. König W., Lorts W. Properties of cutting edges related to chip formation in grinding // CIRP Ann – 1975. – V. 24. Is. 1. – P. 231–235.

16. Lee C.W. A control-Oriented Model for the Cylindrical Grinding Process // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2009. – Vol. 44. – No. 7–8. – P. 657–666.

17. Lin B., Yu S.Y., Wang S.X. An experimental study on molecular dynamics simulation in nanometer grinding // J. of Materials Processing Technology. – 2003. – V. 138. – P. 484–488.

18. Malkin S. Grinding technology. Theory and application of machining with abrasives // New York: Society of Manufacturing Engineers. – 1989. – 275 p.

19. Malkin S., Attia M.H., Kops L. Thermal Aspects of Grinding, Thermal Aspects in Manufacturing // ASME RED. Vol.30. Presented at Symposium on Heat Transfer in Materials Processing ASME Winter Annual Meeting. Chicago. – 1988. – P. 145–256.

20. Matsui Seiki Statistical Approach to grinding mechanism the case where grain cutting edges take the shape of truncated cone // Technol. Repts. Tohoku Univ. – 1985. – V. 50. Issue 2. – P. 117–132.

21. Shibata J. Inasaki I., Yonetsu S. The relation between the wear or grain cutting edges and their metal removal ability in coated abrasive belt grinding // Wear. – 1979. – V. 55. Issue 2. – P. 331–344.

22. Xi F. Modeling and simulation of fine grinding/finishing processes // 17th International Conference on Composites or Nano Engineering. – 2009. – P. 1139–1140.

23. Zhou X., Xi F. Modeling and predicting surface roughness of the grinding process // Intern. J. of Machine Tools & Manufacture. – 2002. – V. 42. – P. 969–977.

К содержанию

УДК 621.9.04

УЧЁТ ВИБРАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ УЗКИХ ГЛУБОКИХ ПАЗОВ И ОТВЕРСТИЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.В. Баев

В статье рассмотрены перспективы развития систем автоматизации управления процессом резания. Проведен анализ различных эффектов вибрационного перемещения и их потенциальная зависимость от режимов резания. Выдвинута гипотеза о влиянии динамических факторов на возникновение погрешностей. Предложены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: автоматизация, системы управления, процесс резания, вибрации, вибрационное смещение, погрешности формы.

С развитием машиностроения возникает вопрос автоматизации управления процессами резания. Автоматизация управления процессами резания позволяет определить оптимальные режимы резания, не прибегая к методам выявления эмпирических зависимостей.

Проведенный анализ литературы показал, что вибрации являются неотъемлемой составляющей процесса резания, их влияние напрямую отражается на геометрической точности поверхностей [1–2]. Однако в справочниках по режимам резания фактор вибраций не учитывается. В производственных условиях требования к точности и качеству поверхностей обеспечиваются за счет опыта технолога или изготовления пробных изделий, что негативно сказывается на производительности. Главным недостатком выше сказанного является увеличение затрат на производство про-

дукции за счет возникновения необходимости изготовления пробных партий изделий, подготовки высоко квалифицированных кадров, а также увеличения времени на производство продукции.

Погрешности при обработке внутренних поверхностей связаны с возникновением ряда факторов и явлений, влияющих на точность формообразования. В монографии С.В. Сергеева описывается существование ряда эффектов синхронизации частот вращательных и колебательных движений многолезвийных инструментов, что предопределяет снижение точности. При выполнении некоторых условий частота поперечных вибраций инструмента начинает уклоняться от частоты продольных колебаний и поперечные вибрации становятся частотно-модулированными. Возникновение данного эффекта приводит к появлению конусности отверстия (рис. 1).

Также в работах В.Г. Шаламова и С.В. Сергеева по изучению вибрационных процессов рассмотрены основные механизмы вибрационного смещения и искривления траектории инструмента, выявлены основные вибрационные эффекты, с помощью которых объясняются механические явления [3].

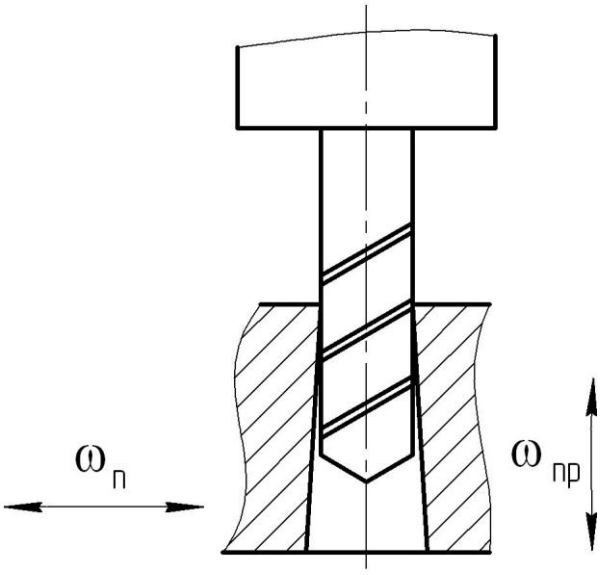


Рис. 1. Возникновение конусности отверстия: $\omega_п$ – частота поперечных вибраций; $\omega_{пр}$ – частота продольных вибраций

Ими создана физическая теория вибрационных явлений, из которой выявлены главные вибрационные эффекты [4]:

– эффекты возбуждения быстрых поперечных вибраций, непосредственно влияющих на точность формообразования отверстий;

– эффекты вибрационного поперечного смещения и искривления траектории многоэлементных инструментов;

– эффекты синхронизации и десинхронизации.

Показано, что, управляя факторами, влияющими на возникновение погрешностей, можно в значительной мере уменьшить погрешность формы, расположения или размера.

Например, причиной возникновения погрешности в виде конусности на выходе инструментов из детали при обработке многошпиндельными головками является неблагоприятное сочетание частот продольных и радиальных колебаний головок (рис. 2). Для уменьшения данной погрешности необходимо выполнить рассогласование частот этих колебаний.

На основе изученных эффектов и механизмов образования погрешностей при обработке отверстий предполагается разработать методы управления факторами, влияющими на возникновение погрешностей при фрезеровании узких глубоких пазов.

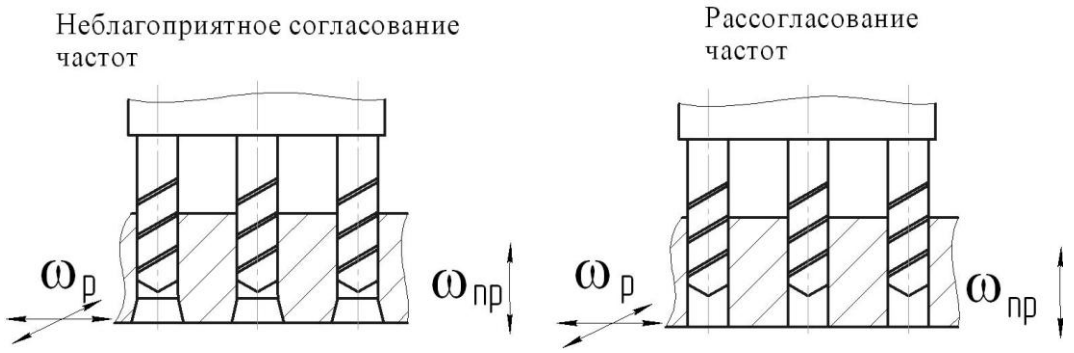


Рис. 2. Конусность на выходе инструментов из детали при обработке многошпиндельными головками:
$\omega_р$ – частота радиальных вибраций; $\omega_п$ – частота продольных вибраций

Предполагается, что возникновение погрешностей из-за влияния динамических факторов возможно даже при полном исключении статических факторов. Определение характеристик и зависимостей динамических факторов от режимов резания позволит определять величины погрешностей, а также компенсировать влияние данных факторов в процессе обработки.

Решение данной задачи необходимо реализовать в виде программного комплекса как системы автоматического управления процессом резания, что позволит внедрить результаты исследований в действующие производства.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-932.2017.8.

Библиографический список

1. Подураев, В.Н. Обработка резанием с вибрациями / В.Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1970. – 350 с.

2. Тверской, М.М. Автоматическое управление режимами обработки деталей на станках / М.М. Тверский. – М.: Машиностроение, 1982. – 208 с.

3. Сергеев, С.В. Повышение эффективности вибрационных процессов при механической обработке различных материалов: монография / С.В. Сергеев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 262 с.

4. Сергеев, С.В. Научные основы процессов формообразования внутренних поверхностей вращающимися многоэлементными проникателями / С.В. Сергеев // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2010. – № 2. – С. 43–46.

К содержанию

УДК 621.313.32

БЕСКОНТАКТНЫЙ ГЕНЕРАТОР НА БАЗЕ СИНХРОННОЙ РЕАКТИВНОЙ МАШИНЫ НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

К.М. Виноградов, В.Г. Некрутов, Н.А. Дорофеев

В статье рассмотрены существующие варианты применения бесконтактных генераторов на базе различных электрических машин. Предложен вариант бесконтактного генератора на базе синхронной реактивной машины независимого возбуждения. Показаны его преимущества по отношению к другим вариантам электрических машин.

Ключевые слова: бесконтактность, синхронная машина, высокие скорости вращения.

Важнейшей проблемой автономных электроэнергетических установок, которые работают на бортовую сеть, является совершенствование их массогабаритных показателей, повышение КПД. Решение подобных научно-технических задач весьма актуально и востребовано в связи с постоянным увеличением мощности бортовых потребителей и ростом их числа. Кроме того, это связано и с предъявлением повышенных требований к эксплуатационному ресурсу и надежности к генераторам. Обычно автономные энергоустановки эксплуатируются в довольно тяжелых условиях, и поэтому к их генераторам предъявляют повышенные эксплуатационные требования: большая перегрузочная способность по току и мощности, поддержание напряжения на необходимом уровне при широком диапазоне изменения скорости вращения приводного двигателя. Необходимо обеспечить также интенсивное использование активных материалов, уменьшить тепловые и электрические потери, обеспечить простоту конструкции электрической машины. В транспортных генераторных установках (например, автомобильных) применяются вентильные (полупроводниковые) системы генерации, работающие как на переменном, так и на постоянном токе.

Например, генераторная установка автомобиля состоит из электрической машины и полупроводникового регулятора напряжения бортовой сети. Генераторная установка обеспечивает питанием потребителей, которые включены в бортовую сеть автомобиля (14, 28 В постоянного тока). При необходимости от генератора также осуществляется заряд аккумуляторной батареи. Здесь следует заметить, что параллельная работа генераторной установки и аккумуляторной батареи является отличительной особенностью автономных энергетических установок. Сейчас автомобильные генераторы представляют собой синхронную машину с когтеобразным ротором [2].

Автотракторное электрооборудование эксплуатируется в различных климатических зонах, погодных условиях, где достаточно широк диапазон изменения температуры окружающей среды (-60…+80 °С). Это также предъявляет к генераторам такого оборудования высокие требования. Кроме того, в процессе эксплуатации они подвергаются воздействию механических вибрационных перегрузок, что нарушает нормальный режим работы и снижает механическую прочность, а также увеличивают износ.

В современных автотракторных установках привод генератора выполняется от двигателя внутреннего сгорания, как правило, через ременную или шестеренчатую передачи. В настоящее время наибольшее распространение получила повышающая ременная механическая передача. Встречается также и цепная передача. Передаточное число от двигателя к приводу генератора в отечественных тракторах находится в пределах 1,8…2,5.

Авиационные генераторы представляют собой особую разновидность автономных энергетических установок. Для них характерны специфические требования, предъявляемые к электрооборудованию летательных аппаратов (ЛА). Самыми главными требованиями являются: надежность работы в течение заданного срока службы, работа в условиях атмосферных и заатмосферных полетов, работоспособность при любых положениях ЛА в пространстве; работа при наличии сильных вибраций, низкого атмосферного давления окружающей среды, пониженных и повышенных температур; возможность кратковременных перегрузок по мощности и току нагрузки; обеспечение заданных(требуемых) показателей качества электрической энергии (форма и уровень напряжения), высокое быстродействие системы автоматического регулирования, улучшенные массогабаритные показатели, высокий КПД, заданная степень резервирования; высокие технико-экономические показатели; легкость демонтажа и замены. Необходимо также учитывать, что при уменьшении плотности атмосферного воздуха происходит ухудшение теплоотдачи электрической машины, т.е. нарушаются условия охлаждения, что может привести к потере мощности до 25 % от номинальной на высотах более 10000 м.

В первой половине XX века на самолетах была распространена система постоянного тока напряжением 28,5 В. Сейчас на большинстве самолетов

используются автономные системы электроснабжения на переменном токе. Такая система электроснабжения удовлетворяет до 80 % всех потребителей электроэнергии самолета и только порядка 20 % мощности используется потребителями постоянного тока. Синхронные генераторы переменного тока получают вращение от авиационных маршевых двигателей через механическую передачу. Для обеспечения постоянства частоты 400 Гц вырабатываемого переменного напряжения осуществляется регулирование частоты вращения генератора. В настоящее время для самолетов как военного, так и гражданского назначения, перспективной является система электроснабжения переменного тока синусоидальной формы напряжением 208 В. Следует заметить, что для бортовых систем остается характерной и частота 400 Гц. В последнее время стали применяться системы электроснабжения самолетов на постоянном токе, но в этом случае бортовая сеть имеет относительно повышенное напряжение в 300…600 В. Такие системы рассматриваются как наиболее оптимальные варианты автономных систем электроснабжения самолетов нового поколения – летательных аппаратов с высокоэлектрифицированным оборудованием.

Среди бесконтактных машин большую популярность получила вентильно-индукторная машина. В мировой технической литературе она известна как Switched Reluctance Machine [1, 3]. На рис. 1 приведен поперечный разрез вентильно-индукторной машины.

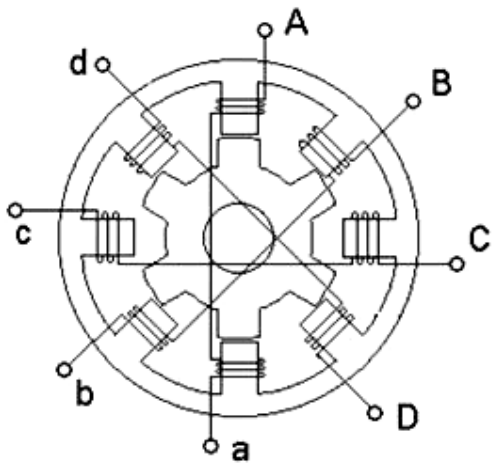


Рис. 1. Поперечный разрез
вентильно-индукторной машины

Она относится к классу бесконтактных синхронных реактивных электрических машин и представляет собой совокупность электромеханического преобразователя (индукторной машины) и полупроводникового преобразователя. Принцип действия ее основан на периодическом изменении магнитной проводимости воздушного зазора при вращении ротора. Магнитная индукция в каждой точке рабочего воздушного зазора изменяется

только по величине, а ее направление остается неизменным. Поэтому магнитное поле в рабочем воздушном зазоре таких машин имеет пульсирующий характер и содержит основную переменную и «паразитную» постоянную составляющие. Обмотки якоря и возбуждения размещаются на статоре в виде сосредоточенных катушек. Статор и ротор индукторной машины имеют явную зубчатость (полюсность) и выполняются из шихтованной электротехнической стали. Ротор не имеет обмотки.

В синхронной реактивной машине независимого возбуждения ротор делается явнополюсным и монолитным [2]. На рис. 2 приведен поперечный разрез синхронной реактивной машины независимого возбуждения, для примера показана двухполюсная шестифазная машина.

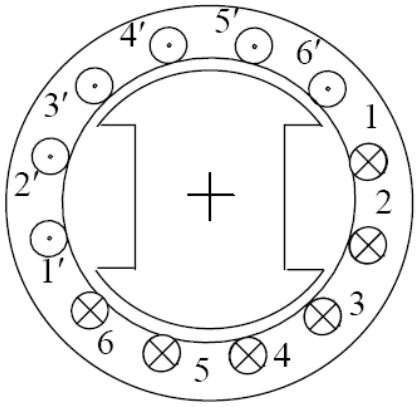


Рис. 2. Поперечный разрез синхронной реактивной машины независимого возбуждения машины

Это позволяет сделать ротор более удлиненным по сравнению с другими реактивными машинами, в которых шихтованный ротор обладает относительно меньшей жесткостью. Поэтому генератор на базе синхронной реактивной машины независимого возбуждения будет востребован в автономных электроэнергетических установках, где имеются принципиальные ограничения по объему и массе машины.

Заключение. Бесконтактность и отсутствие обмотки на роторе позволяют использовать такой генератор в высокоскоростных агрегатах, что также существенно улучшает массогабаритные показатели и упрощает механическую передачу. Например, вал такого генератора можно совместить с валом турбины, исключив редуктор или мультипликатор.

Число фаз якоря синхронного реактивного генератора рационально выбрать кратно трем (например, 6, 9, 12), что позволит использовать стандартные управляемые вентильные преобразователи на IGBT транзисторах. Увеличение числа фаз снижает пульсации выпрямленного напряжения.

Библиографический список

1. Усынин, Ю.С. Генераторная установка с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения / Ю.С. Усынин, К.М. Виноградов // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Энергетика». – 2007. – № 12 (84). – С. 37–40.

2. Усынин, Ю.С. Электроприводы и генераторы с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения / Ю.С. Усынин, М.А. Григорьев, К.М. Виноградов // Электричество. – 2007. – № 3. – С. 21–26.

3. New Brushless Synchronous Machine for Vehicle Application / Yu.S. Usinin, M.A. Grigorjev, K.M. Vinogradov, S.P. Gladyshev // SAE Technical Papers. – 2007. – № 1.

К содержанию

УДК 628.984 + 628.987 + 628.94(470.55)

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В УЛИЧНОМ ОСВЕЩЕНИИ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

К.М. Виноградов, И.С. Буфетова

Приведены данные о результатах моделирования уличного освещения на реальном объекте. В качестве объекта исследования взят участок улицы с конкретными геометрическими параметрами проезжей части и осветительной арматуры утилитарного освещения. Определены уровни средней освещенности до и после модернизации.

Ключевые слова: энергосбережение, светодиодные светильники, дуговые лампы высокого давления, моделирование, энергоэффективность.

Проблема энергосбережения является достаточно актуальной в сегодняшних непростых экономических условиях. В последнее время этой проблемой стали активно заниматься местные власти в разных муниципалитетах.

Законодательная база была принята почти 8 лет назад, когда в 2009 году Президент РФ (в то время Д.А. Медведев) подписал федеральный закон об энергосбережении (261-ФЗ). Главная задача состояла в том, что необходимо в течение 10 лет уменьшить потребление энергоресурсов не менее чем на 30 %. Но снижение энергопотребления не должно иметь негативных последствий (вызывать снижение производительности труда, ухудшение оказываемых услуг и т.п.). Более того, нормы утилитарного освещения, например, закреплены сводом правил СП 52.13330.2011.

Что касается утилитарного освещения городов, то светодиодные светильники не находят широкого распространения, хотя на российском рынке представлен широкий ассортимент энергосберегающих светодиодных светильников как отечественного, так и импортного производства [5].

Как правило, муниципалитеты заключают лишь контракты на замену старых светильников на новые, не придавая особого значения светотехническим расчетам. Так поступили в администрации Катав-Ивановского муниципального района, заключив муниципальный контракт на 15,6 млн рублей на замену светильников.

Производители светодиодных светильников в своих коммерческих предложениях и особенно рекламе заявляют в высоком коэффициенте полезного действия, надежности и даже низком нагреве. Последнее, конечно, является уловкой, т.к. никто не отменял законы физики [1, 4]. Кстати, здесь нагрев является довольно паразитным явлением, т.к. полупроводники не выдерживают высоких (более 110…120 °С) температур и разрушаются вследствие теплового пробоя кристалла. Нередко встречаются рекламные материалы, в которых указывается высокая светоотдача, большой световой поток, низкое энергопотребление и довольно большой срок службы. Менеджеры по продажам нередко называют невероятную выгоду такой модернизации, небольшие сроки окупаемости. Однако так ли это на самом деле? Кстати, об опасных факторах применения светодиодных светильников фирмы производители умалчивают [3]. Например, имеются исследования, которые указывают на вредность излучения некоторых светодиодов для сетчатки глаза. Некоторые ученые полагают, что длительное воздействие светодиодного излучения (особенно холодной цветовой температуры) может привести к разрушению сетчатки глаза. Другая группа исследователей доказала, что светодиодное излучение подавляет выработку такого гормона, как мелатонин, что может привести к нарушению цикла сна и бодрствования.

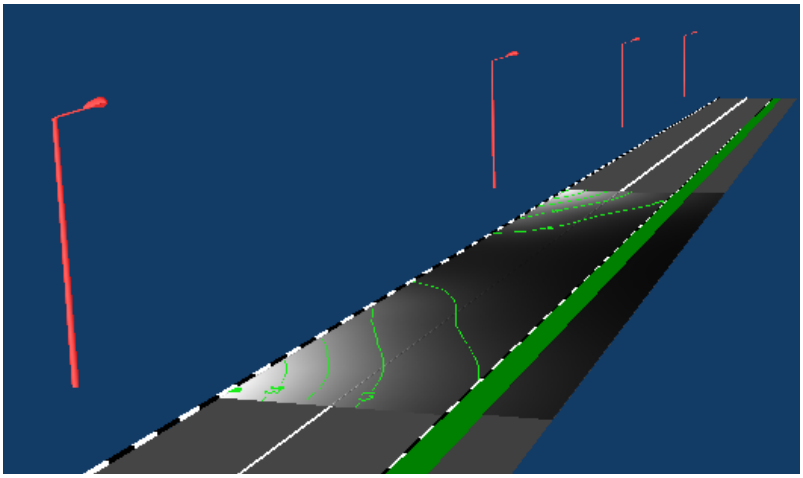


Рис. 1. Трехмерная модель исследуемого участка

Рассмотрим пример «модернизации» уличного освещения в г. Катав-Ивановске, где местная Администрация заключила контракт на замену 1255 светильников с газоразрядными лампами (ДРЛ250 и ДНат150) на светодиодные светильники мощностью 36 и 110 Вт. Проект достаточно амбициозный и дорогой для городского бюджета. Сумма контракта составила порядка 15,6 млн рублей.

Проведем анализ проведенной «модернизации», пользуясь современными методами компьютерного моделирования. Для начала нами была выбрана произвольная улица, на которой все светильники были замены на светодиодные. После измерения параметров проезжей части улицы был сделан расчет в специальной программе «Light-in-Night Road v.6» (компании ЗАО НПСП «Светосервис»). Эта компьютерная программа сертифицирована на соответствие нормам освещения, которые регламентированы сводом правил СП 52.13330.2011.

На рис. 1 показана трехмерная модель исследуемого участка улицы. Проезжая часть шириной 7 метров, газон и тротуар для пешеходов шириной 1 метр. Осветительные опоры расположены в один ряд с шагом 30 метров. Измеренная высота подвеса светильников составила 9,5 метра. На опорах применены стандартные консольные кронштейны для светильников с углом наклона 20 градусов.

Программа легка в освоении даже студентами, не говоря уже об инженерно-технических работниках. В программе имеется каталог зарубежных и российских светодиодных светильников. Достаточно просто и понятно вводятся параметры исследуемого участка улицы или проезжей части. Регламентируемые параметры (например, средняя освещенность) автоматически отслеживаются на соответствие стандарту и (или) своду правил.

На рис. 2 изображена двухмерная модель исследуемого участка. Здесь даже нет смысла показывать уровень освещенности на тротуарах с обеих сторон проезжей части, т.к. очевидно наличие темных пятен.

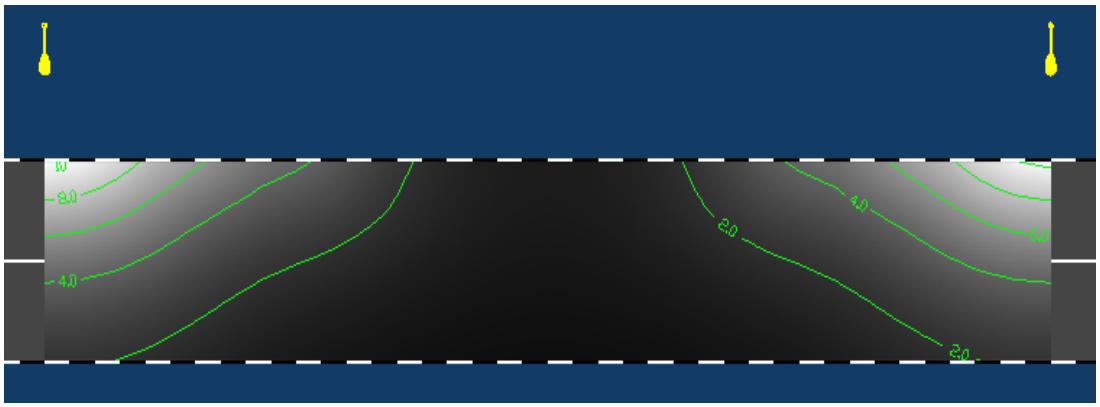


Рис. 2. Результаты расчета двухмерной модели

Изолинии показывают уровень освещенности в любой точке исследуемого участка. Достаточно наглядно и информативно – светодиодный светильник освещает лишь пространство под собой и практически не освещает пространство по сторонам.

Рассчитанные значения освещенности в узловых точках виртуального критериального поля (координатной сетки) приведены на рис. 3.

На рис. 4 приведены результаты расчета и произведена оценка соответствия нормируемых параметров своду правил.

Как видно по результатам моделирования, установленные светодиодные светильники на данном участке улицы не соответствуют своду правил СП 52.13330.2011 (СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение»).

Таблица значений освещенности (лк) в узлах расчетной сетки

6.42	9.0	6.9	5.0	3.8	2.6	1.6	1.2	1.2	1.6	2.6	3.8
5.25	7.1	5.5	3.9	3.0	2.2	1.4	1.1	1.1	1.4	2.2	3.0
4.08	5.4	4.3	3.1	2.3	1.8	1.3	1.0	1.0	1.3	1.8	2.3
2.92	4.1	3.3	2.4	1.8	1.4	1.1	0.9	0.9	1.1	1.4	1.8
1.75	3.1	2.6	1.9	1.4	1.1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.4
0.58	2.4	2.0	1.5	1.1	0.9	0.7	**0.7**	0.7	0.7	0.9	1.1
	1.43	**4.29**	**7.14**	**10.00**	**12.86**	**15.71**	**18.57**	**21.43**	**24.29**	**27.14**	**30.00**

Рис. 3. Расчетные параметры в узловых точках сетки

Практически в 4 раза занижена средняя освещенность проезжей части дороги, что может привести к увеличению аварийности на данном участке. Мощность светодиодных светильников, установленных на этой улице, составляет 36 Вт, световой поток, заявленный в паспорте, равен 4100 лм. До «модернизации» улица освещалась светильниками типа ЖКУ, в который были установлены газоразрядные лампы ДНат мощностью 150 Вт. Нетрудно посчитать, что для обеспечения исходной освещенности нам придется увеличить число светодиодных светильников в 4 раза, что приведет к увеличению суммарной мощности практически до прежнего уровня 150 Вт. Так есть ли смысл производить замену существующих светильников ЖКУ с газоразрядными лампами ДНат на светодиодные? Результаты моделирования однозначно говорят, что по светотехническим параметрам замена неэффективна. Более того, посчитав стоимость замены, мы придём к выводу, что и экономически такая замена нецелесообразна. Говорить о сроках окупаемости не имеет смысла, т.к. экономии электроэнергии нет.

Показатель	Объект - 1
$L_{ср}$, кд/м^2	0.14 (0.6)
$L_{мин}/L_{ср}$	0.32 (0.4)
$L_{мин}/L_{макс}$	0.50 (0.5)
$E_{ср}$, лк	2.6 (10)
$E_{макс}$, лк	9.0
$E_{мин}/E_{ср}$	0.25 (0.25)
$E_{макс}/E_{ср}$	3.5
TI, %	2.5 (15.0)
P	14
U_E	0.27

Рис. 4. Оценка результатов расчета

А такое заявленное свойство светодиодных светильников, как высокая надежность (100 000 часов работы), проявило себя с отрицательной стороны. За год работы из строя вышли почти 80 % светильников. А ведь фирмы-производители светодиодных светильников, как российские, так и зарубежные, в своих рекламных каталогах говорили, что срок работы LED светильника составит примерно 25 лет (когда число часов горения светильника регулируется в течение суток в зависимости от естественной освещенности) [2, 5]. А кто проверил этот срок? Есть протоколы испытаний?

Заключение. Подводя итог, можно сказать, что проводить модернизацию уличного освещения нужно разумно, произведя необходимые расчеты. Замена газоразрядных ламп ДНат на светодиодные в г. Катав-Ивановске Челябинской области только ухудшила положение, снизив среднюю освещенность дороги.

Библиографический список

1. Виноградов, К.М. Практическое энергосбережение при модернизации уличного освещения в муниципальных образованиях / К.М. Виноградов, И.С. Буфетова // Universum: Технические науки. – 2016. – № 10(31). – URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3798.

2. Варфоломеев, Л.П. О действительной энергоэффективности применения светодиодов в осветительных установках / Л.П. Варфоломеев // Светотехника. – 2012. – № 6. – С. 22–25.

3. Айзенберг, Ю.Б. О состоянии наружного освещения городов страны / Ю.Б. Айзенберг, Е.Ю. Матвеева, Д.Д. Юшков // Светотехника. – 2012. – № 6. – С. 42–43.

4. Зак, П.П. Потенциальная опасность освещения светодиодами для глаз детей и подростков / П.П. Зак, М.А. Островский // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 4–5.

5. Дехофф, П. Качество освещения и энергоэффективность не противоречат друг другу / П. Дехофф // Светотехника. – 2012. – № 3. – С. 64–68.

К содержанию

УДК 621.929 + 664.1.038.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА САТУРАЦИИ

В.Г. Некрутов, А.В. Иршин, А.П. Шмаков

В статье рассматривается вопрос повышения эффективности смесительного сатуратора, реализующего новый способ перемешивания жидких сред с газом, заключающийся в углублении турбулизации увеличением циркуляции потоков и исключения застойных зон, путем сообщения рабочей среде совместного вращения и радиально-осевых колебаний.

Ключевые слова: смесительный сатуратор, ротор с перфорированными дисками, закрученные встречные затопленные струи.

Сатурация производится при помощи сатураторных установок (рис. 1, 2) и применяется как в пищевой промышленности (для производства газированных напитков, газированных вин и т.д.), так и в других областях. То есть там, где необходимо искусственно (и, следовательно, быстро) насытить жидкость газом. (Например, искусственная сатурация применяется в медицине, где некоторые виды сатураторов используются для проведения кислородной терапии). Сатурация может быть природной (например, природная минеральная вода), а может происходить путем естественного брожения. Так создается шампанское, так готовят хорошее пиво и хороший натуральный квас.

Рис. 1. Сатуратор (карбонизатор)

Рис. 2. Сатуратор (сироповарочная установка)

В сатураторе для взаимодействия газа с жидкостью применяют один из нескольких способов: механическое перемешивание, барботирование газа через слой жидкости, разбрызгиванием жидкости в газе.

В зависимости от используемых способов сатурации различают сатураторы смесительные, распылительные, комбинированные. Сатураторы, в которых насыщение воды производится смешиванием ее с поступающим через барботер газом, называются смесительными.

В смесительных сатураторах используются вращающиеся перемешивающие устройства различных типов.

Существующие конструкции смесительных сатураторов обладают рядом недостатков, основные из которых: слабая интенсивность перемешивания, образование застойных зон, высокая потребляемая мощность, низкая производительность [1].

Поэтому несмотря на их многообразие продолжаются поиски новых, более совершенных конструкций, обеспечивающих при сравнительно малых затратах энергии наибольшую производительность процесса и высокое качество готового продукта.

Таковыми могут являться смесительные сатураторы [1], основанные на вибрационном воздействии, позволяющие увеличить турбулизацию и циркуляцию потоков жидкой среды с газом, но при их использовании образуются застойные зоны, которые не позволяют достигнуть максимальной турбулизации.

Предлагается в смесительном сатураторе реализовать новый способ перемешивания жидких сред с газом [2], при котором смеси принудительно, посредством ротора с перфорированными дисками (рис. 3), выполняющими роль барботера, одновременно задают вращение $\omega_{ВР}$ с пульсациями скорости $\pm\varepsilon$ и радиально-осевые колебания, вместе с тем, формируют закрученные встречные затопленные струи и увеличивают длину их пути перемешивания при объемной циркуляции этих струй (рис. 4), при этом будут доминировать такие факторы, как управляемая частота и амплитуда колебаний, оказывающие воздействия на составляющие скорости движения жидкой среды с газом V_r, V_z, V_t [3]. Причем, изменяя параметры этих движений, управляют шагом спиральных траекторий закрученных встречных затопленных струй (рис. 4), а значит, и интенсивностью их взаимодействия.

Для исследования траекторий движения затопленных струй используется программа «Flow Vision», основанная на консервативных схемах расчета нестационарных уравнений в частных производных, которые по сравнению с неконсервативными схемами дают решения, точно удовлетворяющие законам сохранения (в частности, уравнению неразрывности).

Результаты компьютерных исследований показали, что использование данного вибрационного смесительного сатуратора позволяет одновременно реализовать несколько вибромеханических эффектов [4, 5]: повышение турбулизации жидкой среды, активного перемешивания жидкости (виброструйный эффект), эффект вибрационного поддержания вращения ротора.

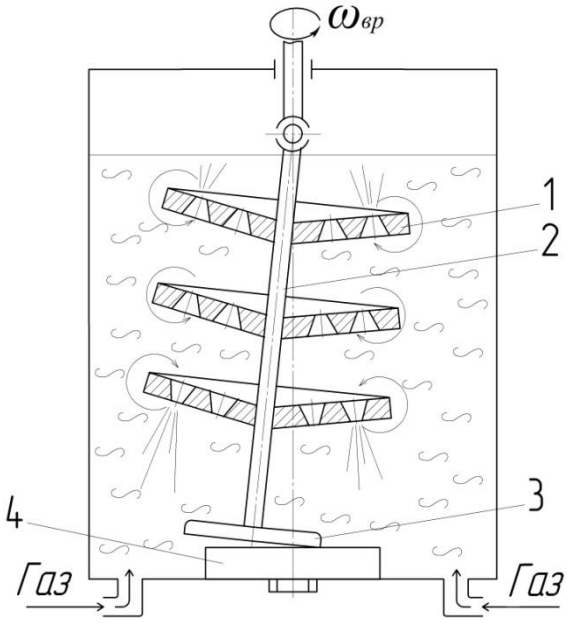
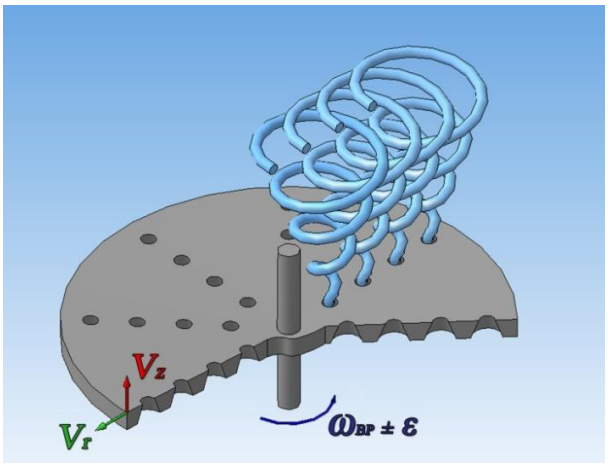
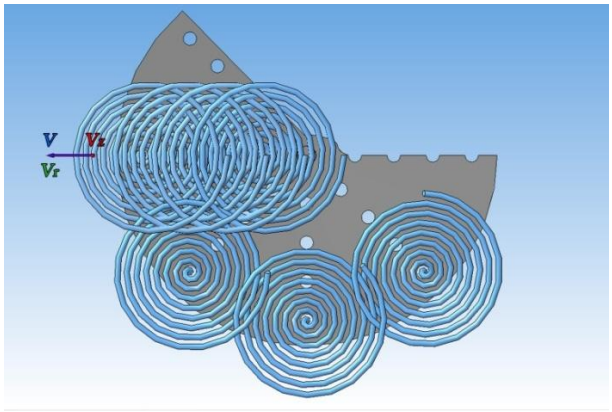


Рис. 3. Схема смесительного сатуратора (1– диски ротора; 2 – ротор; 3– тарелка ротора; 4 – контртело)



а)



б)

Рис. 4. Формирование турбулентных затопленных струй:
а), б) схемы взаимодействия струй

Поэтому при замене известных конструкций сатураторов на данный вибрационный смесительный сатуратор, который будет основан на предлагаемом способе перемешивания, за счет повышения эффективности его работы существенно увеличится качество продукта.

Данный способ процесса сатурации может быть использован в химической, пищевой, биологической и других отраслях промышленности.

Библиографический список

1. Васильцев, З.А. Аппараты для перемешивания жидких сред: справочное пособие / З.А. Васильцев, В.Г. Ушаков. – Л.: Машиностроение, 1989. – 271 с.; Блехман, И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман. – М.: Физматлит, 1994. – 400 с.

2. Пат. 2543204 Российская Федерация, МПК B 01F 11/00. Способ перемешивания жидкости / С.В. Сергеев, В.Г. Некрутов и др. – №2013121302/05; заявл. 07.05.2013; опубл. 27.02.15, Бюл. № 6.

3. Сергеев, С.В. Применение вибромеханических эффектов при приготовлении и регенерации смазочно-охлаждающих жидкостей / С.В. Сергеев, В.Г. Некрутов // СТИН. – 2012. – № 5. – С. 33–37.

4. Vibromechanical methods in the preparation and regeneration of lubricant and coolant fluids / S.V. Sergeev and V.G. Nekrutov // Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, No. 11–12, pp. 754–757.

5. Некрутов, В.Г. Компьютерное моделирование процесса перемешивания технологических сред в пищевой промышленности / В.Г. Некрутов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – № 2–3. – С. 71–73.

К содержанию

УДК 621.92.06-229

ИНВАРИАНТНАЯ СИСТЕМА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

С.П. Пестов, С.Н. Юдин

Дан анализ инструментальной оснастки, используемой на операциях обработки отверстий в деталях на станках с ЧПУ. Описана предлагаемая инвариантная система инструментальной оснастки, функциональными узлами которой являются узлы крепления, направления и режущие инструменты.

Ключевые слова: инструментальная оснастка, отверстия, обработка, станки с ЧПУ.

Инструментальная оснастка представляет собой совокупность различных инструментов для выполнения тех или иных функций при обработке поверхностей деталей машиностроения соответствующими методами. Функции существующей инструментальной оснастки, применяемой на станках с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы при обработке отверстий в деталях, сводятся только к двум функциям – функции формообразования и функции жесткого крепления инструмента. Функции формообразования выполняют режущие инструменты, в состав которых входят стандартные сверла, зенкеры, развертки, резцы расточные, пластины МНТП. Функции крепления осуществляют узлы крепления, к которым относят патроны крепления хвостовиков, расточные оправки, оправки для насадных инструментов, втулки переходные, патроны расточные [1].

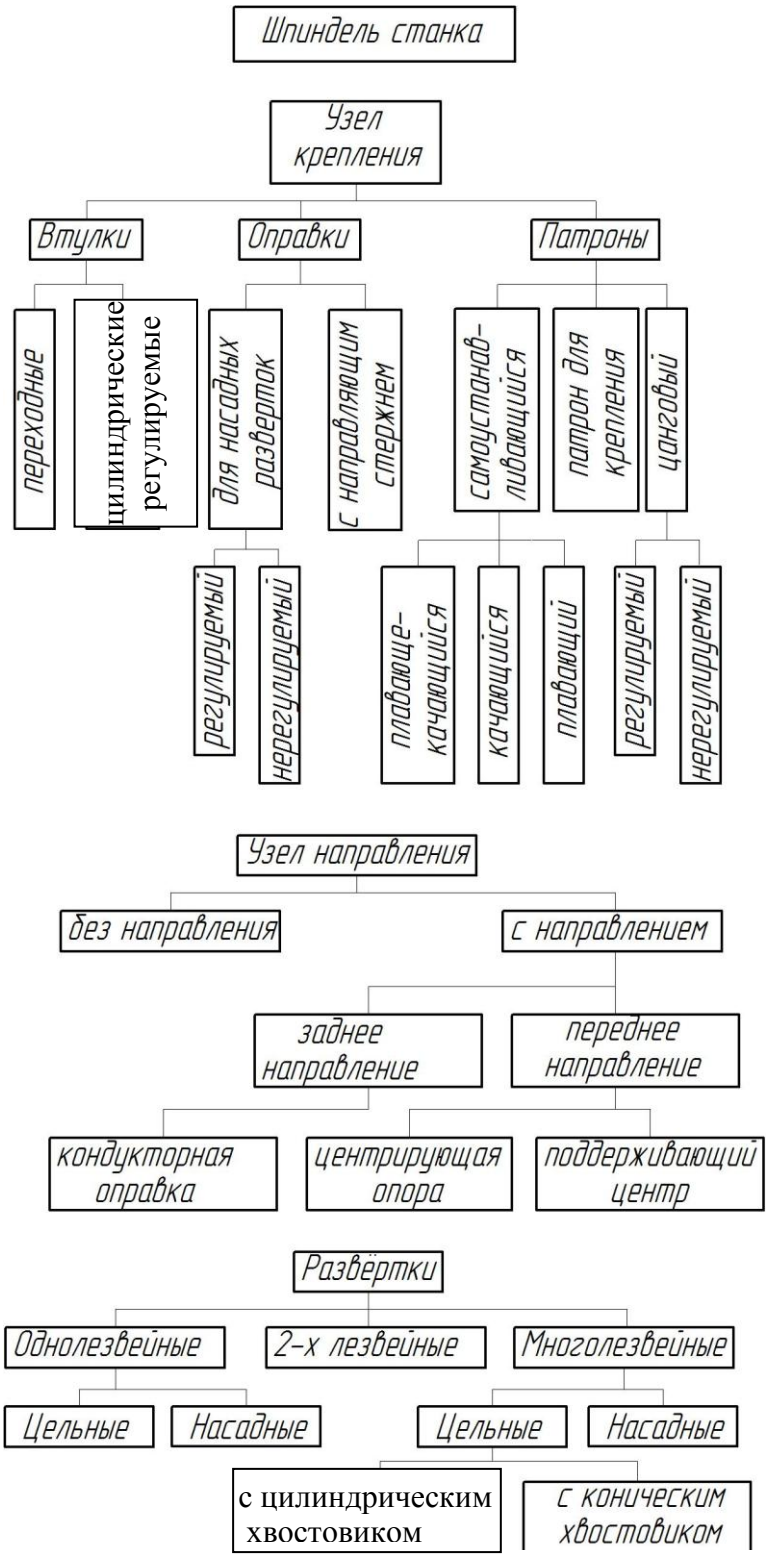
Анализ технологических процессов обработки деталей показал, что использование существующих элементов инструментальной оснастки не обеспечивает стабильности в достижении высоких параметров точности обрабатываемых отверстий. В самом деле, режущие инструменты закрепляются в шпинделе станка консольно, и отсутствие каких-либо устройств для направления инструмента резко снижает их радиальную жесткость,

что приводит к значительным упругим деформациям (отжатиям) режущих инструментов при действии сил резания. Так как мерные инструменты типа многолезвийных разверток базируются по обработанному отверстию, то достижение такими инструментами на чистовых переходах высоких параметров точности по расположению оси является сложной технологической задачей. Мерные инструменты без направления обеспечивают в основном требуемые параметры точности формы и диаметрального размера отверстий. Расточные инструменты по сравнению с развертками обеспечивают получение достаточно высоких параметров точности по расположению оси, но более низкие – по параметрам диаметрального размера и формы отверстия. Указанный факт объясняется погрешностью статической настройки расточных инструментов на выполнение диаметрального размера, поскольку эта настройка может быть соизмерима с полем допуска на размер отверстия [2].

С целью повышения точности обработки отверстий на станках с ЧПУ инструментальная оснастка кроме приведенных выше функций формообразования и крепления должна при определенных условиях выполнять функцию направления режущих инструментов. Для этого в состав инструментальной оснастки вводятся узлы направления. Узлы крепления и направления образуют вспомогательную инструментальную оснастку. Каждый функциональный узел (узел крепления, узел направления или режущий инструмент) может иметь насколько конструктивных вариантов. Такой принцип, когда разновидности конструкций каждого функционального узла образуют множество его вариантов, называется инвариантным [3]. На основе этого принципа разработана инвариантная система инструментальной оснастки для операций обработки отверстий на станках с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы. На рис. приведен фрагмент структуры инвариантной инструментальной системы применительно к переходам развертывания.

Особенностью предлагаемой инвариантной системы инструментальной оснастки для обработки отверстий на станках с ЧПУ является включение в ее состав узлов направления, а также расширение номенклатуры режущих инструментов и узлов их крепления. Поэтому предлагаемая система включает существующую систему инструментальной оснастки и обладает большими технологическими возможностями при обработке высокоточных отверстий. Например, включение в систему плавающих патронов для разверток позволяет компенсировать отклонения от соосности осей режущего инструмента и предварительно обработанного отверстия и снижает отклонения от параллельности осей обработанных отверстий. При использовании плавающе-качающих патронов при развертывании достигается более высокая точность параллельности осей отверстий и их перпендикулярность к базовой поверхности. Для уменьшения позиционного отклонения обрабатываемых отверстий рационально применять переднее направ-

ление с центрирующей опорой, т.е. оправки с направлением, поскольку направляющий стержень в процессе обработки базируется на центрирующую опору, резко увеличивая радиальную жесткость режущего инструмента [4].



Инвариантная система инструментальной оснастки
для переходов развертывания

Таким образом, множество конструктивных вариантов каждого функционального узла разработанной инвариантной системы инструментальной оснастки позволяют выбрать такое сочетание вариантов конструкций, которое обеспечит выполнение поставленной технологической задачи с наибольшей производительностью. Указанное обстоятельство приводит к более обоснованному выбору конкретных элементных конструкций инструментальной оснастки, в том числе при проектировании операций обработки отверстий на станках с ЧПУ в соответствии с методикой [5], основанной на технологической закономерности приоритетного обеспечения заданных параметров точности отверстий. Кроме того, в состав каждого функционального узла можно включать новые конструкции оснастки и исключить нерациональные, определяя тем самым, направления совершенствования инструментальной оснастки. В связи с этим разработаны конструкции устройства для переднего направления (поддерживающий центр) и кондукторной оправки для заднего направления разверток [6].

Библиографический список

1. Григорьев, С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: справочник / С.Н. Григоьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов. – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.

2. Кочкин, В.И. Перспективы развития расточных устройств для обработки точных деталей на многоцелевых станках в условиях ГПС: обзор / В.И. Кочкин, В.Б. Штерин, Н.М. Дикарев. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 30 с.

3. Основы автоматизированного проектирования двигателей летательных аппаратов: учебное пособие для авиац. спец. вузов / Д.В. Хронин, В.И. Баулин, Ю.П. Киринкин, М.К. Леонтьев; под ред. Д.В. Хронина. – М.: Машиностроение, 1984. – 183 с.

4. Пестов, С.П. Проектирование элементов технологической системы компьютеризованного оборудования для обеспечения высокой точности отверстий / С.П. Пестов // Образование и наука – производству: сб. трудов междунар. науч.-техн. и образоват. конф. – Набережные челны: Изд-во Камской госуд. инж. – экон. акад., 2010 – С. 217–219.

5. Пестов, С.П. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ: учеб. пособие / С.П. Пестов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002 – 66 с.

6. Пестов, С.П. Разработка элементов технологической системы для обработки отверстий развертыванием на станках с ЧПУ / С.П. Пестов, С.Н. Юдин // Автоматизация и информатизация в машиностроении: тематич. сб. науч. тр. №5. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2013. – С. 114–117.

К содержанию

УДК 621.527.4 + 621.51 + 621.69 + 621.175

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОЙ ДЛИНЫ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ ЖИДКОСТНО-ГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS FLUENT

А.Р. Исмагилов, Д.Р. Исмагилов

Описан рабочий процесс жидкостно-газового эжектора с позиций компьютерного моделирования. С помощью программного комплекса Ansys Fluent разработана и описана математическая модель эжектора, позволяющая спрогнозировать физические процессы, протекающие внутри аппарата. Полученные результаты позволили определить предпочтительную длину рабочей камеры.

Ключевые слова: эжектор, длина рабочей камеры, прыжок перемешивания, CFD, Ansys Fluent, компьютерное моделирование.

Компьютерное моделирование позволяет спрофилировать проточную часть жидкостно-газового эжектора (ЖГЭ) и значительно сэкономить время и средства на дорогостоящий натурный эксперимент [1]. Рабочий процесс, протекающий в эжекторе, является гидродинамически сложным, включающим различные стадии протекания. Необходимо рассматривать такие процессы, как формирование высокоскоростной жидкостной струи активного потока, дальнейшее увеличение низконапорной пассивной газовой среды за счет сил трения, смешение жидкости и газа, возникновение прыжка перемешивания, преобразование части кинетической энергии в потенциальную [2].

Существующие методики расчета [3–8] позволяют рассчитать предпочтительные геометрические размеры аппарата, при которых достигается режим работы с минимальными затратами рабочей среды и энергии. Так, R.G. Cunningham и R.J. Dopkin в своих исследованиях отметили влияние формы отверстия сопла на оптимальную длину смесительной камеры [3]. J.H. Witte первым предложил увеличить число струй ($N = 19$) и относительную длину рабочей камеры, превышающей длину обычных эжекторов в 3 раза ($l = 20…22$) [4]. Исследования R.G. Cunningham [3], Ю.Н. Васильева и Е.П. Гладкова [5] и др. подтвердили тот факт, что при расположении прыжка перемешивания на выходе из рабочей камеры перед диффузором КПД эжектора будет максимальным. Г.И. Ефимочкин, Б.Е. Кореннов и Л.Д. Берман обнаружили, что потребная длина рабочей камеры l у эжекторов существенно превышает длину смесительной камеры, характерной для струйных насосов с равноплотными средами [6, 7]. Е.К. Спиридонов на основе анализа длины распада свободной струи вывел формулу для нахождения потребной длины камеры смешения l, приравняв ее к длине распада струи [8].

На длину перемешивания потоков влияют такие факторы, как объемное газосодержание жидкостно-газовой смеси, расходы газа и жидкости; скорость пассивной газовой среды на входе в рабочую камеру, наличие прыжка перемешивания, форма и размеры проточного канала. При отсутствии аналитических выражений зачастую приходят на помощь опытные данные со схожими условиями работы эжектора [6, 7]. Наличие приближенных формул и экспериментальных данных в совокупности позволяют предсказать предпочтительную длину рабочей камеры, однако такой подход будет целесообразным лишь для ограниченного диапазона рабочих параметров.

Компьютерное моделирование позволяет учесть все вышеотмеченные факторы и определить оптимальную длину камеры смешения. Настоящая статья посвящена описанию создания 2D осесимметричной модели эжектора в программном комплексе Ansys Fluent (исследования выполнены с использованием суперкомпьютерных ресурсов ЮУрГУ [9]).

Основные элементы эжектора, такие как сопло, приемная камера, конфузор, рабочая камера и диффузор, представляют собой тела вращения, поэтому решение задачи проводилось в плоской осесимметричной постановке, что позволяет существенно снизить количество расчетных элементов и, соответственно, сэкономить вычислительные ресурсы. На рис. 1 приведена геометрическая модель эжектора, созданная в сеточном генераторе Ansys ICEM CFD. Рассматривались две модели с различными длинами рабочей камеры: l = 300 мм и l = 400 мм.

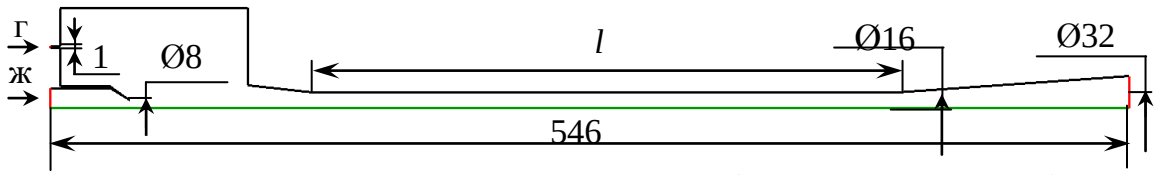


Рис. 1. Геометрическая модель эжектора (г – газ; ж – жидкость)

С помощью сеточного генератора Ansys ICEM CFD сгенерирована структурированная сеточная модель, состоящая из 14046 прямоугольных расчетных элементов. Такая сеточная модель, в отличие от треугольной (в плоской постановке), позволяет снизить численную диффузию потока жидкостно-газовой смеси, а также является предпочтительной с точки зрения затрат памяти компьютера и времени вычислительного процесса. Вблизи пристеночных областей соплового устройства 1, конфузора 2, рабочей камеры 3 и диффузора 4, приведенных на рис. 2, применялось сгущение сетки по экспоненциальному закону с целью удовлетворения рекомендуемых условий по значению величины y^+ для используемой модели турбулентности k-ε [10].

Программный комплекс численного моделирования Ansys Fluent позволяет использовать при расчете несколько моделей многофазных потоков: модель свободной поверхности VOF (volume of fluid), модель Эйлера

(Eulerian model) и модель смеси (Mixture model). В эжекторе рабочий процесс перемешивания характеризуется изменением моделей многофазных потоков вдоль проточной части. На рис. 3 схематично изображено последовательное расположение участков течения активной и пассивной среды, для которых характерны различные модели многофазных потоков.

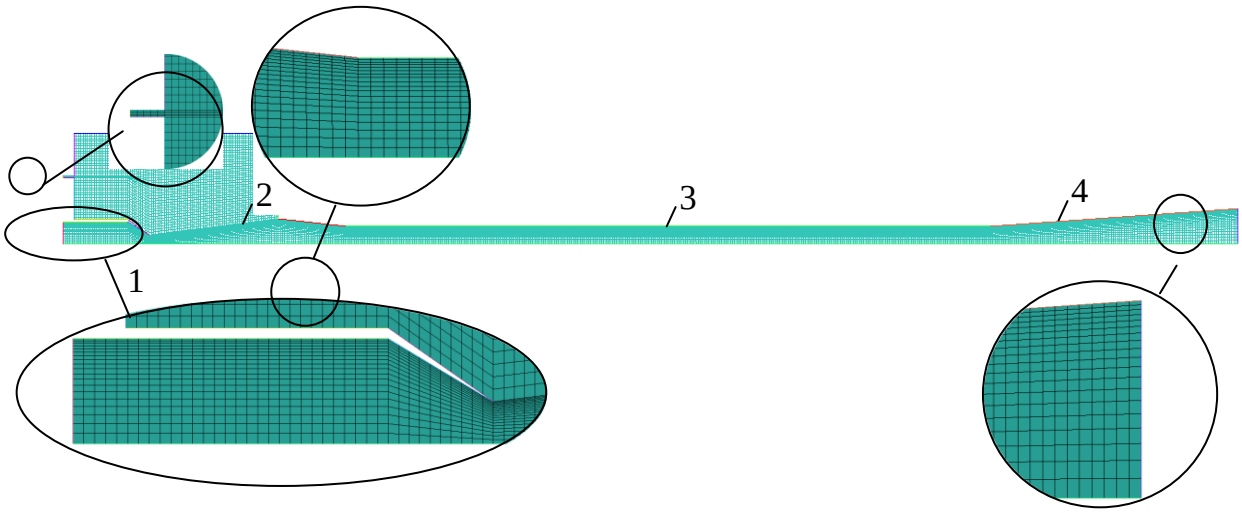


Рис. 2. Сеточная модель для эжектора

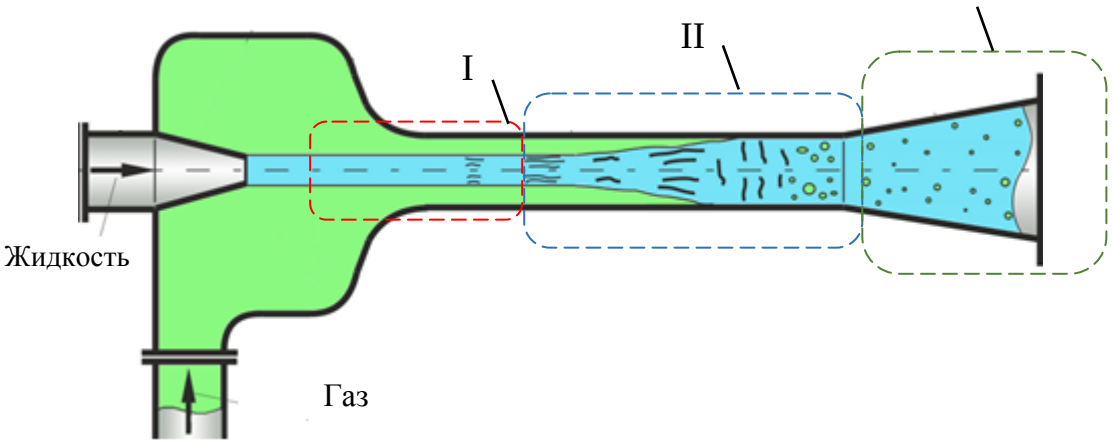


Рис. 3. Устройство и принцип работы ЖГЭ

Так, на участке I высокоскоростная струя жидкости устремляется в рабочую камеру и увлекает за собой газовую среду. Потоки имеют устойчивую границу разделения фаз. В этом случае течение описывается моделью свободной поверхности. В модели VOF используются уравнения количества движения для каждой фазы и по всей области отслеживается объемная доля каждой фазы. На II участке происходит распад струи на капли, которые обмениваются количеством движения с газовой средой. Дискретной средой является жидкость, а сплошной – газ. Участок II завершается заполнением жидкостью всего поперечного сечения рабочей камеры. Мно-

гофазное течение на участке II целесообразно описывать моделью Эйлера. В данной модели отдельно для каждой фазы решаются законы сохранения массы, количества движения и энергии. На III участке структура потока является практически однородной. При этом дискретной средой является газ в виде пузырей, а сплошной средой – жидкость. На участке III течение описывается моделью смеси. В модели смеси используются законы сохранения для смеси жидкости и газа.

Поскольку программа Ansys Fluent позволяет использовать при расчете лишь одну модель многофазного потока, то выберем ту модель, которая позволяет учесть как рабочие параметры отдельных фаз, так и смеси. Для этого воспользуемся моделью смеси, которая описывается уравнениями неразрывности и количества движения [11]:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho_m\right)+\nabla\left(\rho_m\cdot\vec{U}_m\right)=0; \tag{1}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho_m\cdot\vec{U}_m\right)+\nabla\left(\rho_m\cdot\vec{U}_m\cdot\vec{U}_m\right)=\\&=-\nabla p+\nabla\cdot\left[\mu_m\left(\nabla\vec{U}_m+\nabla\vec{U}_m^{T}\right)\right]+\rho_m\cdot\vec{g}+\vec{F}+\nabla\cdot\left(\sum_{k=1}^{n}\alpha_k\rho_k\vec{U}_{dr,k}\vec{U}_{dr,k}\right).\end{aligned} \tag{2}$$

Здесь ρ_m – плотность смеси, кг/м^3; U_m – скорость смеси, м/с; ∇ – вектор-оператор; μ_m – динамическая вязкость смеси, кг/(м·с); T – индекс турбулентности; g – ускорение свободного падения, м/с^2; F – сила тяжести, Н; n – количество фазовых состояний сред; α_k – объемное газосодержание фазы k; $U_{dr,k}$ – скорость сдвига фазы k, м/с.

В моделях учитывался эффект гравитации на течение рабочих сред сверху вниз. Воздух рассматривался как несжимаемый идеальный газ. Модель турбулентности – k-ε, позволяющая учитывать процессы сложных сдвиговых потоков в многофазных течениях [10]. Для связки давление-скорость был использован алгоритм SIMPLE. Коэффициент релаксации для давления был принят равный 0,3; для количества движения и объемной фракции – 0,2; для скорости скольжения, турбулентной кинетической энергии и ее рассеивания – 0,2.

Скорость жидкости на входе в сопловое устройство задавалась равной 6,22 м/с (тип граничного условия velocity-inlet), избыточное давление на входе воздуха – -97 кПа (pressure-inlet), избыточное давление на выходе из эжектора – 0 Па (pressure-outlet), при этом объемное газосодержание обратных токов воздуха задавалось равным нулю. Начальное состояние установки (параметры инициализации): заполнение неподвижным воздухом при избыточном давлении 0 Па.

Моделирование осуществлялось при параметрах схождения уравнения количества движения – менее 10^{-4}, уравнения турбулентной кинетической энергии – 10^{-3}, уравнения рассеивания кинетической энергии – 10^{-3}, уравнение неразрывности – 10^{-5}, уравнения объемной доли – 10^{-4}.

Результаты численного моделирования для двух длин рабочей камеры эжектора приведены на рис. 4 и 5.

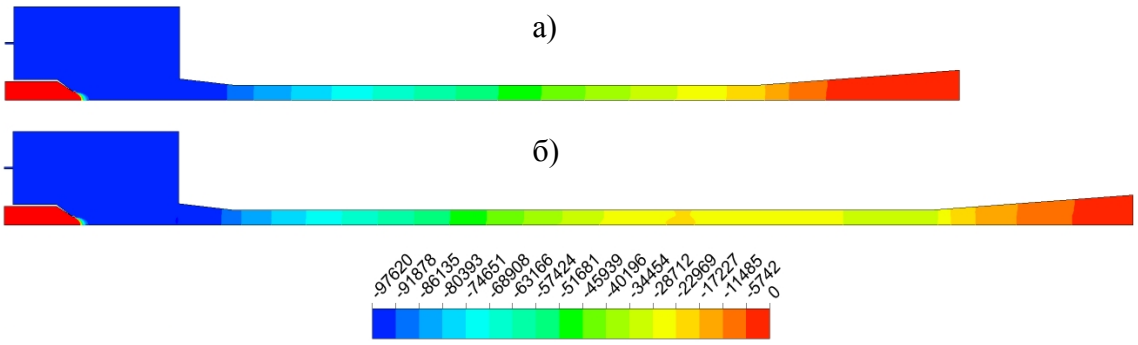


Рис. 4. Поля избыточного статического давления (Па) смеси в эжекторе с рабочей камерой длиной: а) l = 0,3 м; б) l = 0,4 м.

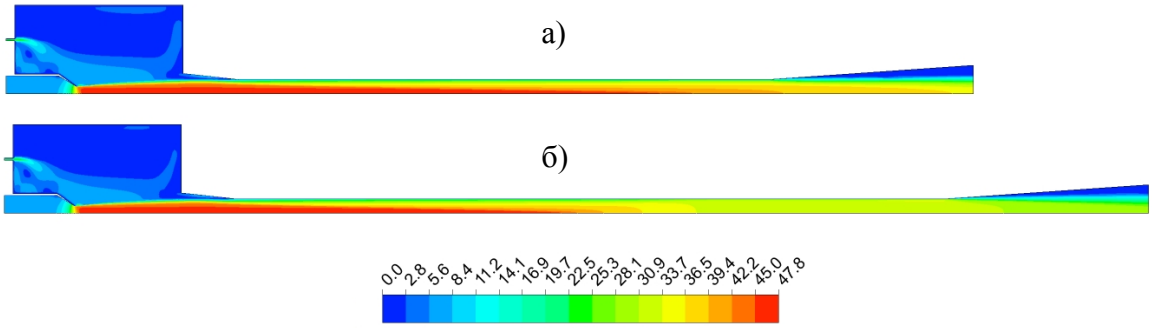


Рис. 5. Поля скорости смеси (м/с) в эжекторе с рабочей камерой длиной: а) l = 0,3 м; б) l = 0,4 м

Эффективная работа эжектора осуществляется в случае расположения прыжка перемешивания на выходе из цилиндрической части рабочей камеры [3, 5]. Расположение прыжка перемешивания (на рис. 6, 7 затемненные области) можно наблюдать по переменному характеру изменений величин скорости и давления.

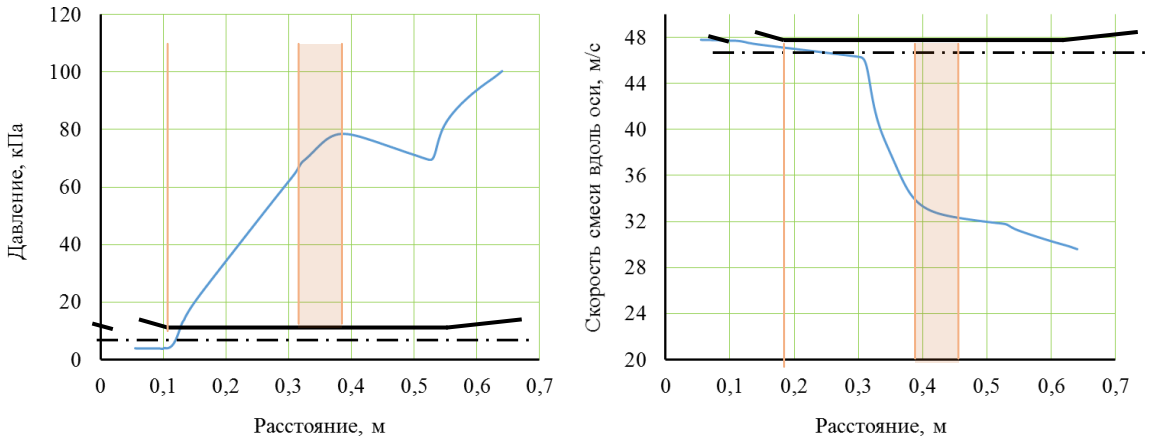


Рис. 6. Изменение скорости и избыточного давления вдоль проточной части эжектора с рабочей камерой длиной l = 0,4 м

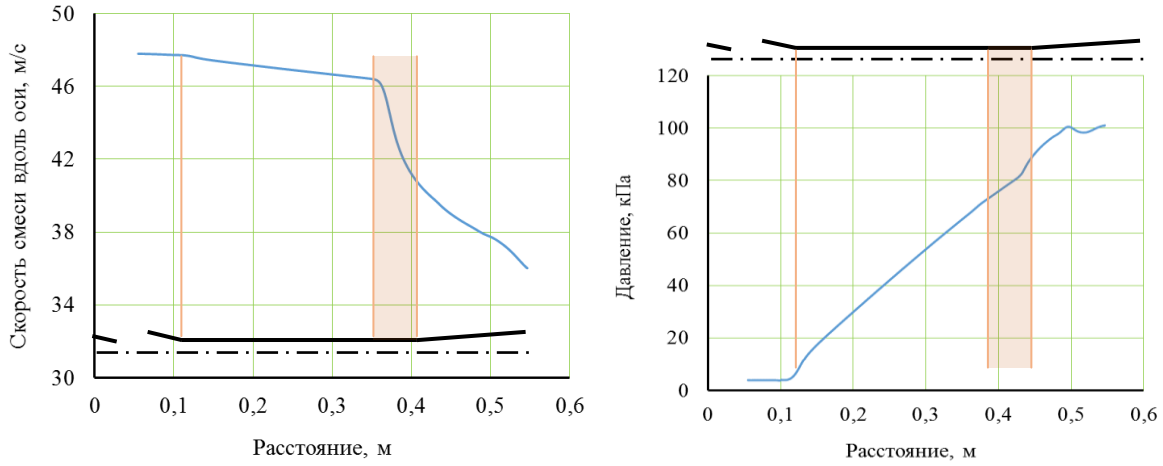


Рис. 7. Изменение скорости и избыточного давления
вдоль проточной части эжектора с рабочей камерой длиной l = 0,3 м

Устройство ЖГЭ с рабочей камерой длиной l = 0,3 м является предпочтительным, т.к. прыжок перемешивания располагается на выходе рабочей камеры, а значит, происходит полное перемешивание рабочих сред с наименьшими затратами энергии. При этом прыжок перемешивания сопровождается выравниванием профиля скорости вдоль поперечного сечения рабочей камеры (рис. 8).

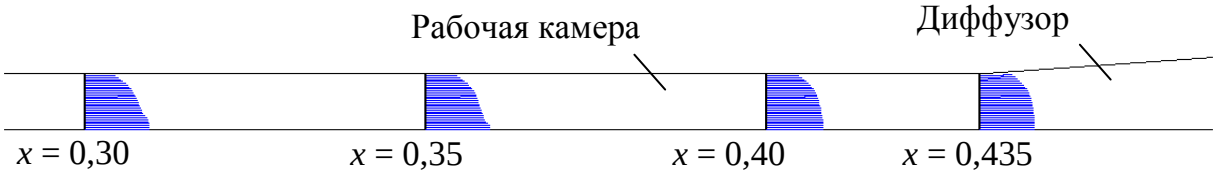


Рис. 8. Изменение профиля скорости вдоль рабочей камеры (l = 0,3 м)

Заключение. Проведено численное моделирование рабочего процесса в ЖГЭ с помощью программного комплекса Ansys Fluent. В результате выявлено, что рассмотренный комплекс способен решать задачи определения предпочтительных геометрических размеров ЖГЭ, в частности длины рабочей камеры.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

Библиографический список

1. Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: в 2 т. Т. 1 / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер; пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 384 с.

2. Соколов, Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

3. Cunningham, R.G. Jet Breakup and Mixing Throat Lengths for the Liquid Jet Gas Pump / R.G. Cunningham, R.J. Dopkin // J. Fluids Eng 96(3), pp. 216–226.

4. Witte J.H. Efficiency and design of Liquid-Gas Ejectors / J.H. Witte // Britich Chemical Engineering. Vol. 10. № 9. 1965. P. 602–607.

5. Васильев, Ю.Н. Теория двухфазного газожидкостного эжектора с цилиндрической камерой смешения / Ю.Н. Васильев // Лопаточные машины и струйные аппараты. – 1971. – Вып. 5. – С. 175–261.

6. Ефимочкин, Г.И. Исследование и выбор водоструйных эжекторов с удлиненной камерой смешения / Г.И. Ефимочкин, Б.Е. Кореннов // Электрические станции. – 1976. – № 4. – С. 46–49.

7. Кореннов, Б.Е. Исследование водовоздушных эжекторов с удлиненной цилиндрической камерой смешения: автореф. дис. … канд. техн. наук / Б.Е. Кореннов. – М.: ВТИ, 1980. – 23 с.

8. Спиридонов, Е.К. О рациональной длине смесительной камеры вакуумного водовоздушного эжектора / Е.К. Спиридонов // Теплоэнергетика. – 1982. – № 7. – С. 69–70.

9. Kostenetskiy P.S., Safonov A.Y. SUSU Supercomputer Resources // Proceedings of the 10th Annual International Scientific Conference on Parallel Computing Technologies (PCT 2016). Arkhangelsk, Russia, March 29–31, 2016. CEUR Workshop Proceedings. 2016. V. 1576. P. 561–573.

10. B. E. Launder and D. B. Spalding. Lectures in Mathematical Models of Turbulence. Academic Press, London, England. 1972.

11. FLUENT 16.0 Documentation, FLUENT Inc., 2014.

К содержанию

ФАКУЛЬТЕТ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.771.23

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАЛЬЦЕВОЙ ФОРМОВКИ

Я.Е. Залавин, В.Г. Ильичев

Разработана методика расчета параметров формоизменения листовой заготовки в трехвалковой листогибочной машине, позволяющая с достаточной точностью, без громоздких математических преобразований определить радиус заготовки на выходе из очага деформации в зависимости от взаимного расположения валков в соответствующем проходе.

Ключевые слова: вальцовая формовка, формоизменение, кривизна, математическая модель, окружность, распружинивание.

Современные требования к геометрическим характеристикам труб большого диаметра весьма высоки. В первую очередь это касается овальности труб. Так, например, величина овальности на концах труб для проекта «Nord Stream 2» не должна превышать 3 мм при внутреннем диаметре 1153±1 мм.

При формовке заготовки для труб этого сортамента в вальцах требует решения задача нахождения остаточной кривизны заготовки после изгиба, поскольку на практике, ввиду отсутствия инженерной методики расчета остаточной кривизны заготовки в зависимости от параметров и настроек формовочной машины, качество сформованных заготовок зачастую зависит от квалификации персонала.

Известные методики расчета остаточной кривизны при упругопластическом изгибе либо приводят к весьма неточным результатам [1], в силу принятых допущений о реализации при формовке в вальцах кругового изгиба, либо сводятся к решению эллиптических интегралов, которое требует громоздких математических преобразований [2].

С целью практического применения представляет интерес описание процесса формовки в виде зависимостей кривизны листа на выходе из очага деформации от заданного положения верхнего валка и взаимного расположения опорных валков в соответствующем проходе.

При вращении валков очаг деформации имеет асимметричную форму (рис. 1); входной участок DK имеет незначительную кривизну, а участок KN – переменную, близкую к окружности радиуса R4. В такой постанов-

ке для решения задачи определения кривизны заготовки будем считать участок DK отрезком, а KN – окружностью.

Такие допущения, как следует из анализа результатов ряда численных экспериментов, приводят к погрешности в определении угловых координат векторов сил на контакте валок-заготовка порядка 1,5–2,5 %.

Для анализа геометрических характеристик очага деформации относительно наружного диаметра заготовки радиус верхнего валка принят равным R3 = R/3+s; где s – толщина листа, R/3 – реальный радиус верхнего валка.

Поскольку отрезок DK является касательным к окружностям с центрами O1 и O3 (рис. 2), то:

$$\varphi_1 = \varphi_3 = \frac{\pi}{2} - \alpha - \beta. \quad (1)$$

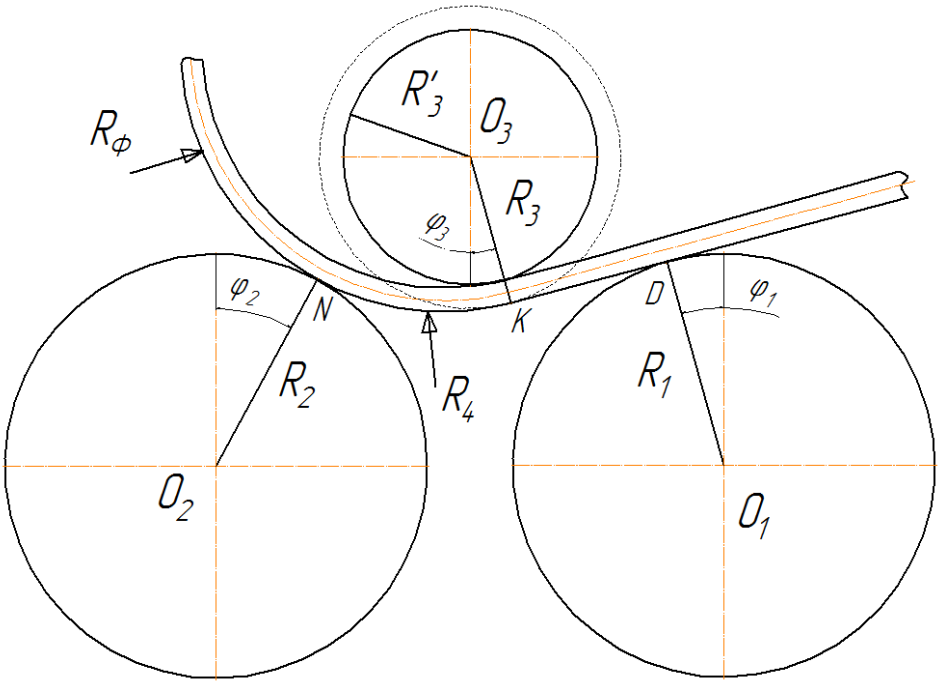


Рис. 1. Очаг деформации при вальцевой формовке в первом проходе

где угол $$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{H}{L}; \quad (2)$$

$$\beta = \arccos\left(\frac{R_1}{O_1M}\right) = \arccos\frac{(R_3+R_1)\cdot\cos\left(\operatorname{arctg}\frac{H}{L}\right)}{L}. \quad (3)$$

Подставив в уравнение (1) значения α и β получим:

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\frac{H}{L} - \arccos\frac{(R_3+R_1)\cdot\cos\left(\operatorname{arctg}\frac{H}{L}\right)}{L}. \quad (4)$$

Поскольку углы φ_1 и φ_3 равны (см. рис. 1), можно определить радиус R_4 (рис. 3). Для этого необходимо решить задачу нахождения параметров окружности касательной к двум окружностям с центрами O_2 и O_3.

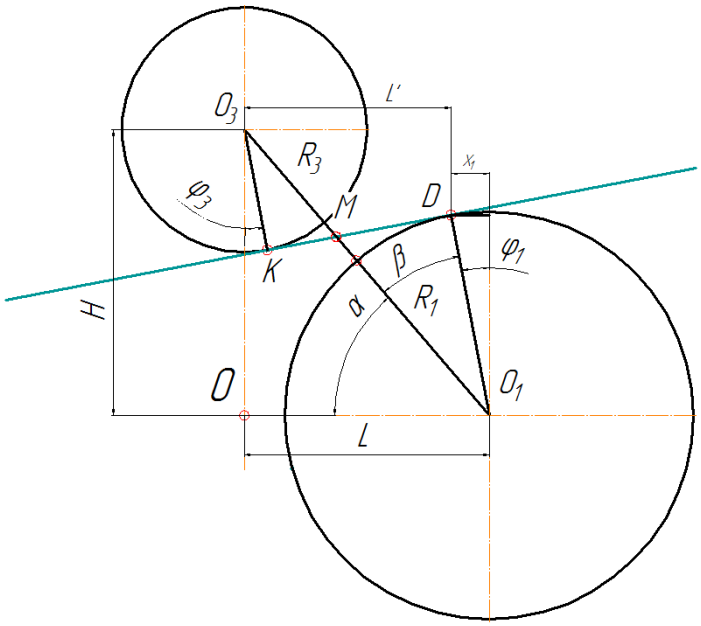


Рис. 2. К определению углов φ_1 и φ_2

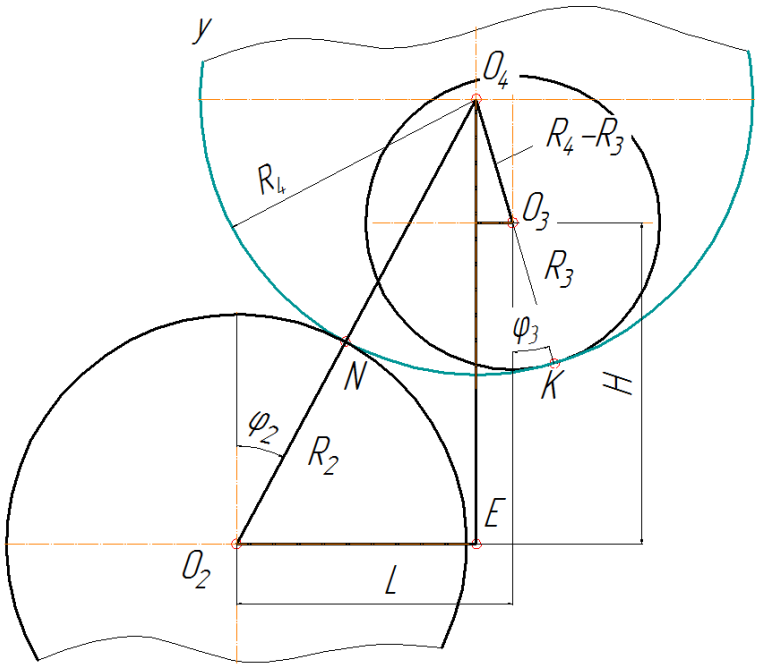


Рис. 3. К определению R_4

Построив перпендикуляр из точки O_4 к оси абсцисс, получим прямоугольный треугольник O_2O_4E, в котором:

$$O_4E = H + (R_4 - R_3)\cos\varphi_3, \quad (5)$$

$$O_2E = L - (R_4 - R_3)\sin\varphi_3, \quad (6)$$

$$O_2O_4 = R_4 + R_2. \quad (7)$$

В таком случае, из простых геометрических соотношений следует:

$$(H + (R_4 - R_3)\cos\varphi_3)^2 + (L - (R_4 - R_3)\sin\varphi_3)^2 = (R_2 + R_4)^2. \quad (8)$$

После преобразования уравнения (8) выразим из него радиус заготовки на выходе из очага деформации R_4 в виде:

$$R_4 = \frac{H^2+L^2+R_3^2-R_2^2-2R_3(H\cos\varphi_3-L\sin\varphi_3)}{2(R_2+R_3-H\cos\varphi_3+L\sin\varphi_3)}. \quad (9)$$

С учетом распружинивания радиус заготовки R_5 после первого прохода равен:

$$R_5 = \frac{R_4}{k_{расп}}, \quad (10)$$

где согласно формуле У. Джонсона [3]:

$$k_{расп} = 1 - 3\left(\frac{\sigma\cdot R_4}{2Es}\right)(1-v^2) + 4\left(\left(\frac{\sigma\cdot R_4}{2Es}\right)(1-v^2)\right)^3, \quad (11)$$

где E – модуль упругости стали;

v – коэффициент Пуассона;

$\sigma = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_т$ – предел текучести по Мизесу.

Во втором и последующих проходах очаг деформации также можно разделить на две части (рис. 4).

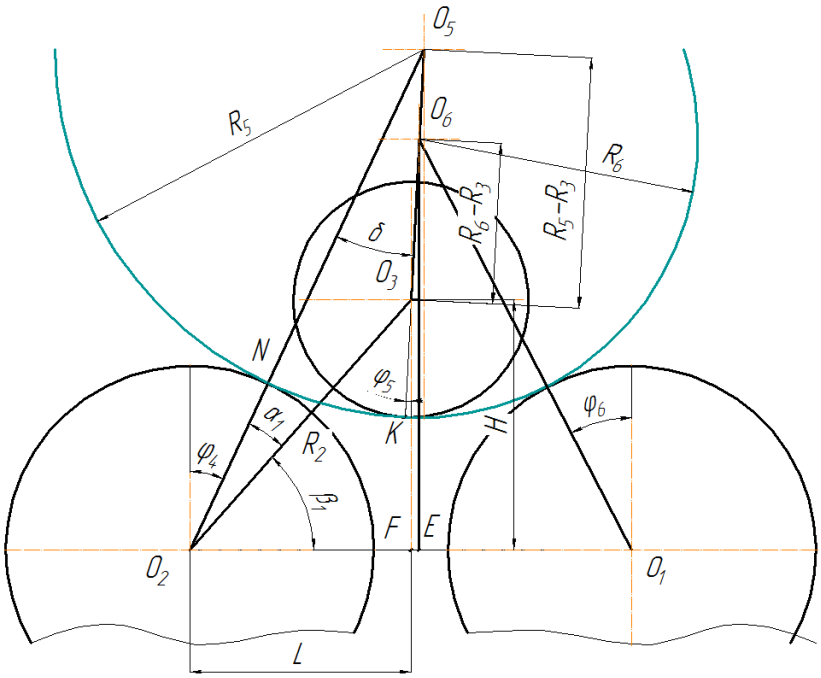


Рис. 4. Очаг деформации во втором проходе

При этом входная часть имеет кривизну радиусом R_5, приобретенную в предыдущем проходе, а выходная догибается до радиуса R_6, где R_6 определяется аналогично R_4 в первом проходе:

$$R_6 = \frac{H^2+L^2+R_3^2-R_2^2-2R_3(H\cos\varphi_5-L\sin\varphi_5)}{2(R_2+R_3-H\cos\varphi_5+L\sin\varphi_5)}. \quad (12)$$

Здесь:

$$\varphi_5 = 90^{\circ} - \alpha_1 - \beta_1 - \delta\,, \quad (13)$$

где из треугольника $O_2O_5O_3$ (см. рис. 4):

$$\alpha_1 = \arccos\frac{(R_2+R_5)^2+H^2+L^2-(R_5-R_3)^2}{2(R_2+R_5)\sqrt{H^2+L^2}}; \quad (14)$$

$$\delta = \arccos\frac{(R_2+R_5)^2+(R_5-R_3)^2-(H^2+L^2)}{2(R_2+R_5)(R_5-R_3)}; \quad (15)$$

из треугольника O_2O_3F на рис. 4:

$$\beta_1 = arctg\frac{H}{L}. \quad (16)$$

После прохождения очага деформации во втором проходе радиус заготовки R_7 с учетом распружинивания равен:

$$R_7 = \frac{R_6}{k_{\text{расп}}}. \quad (17)$$

В последующих проходах радиусы заготовки рассчитываются аналогично второму проходу.

В табл. 1 показаны результаты сравнения радиусов заготовки на выходе из очага деформации, рассчитанных по теоретическим формулам и полученных с помощью средств компьютерного моделирования.

Различие радиусов заготовки после первого проход,а полученных с помощью средств компьютерного моделирования и по теоретическим формулам, находится в диапазоне 2–13,2 %.

Таблица 1

Сравнительные результатов теоретических расчетов радиусов формовки в первом проходе с результатами, полученными на цифровой модели

Исходные данные				Dтеор 1	Dциф2	$\frac{\text{Dциф}}{\text{Dтеор}}\cdot 100$, %
Толщина стенки h, мм	Раствор L, мм	Погружение Δ, мм	Диаметр верхнего вала Rв, мм			
18	800	85	900	1309	1449	+10,7
24	800	81	900	1318	1433	+8,7
30	800	78	900	1336	1429	+6,9
25,4	800	100	780	1018	1038	+1,96
30	700	70,2	780	1099	1164	-5,9
25,4	600	65	300	632	680	+7,59

1 – значения диаметра заготовки, полученные по теоретическим формулам;

2 – значения диаметра заготовки, полученные из цифровой модели.

Наибольшее расхождение результатов наблюдается на относительно тонких стенках. Очевидно, это связано с тем, что с утонением стенки отклонение от прямой и окружности в первом проходе во входной и выходной частях очага деформации возрастает по причине снижения жесткости заготовки.

При производстве в промышленных условиях партии труб ∅1153х30,9 мм был произведен замер радиуса заготовки после первого и третьего проходов. Одновременно с этим фиксировались режимы формовки с пульта оператора.

В последующем применительно к фактическим режимам формовки было проведено компьютерное моделирование процесса.

В табл. 2 показаны сравнительные результаты расчетных и фактических значений радиуса заготовки от фактического.

Таблица 2

Сравнительные результаты расчета радиусов формовки в первом проходе

	I проход		III проход	
	Радиус по наружной поверхности	Отклонение измеряемой величины от реального процесса, %	Радиус после третьего прохода	Отклонение измеряемой величины от реального процесса, %
Математический расчет	725,45	-8,036	589,29	-3,79
Компьютерное моделирование	832,82	+6,26	–	–
Реальный процесс	783,75	0	611,64	0

Сравнительный анализ расчетных значений радиуса формовки свидетельствует о том, что разработанная математическая модель позволяет с достаточной степенью точности определить радиус заготовки на выходе из очага деформации в зависимости от настройки валков ЛГМ.

Расчет радиальных усилий формовки проведем из условия равенства моментов от действия внутренних и внешних сил в точке соприкосновения листа с верхним валком.

Запишем сумму действующих сил на ось у в первом проходе (рис. 5):

$$\sum P_y = P_1 \cdot cos\varphi_1 + P_2 \cdot cos\varphi_2 - P_3 \cdot cos\varphi_3 = 0; \qquad (18)$$

Силы P_1 и P_2 создают в точке K' внешние изгибающие моменты $M_{изг}^{P_1}$ и $M_{изг}^{P_2}$ соответственно.

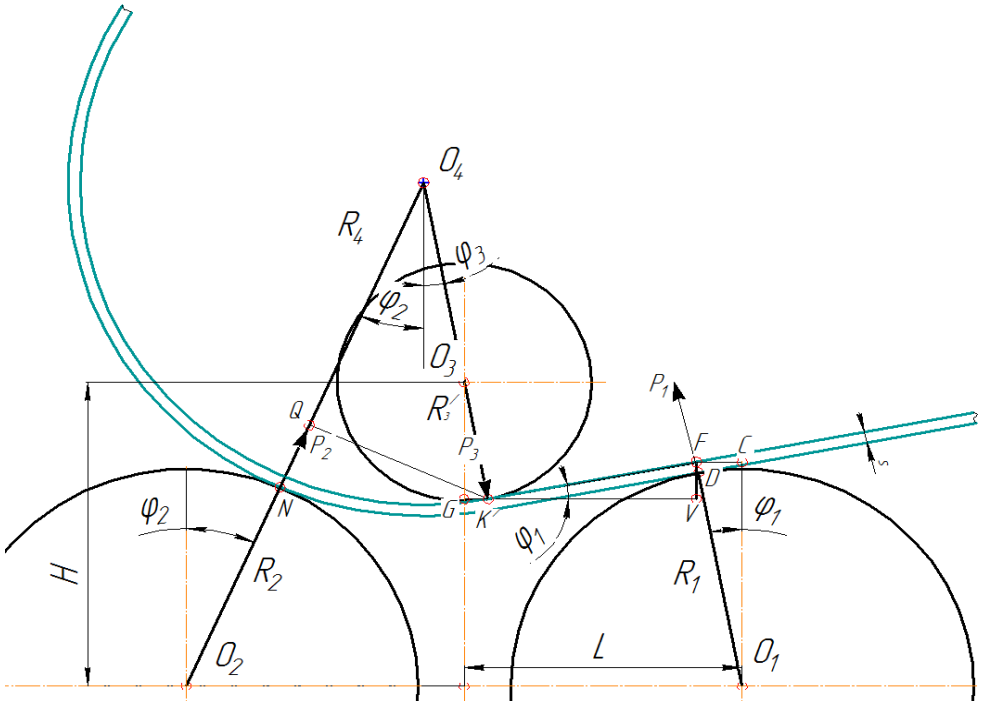


Рис. 5. Схема силового взаимодействия валков и заготовки (I проход)

Изгибающий момент в точке $K^{/}$ от внутренних сил, если аппроксимировать диаграмму растяжения степенной функцией вида:

$$\sigma = K\varepsilon^{m}, \tag{19}$$

где

$$k = \frac{\sigma_{\text{в}}}{\varepsilon_{\text{в}}^{m}}; \tag{20}$$

$$m = \frac{\lg\frac{\sigma_{\text{в}}}{\sigma_{\text{т}}}}{\lg\frac{\varepsilon_{\text{в}}}{\varepsilon_{\text{т}}}}, \tag{21}$$

равен

$$M_{\text{изг}} = \frac{\sigma_{\text{т}} \cdot b \cdot s^{m+1}}{y_0^{m} \cdot 2^{m+1} \cdot (m+2)}, \tag{22}$$

где $y_0^i = \varepsilon_{\text{т}} \cdot R_i$ – высота упругого слоя в соответствующем проходе;

R_i – радиус под нагрузкой по нейтральной линии в соответствующем проходе;

$\sigma_{\text{т}}$, – предел текучести материала;

b – ширина листа;

s – толщина стенки трубы.

Тогда:

$$M_{\text{изг}} = M_{\text{изг}}^{P_1} = M_{\text{изг}}^{P_2}. \tag{24}$$

Изгибающий момент от силы P_1 равен:

$$M_{\text{изг}}^{P_1} = P_1 \cdot K^{/}F, \tag{25}$$

где из $\Delta\, KFV$:

$$K^/F = K^/V \cdot cos\varphi_1, \tag{26}$$

Или

$$K^/F = L - FC - GK^/ = L - (R_1 + s) \cdot sin\varphi_1 - R_3^/ \cdot sin\varphi_3, \tag{27}$$

тогда

$$P_1 = \frac{M_{изг}^{P_1}}{L-(R_1+s)\cdot sin\varphi_1 - R_3^/ \cdot sin\varphi_3}; \tag{28}$$

Изгибающий момент от силы P_2 равен:

$$M_{изг}^{P_2} = P_2 \cdot K^/Q, \tag{29}$$

где из $\Delta\, QO_4K^/$:

$$K^/Q = O_4K^/ \cdot sin\varphi_2 = (R_4 - s) \cdot sin(\varphi_2 + \varphi_3), \tag{30}$$

тогда:

$$P_2 = \frac{M_{изг}^{P_2}}{(R_4-s)\cdot sin(\varphi_2+\varphi_3)}. \tag{31}$$

Из (18) сила P_3 равна:

$$P_3 = \frac{P_1\cdot cos\varphi_1 + P_2\cdot cos\varphi_2}{cos\varphi_3}. \tag{32}$$

Подставив значения $M_{изг}$ из (22) в (28) и (31) вместо $M_{изг}^{P_1}$ и $M_{изг}^{P_2}$, найдем значения усилий P_1 и P_2.

Для определения усилий во втором и последующих проходах (рис. 6) запишем сумму проекций сил на ось y:

$$\sum P_y = P_1 \cdot cos\varphi_6 + P_2 \cdot cos\varphi_4 - P_3 \cdot cos\varphi_5 = 0\,. \tag{33}$$

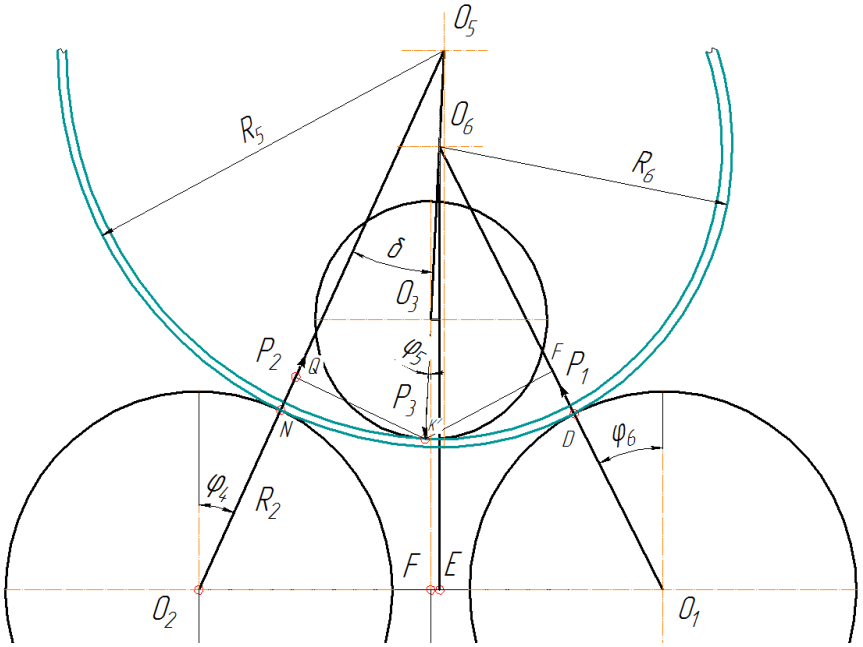


Рис. 6. Силовая схема для II прохода

Изгибающий момент от силы P_1 равен:

$$M_{\text{изг}}^{P_1} = P_1 \cdot K/F, \quad (34)$$

$$M_{\text{изг}}^{P_1} = P_1 \cdot (R_6 - s) \cdot \sin(\varphi_5 + \varphi_5). \quad (35)$$

Тогда

$$P_1 = \frac{M_{\text{изг}}^{P_1}}{(R_6 - s) \cdot \sin(\varphi_5 + \varphi_6)}. \quad (36)$$

Изгибающий момент от силы P_2 равен:

$$M_{\text{изг}}^{P_2} = P_2 \cdot K/Q, \quad (37)$$

$$M_{\text{изг}}^{2} = P_2 \cdot (R_5 - s) \cdot \sin\ \delta. \quad (38)$$

Тогда:

$$P_2 = \frac{M_{\text{изг}}^{P_2}}{(R_5 - s) \cdot \sin\ \delta}. \quad (39)$$

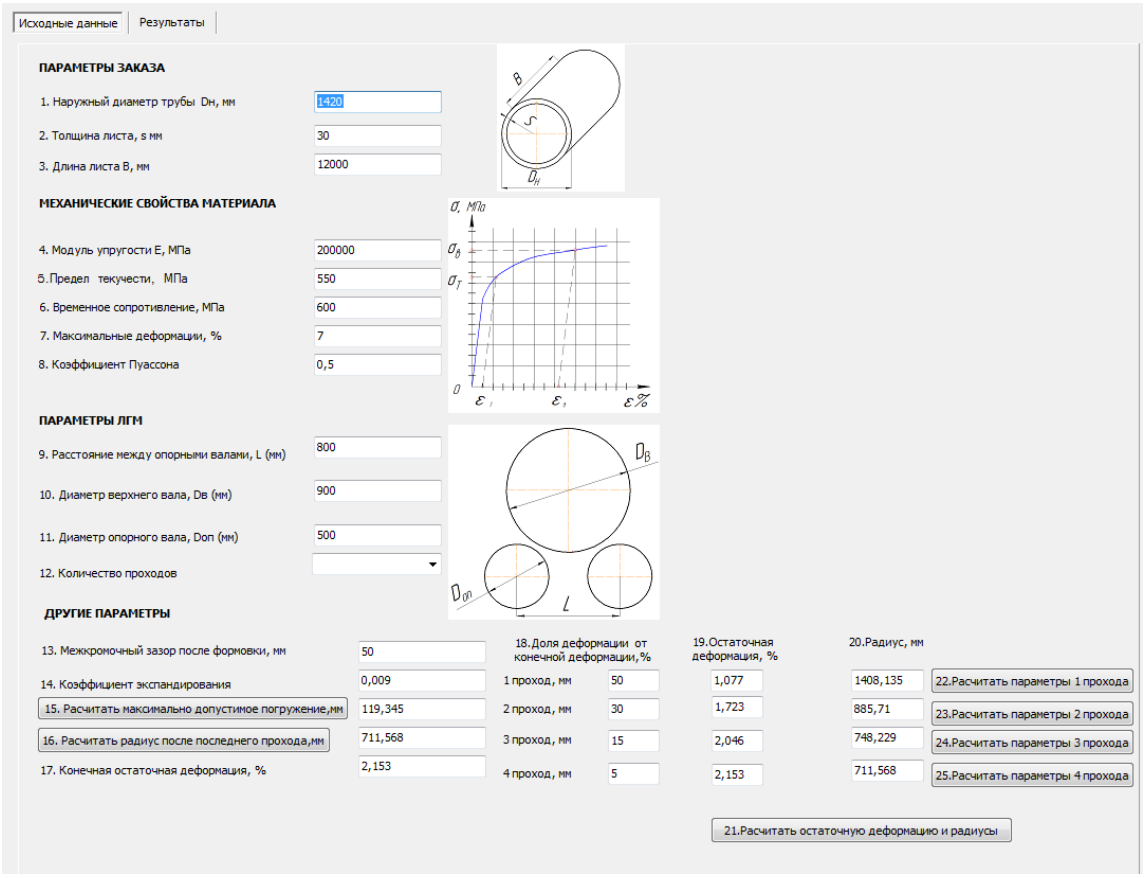
Из (33) сила P_3 равна:

$$P_3 = \frac{P_1 \cdot cos\varphi_6 + P_2 \cdot cos\varphi_4}{cos\varphi_5}. \quad (40)$$

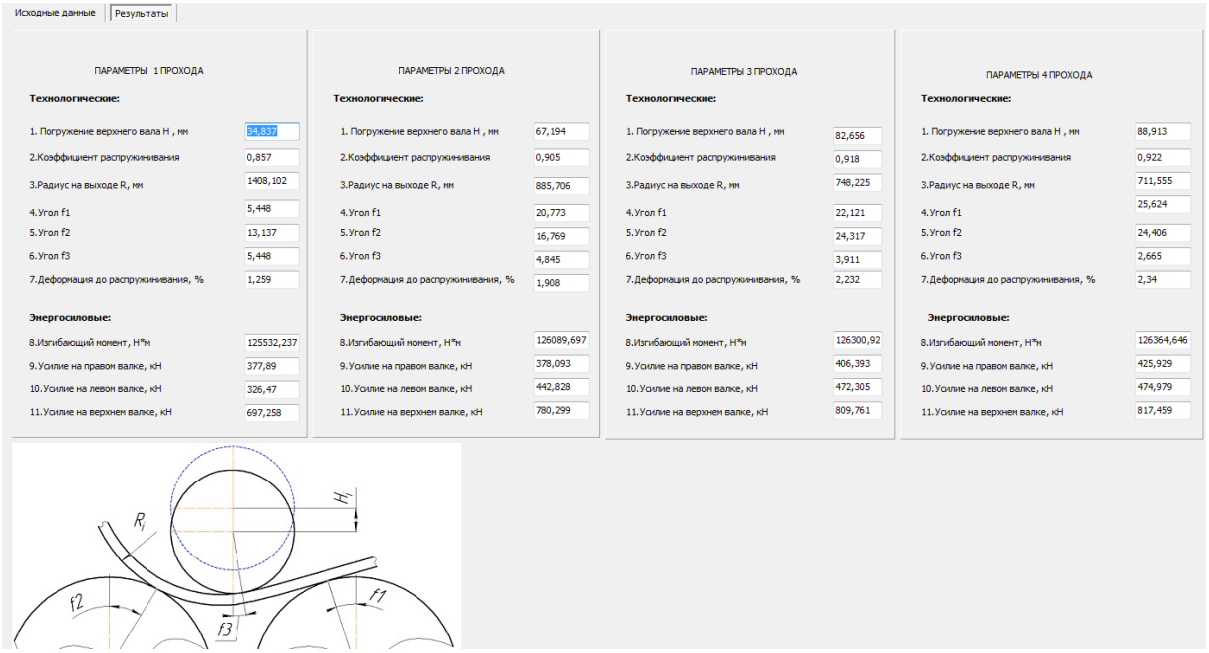
Подставив значения $M_{\text{изг}}$ из (15) в (36) и (39) вместо $M_{\text{изг}}^{P_1}$ и $M_{\text{изг}}^{P_2}$, найдем значения усилий P_1, P_2, P_3 во II проходе.

На основе изложенной методики была разработана программа предназначена для расчета технологических и энергосиловых параметров процесса формовки листовой заготовки, используемой для изготовления труб большого диаметра, в трехвалковой листогибочной машине. (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017611243 от 01.02.2017 г.).

Программа (рис. 7) позволяет на основе исходных данных, включающих механические свойства материала, параметры готовой трубы, коэффициент экспандирования, диаметры опорных и нажимных валков, количество проходов, распределение деформаций по проходам, вычислять величину погружения нажимного валка в соответствующем проходе, а также изгибающий момент и усилия, действующие на валки в процессе формовки, угловые координаты точек контакта валков с заготовкой и максимальные деформации в соответствующем проходе. Программа позволяет проводить расчеты от одного до четырех проходов деформации заготовки. Применение программы дает возможность оперативно и с достаточной степенью точности производить инженерные расчеты для настройки трехвалковых листогибочных машин на заданный профилеразмер.



а)



б)

Рис. 7. Интерфейс программы для ЭВМ:
а – окно ввода исходных данных; б – окно вывода результатов расчета

Выводы

1. Разработана инженерная методика расчета параметров формоизменения листовой заготовки при вальцевой формовке, позволяющая определить радиус заготовки на выходе из очага деформации в соответствующем проходе при заданном взаимном положении валков.

2. Получены простые расчетные зависимости, которые позволяют при заданных свойствах материала заготовки определить кривизну в соответствующем проходе и таким образом разработать технологическую схему получения трубной заготовки заданного профилеразмера.

3. При разработке алгоритма с целью оценки степени адекватности модели и достижения более высокой достоверности расчетов использованы ранее полученные результаты конечно-элементного моделирования процесса формовки в вальцах.

Библиографический список

1. Мошнин, Е.Н. Гибка и правка на ротационных машинах / Е.Н. Мошнин. – М.: Машиностроение, 1967.

2. Лысов, М.Н. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки / М.Н. Лысов. – М: Машиностроение, 1966.

3. Джонсон, У. Теория пластичности для инженеров / У. Джонсон, П. Меллор. – М.: Машиностроение, 1979.

К содержанию

УДК 621.771.23-114

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ МНОГОНИТОЧНЫХ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Ф.С. Дубинский, А.Р. Зинатулин, П.А. Мальцев

Предложена схема непрерывного проволочного стана однониточной прокатки на базе проволочного стана 250 с использованием процесса прокатки разделения и перспективных технологий. Прокатка в одну нитку позволяет упростить настройку стана и повысить качество готового продукта по профилю. Прокатка разделением позволяет повысить производительность стана. Разработана калибровка для прокатки с разделением раската в черновой группе клетей.

Ключевые слова: прокатка-разделение, калибровка валков, бесконечная прокатка, сортовые профили.

Основная черта, которая характеризует развитие прокатного производства – это стремление к организации поточного производства таким образом, чтобы в его основу был заложен непрерывный технологический процесс [1].

Такая схема производства проката дает высокую производительность и создает хорошие перспективы и условия для полной механизации и автоматизации производства. Поэтому наибольшее распространение получили непрерывные станы, которые, наряду с указанными обстоятельствами, обладают рядом преимуществ**:**

1. Сокращение времени перевалок за счет замены клетей, ранее подготовленных на стенде. Современные непрерывные станы оборудованы также механизмами установки клетей при перевалке, что сокращает время на перевалку.

2. Уменьшение паузы между смежными полосами.

3. Современные непрерывные мелкосортные станы – это механизированные и автоматизированные поточные линии с последовательным расположением клетей и комплексом вспомогательного оборудования, действующего синхронно со станом. Применение этих станов наиболее эффективно при значительных объемах производства проката массового назначения [1].

Помимо сказанного выше основными направлениями развития современных мелкосортных и проволочных станов являются: увеличение размеров и массы исходных заготовок, конечной скорости прокатки, переход на непрерывнолитую заготовку и совмещение процесса ее отливки с прокаткой, расширение марочного и профилеразмерного сортамента продукции и повышение технологической гибкости прокатных станов, увеличение точности размеров прокатываемых профилей, повышение физико-механических свойств проката путем применения специальных температурных режимов деформации и регулируемого охлаждения, использование рабочих клетей с жесткой бесстанинной конструкцией, чистовых прокатных блоков, средств непрерывного контроля качества продукции.

В качестве примера совмещения процесса отливки с прокаткой можно привести литейно-прокатный агрегат компании SMS Meer GmbH. Данные агрегаты отличаются конструкцией рабочих клетей и калибровкой валков. В станах Properzi применяются трехвалковые клети с расположением валков относительно друг друга под углом 120^{o} и системой калибров шестигранник-стрельчатый треугольник-круг [2].

В станах southwire и SMS Meer GmbH применяются двухвалковые клети с ящичным калибром в черновой группе и системой овал-круг в предчистовых и чистовых клетях.

Описанная выше технология CONTIROD (SMS Meer GmbH) применяется для получения медной катанки, и данное оборудование расположено в Свердловской области в г. Верхняя Пышма, принадлежит АО «Катур-Инвест». Производство катанки осуществляется методом непрерывного литья-прокатки по технологии CONTIROD (SMS Meer GmbH).

В качестве исходного сырья в ЛПА применяют катодную медь, а также собственные возвратные отходы с участков прокатного и волочильного производства.

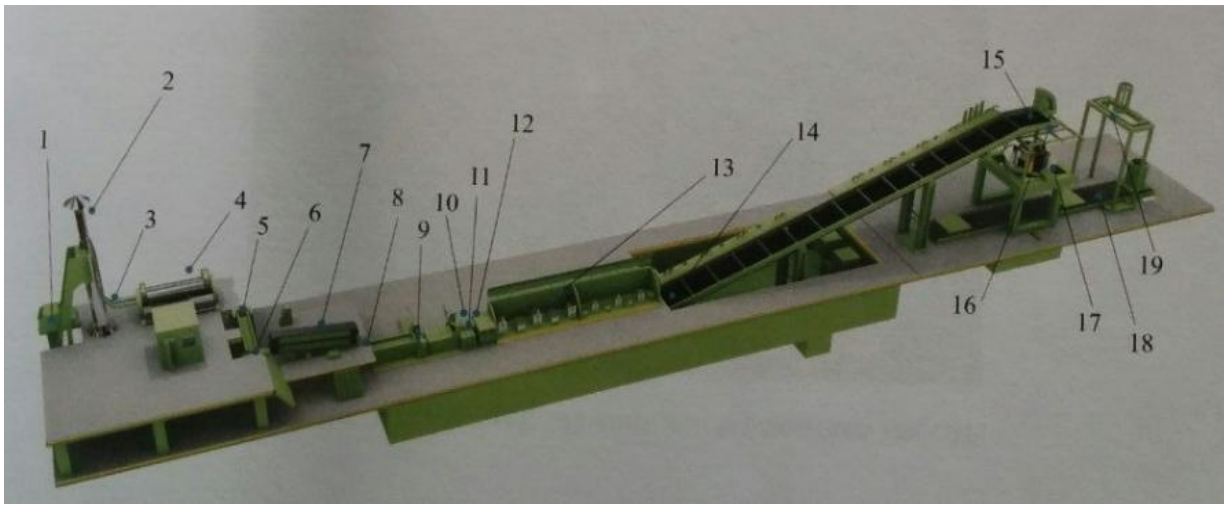


Рис. 1. Схема расположения оборудования литейно-прокатного агрегата:
1 – скиповый подъемник; 2 – плавильная шахтная печь; 3 – разливочный желоб; 4 – миксер; 5 – литейный желоб; 6 – литейный ковш; 7 – литейная машина; 8 – изгибающий рольганг; 9 – трайб-аппарат; 10 – маятниковые ножницы; 11 – подъемный стол; 12 – фрезагрегат; 13 – прокатный стан; 14 – линия осветления, охлаждения и осушки; 15 – изгибающий рольганг; 16 – линия нанесения воскового покрытия; 17 – укладчик и сборщик бухт; 18 – транспортное устройство; 19 – упаковочный пресс

Сырье посредством скипового подъемника 1 попадает в плавильную шахтную печь 2. Из плавильной печи по разливочному желобу 3 расплав меди поступает в миксер 4, в котором происходит процесс рафинирования, регулирование интенсивности потока, а также удаление шлаковых составляющих. Из миксера расплав попадает в литейный желоб 5, ковш 6 и литейную машину 7 ленточного типа, предназначенную для получения медной заготовки прямоугольного сечения размерами 70х120 мм методом непрерывного литья со скоростью 11 метров в минуту. После выхода из машины для литья заготовку переводят в горизонтальное положение и центрируют по линии прокатки при помощи изгибающего рольганга 8. Трайб-аппарат 9, приводные ролики которого постоянно прижаты к заготовке, обеспечивают синхронизацию скорости литья с прокаткой. Резку заготовки в моменты запуска ЛПА и при аварийных остановках выполняют маятниковые ножницы 10. Отрезанные части заготовки удаляются с подъемного стола 11 толкателями. После прекращения резки стол опускают и заготовку по нему подают во фрезагрегат 12, предназначенный для снятия фасок с четырех сторон 5х45^{o}. Это необходимо для предотвращения попадания заусенцев или смятых острых углов внутрь полосы, приводящего к появлению ряда дефектов в катанке. Далее заготовка поступает в прокатный стан 13, применяемый для получения медной катанки диаметром 8 мм из непрерывно-литой заготовки, включает в себя следующие элементы: черновая группа, аварийные ножницы, промежуточная группа, чистовая груп-

па клетей. Клети представляют собой кассетную конструкцию с консольно установленными рабочими валками. В последней чистовой клети стана установлена дополнительная отклоняющая проводка, по которой катанку передают на линию осветления, охлаждения и сушки 14. После выхода из последней секции катанку переводят в вертикальное положение посредством изгибающего рольганга 15 и отправляют на линию нанесения воска 16, далее в укладчике бухт 17 формируют и накапливают витки катанки. Сформированную бухту вывозят с помощью транспортного устройства 18 (подъемный стол, весы, рольганг). Упаковочный пресс 19 предназначен для прессования и обвязки поступающих бухт готовой медной катанки.

Как пример современного мелкосортно-проволочного стана можно привезти мелкосортно-проволочный стан 170, расположенный на Магнитогорском металлургическом комбинате.

Сортамент выпускаемой продукции включает в себя кроме круглых профилей арматурный прокат № 6–12 классов А400 и А500С в бухтах массой до 2100 кг. Прокатка ведется из заготовок квадратного сечения 150×150×12000 мм. Максимальная скорость прокатки достигает 100 м/с (катанка Ø 5,5 мм). Линия прокатки стана 170 состоит из 23 клетей с индивидуальным приводом, объединенным в 5 групп, и двух десятиклетьевых чистовых блоков. Десятиклетьевые блоки финишной прокатки имеют Delta-конфигурацию – клети в них расположены под углом 45°, чем достигается значительное упрощение их обслуживания. Двухвалковые консольные клети блока имеют привод от одного электродвигателя. После чистовых блоков прокат подвергается контролируемому охлаждению. В составе каждой нитки имеются четыре камеры водяного охлаждения с водяными прямоточными, противоточными и воздушными форсунками. Имеются конвейеры для воздушного охлаждения раската перед смоткой.

Прокатка одиночных заготовок предполагает наличие паузы между их подачей в клеть для осуществления процесса прокатки, что в свою очередь снижает производительность стана. Помимо снижения производительности стана данный способ прокатки существенно снижает стойкость оборудования. Это вызвано неравномерностью нагрузки на валки и элементы привода во время захвата заготовки и выхода ее из клети. Еще одним недостатком традиционного способа прокатки является возможность получения дефекта в виде искривления полосы [4].

Прокат сварных заготовок позволяет повысить производительность стана, увеличить срок службы оборудования за счет равномерности нагрузок при прокатке сварных заготовок [4]. Также процесс бесконечной прокатки позволяет сократить количество «забоев», т.к. в большинстве случаев забои происходят по тем или иным причинам во время захвата заготовки.

В качестве примера рассмотрим технологию бесконечной прокатки сварных заготовок, разработанной компанией Siemens VAI технология ERT (Endless Rolling Technology).

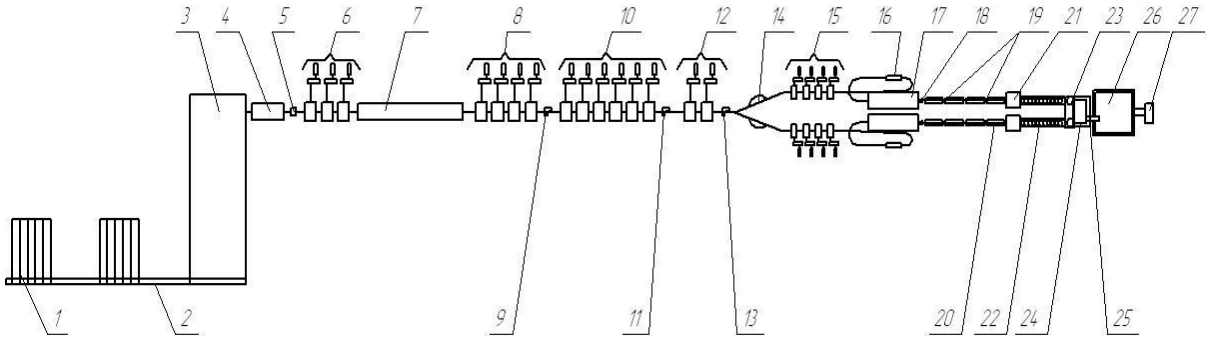


Рис. 2. Схема расположения оборудования стана 170: 1 – загрузочные столы; 2 – рольганг с платформой для взвешивания; 3 – нагревательная печь; 4 – рольганг для аварийного сброса заготовок; 5 – установка гидросбива окалины; 6 – обжимная группа клетей; 7 – промежуточный сдвоенный рольганг с теплоудерживающими крышками; 8 – черновая группа; 9, 11, 13 – летучие ножницы; 10, 12 – первая и вторая промежуточные группы; 14 – горизонтальный петлеобразователь; 15 – предчистовые группы с вертикальными петлеобразователями.; 16 – промежуточная секция водяного охлаждения; 17 – десятиклетьевые чистовые блоки; 18 – установка контроля размеров проката; 19 – трайб-аппараты; 20 – линия водяного охлаждения; 21 – виткообразователь; 22 – конвейер воздушного охлаждения; 23 – виткосборник; 24 – транспортер с палетами; 25 – кантователь; 26 – участок отделки бунтов; 27 – тележка накопления бунтов

Рис. 3. Операция сварки заготовки

Сварочная машина устанавливается на телеге с приводом, которая передвигается по рельсам, сваривает заготовки любых профилей размерами от 100 до 200 мм. Программа сварки выбирается исходя из марки стали свариваемых заготовок. Время сварки в среднем занимает 25 секунд. После окончания процесса сварки производится снятие грата (заусенца) при помощи специального инструмента с гидроприводом [4].

Перед сваркой заготовка очищается от окалины и ее передний торец оплавляется при помощи электрической машины для стыковой сварки, передний конец и задний конец двух заготовок фиксируются между двумя зажимными устройствами в процессе движения машины со скоростью прокатки в первой клети, и выполняется стыковая сварка оплавлением.

Рис. 4. Стадии процесса сварки заготовок

Технология ERT может применяться как на новых предприятиях, так и при модернизации и переоборудовании имеющихся установок.

Прокатка-разделение

Одним из наиболее известных способов снижения себестоимости проката сортовых профилей является многоручьевая прокатка-разделение.

Рассмотрим два способа разделения раската:

- разделение раската в выводной арматуре при помощи делительных устройств;
- разделение раската непосредственно в прокатных валках.

Первый способ разделения по сравнению со вторым имеет ряд существенных недостатков, таких как сложность конструкции выводной делительной арматуры, низкая стойкость разрезных роликов, дороговизна в их обслуживании.

В качестве примера рассмотрим продольное разделение раската в выводной арматуре, который состоит из профилей круглого сечения и соединен между собой тонкой перемычкой [5].

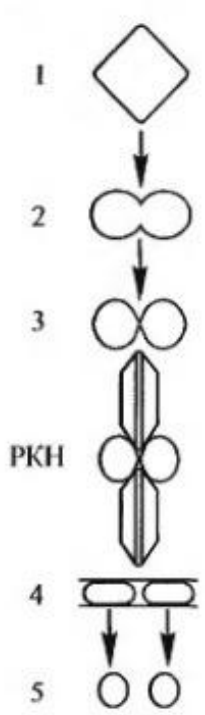


Рис. 5. Схема двухручьевого слиттинг-процесса арматурного профиля, РКН – разделительные конические ролики

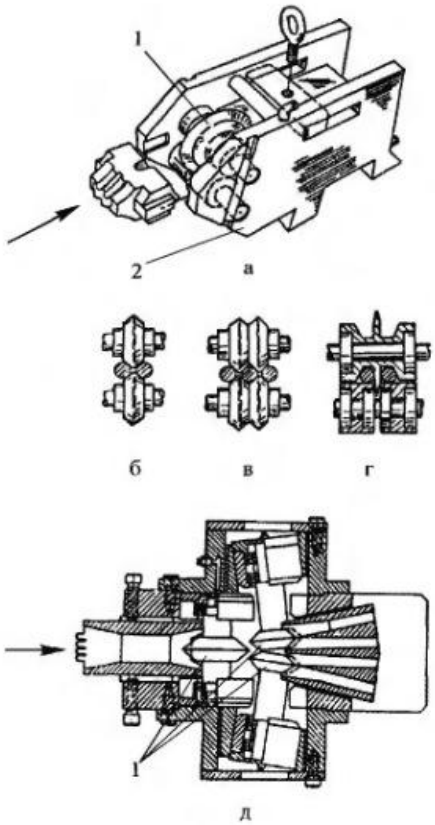


Рис. 6. Устройства для продольного разделения двух- (а), четырех- (д) ниточного раскатов: 1 – разделяющие конические ролики, 2 – коробка, б–г – схемы разделения раската

Разделение происходит в результате воздействия выталкивающей силы, создаваемой прокатными валками, и расклинивающего действия разделительных роликов. Данный способ позволяет получать ровную поверхность шейки разрыва, что в свою очередь предотвращает появление дефекта на поверхности готового продукта, вызванного заусенцами в местах разделения.

Разделение раската непосредственно в валках посредством контролируемого разрыва обладает следующими преимуществами: надежное самоцентрирование раската в двухручьевых калибрах, отсутствие шейки разрыва в местах разделения раската, повышение срока службы валков в результате возможности увеличения угла до 90° у вершин гребней двухручьевого калибра.

Рассмотрим разделение раската при прокатке арматурного профиля в валках методом контролируемого разрыва перемычки.

Из квадратной заготовки формируется раскат в двухручьевом калибре, состоящий из двух ромбических или квадратных профилей, которые соединены между собой вдоль диагонали перемычкой. При продольном разделении происходит разрушение перемычки без образования заусенцев в виде шейки разрыва. После разделения раскат квадратного сечения далее прокатывается в овальных и круглых калибрах до готового продукта [6].

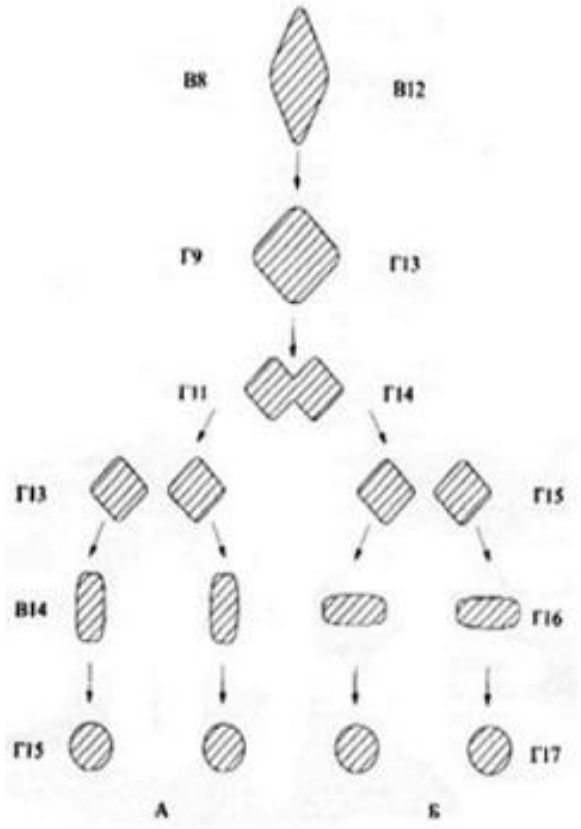


Рис. 7. Схема двухручьевой прокатки-разделения
при производстве арматурных профилей (цифры – номера клетей
с вертикальными (В) и горизонтальными (Г) валками)

Предложение по улучшению способа прокатки и компоновки оборудования

На основе известного прокатного стана 250-2 ПАО «ЧМК» предложен для улучшения технологии прокатки проволочный стан 250 для прокатки с разделением раската в черновой группе с целью перехода с 2- и 4-ниточной схемы прокатки на 1-ниточную. На многониточных станах имеется сложность в настройке, одна из причин – это разная выработка калибров, вызванная простоем по одной из ниток по тем или иным обстоятельствам. В результате чего возникает разное натяжение по ниткам в межклетевом пространстве и появляется сложность в настройке профиля, что в свою очередь влияет на качество выпускаемой продукции.

Предлагаемый стан имеет 9 клетей черновой группы. 1-я клеть черновой группы имеет ящичный калибр, 2, 4, 6, 8 овальные калибры, 3, 5, 7 квадратные калибры и 9 клеть имеет круглый калибр. Все последующие группы клетей имеют чередующиеся калибры овал-круг [5].

Предлагаемый непрерывный проволочный стан (рис. 8) включает в себя 9 клетей с горизонтальным расположением валков в черновой группе с индивидуальным приводом к каждой клети. Промежуточная группа, имеющая 8 клетей, расположенные в 2 нитки, с горизонтальным расположением валков. Десятиклетевой чистовой прокатный блок с чередующимся вертикальным и горизонтальным расположением валков.

От своего аналога предлагаемый проволочный стан отличается тем, что:

1) прокатку предлагается производить в одну нитку с использованием процесса прокатки с разделением раската;

2) валки для разделения раската в двух последних проходах перед разделением предлагается выполнить из карбида вольфрама, марка материала валков ВК8.

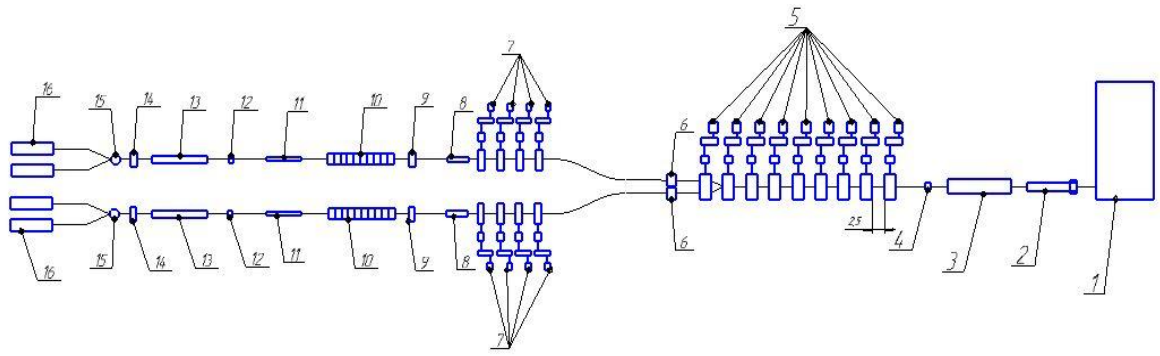


Рис. 8. Схема расположения оборудования
непрерывного проволочного стана, предлагаемого для улучшения

Непрерывный проволочный стан (рис. 8) состоит из нагревательной печи 1, сварочной машины 2, индукционного подогревающего устройства 3, трайб-аппарата 4, черновой группы клетей 5, аварийных ножниц (они же

производят обрезку переднего конца раската) 6, промежуточной группы клетей 7, устройства для предварительного охлаждения раската 8, ножниц 9, восьмиклетевого чистового прокатного блока 10, системы охлаждения THERMEX 11, устройства для формирования витков 12, устройства принудительного воздушного охлаждения 13, ножниц 14, бунтоформирующей машины 15, устройства для накопления и пакетирования бунтов 16.

Выводы

1. Выполнен обзор литейных прокатных агрегатов и современных мелкосортно-проволочных станов, рассмотрены схемы компоновки оборудования, определены тенденции развития современных непрерывных мелкосортно-проволочных станов.

2. Рассмотрены особенности, преимущества и недостатки продольного разделения раската в калибрах и разделения раската с применением специальных устройств при прокатке сортовых профилей.

3. Разработана калибровка валков для прокатки с разделением раската в черновой группе

4. Предложена схема непрерывного проволочного стана однониточной прокатки на базе проволочного стана 250 с использованием процесса прокатки разделения и перспективных технологий.

Перевод с многониточной прокатки на однониточную позволяет осуществлять более точную настройку стана и получение более качественного проката, без потери производительности.

Библиографический список

1. Жучков, С.М. Методология моделирования при разработке энергосберегающих технологий сортовой прокатки / С.М. Жучков, Д.Г. Паламарь // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. – Днепропетровск: ІЧМ НАН Украина, 2005. – С. 10.

2. Постыляков, А.Ю. Особенности процессов производства медной катанки / А.Ю. Постыляков, Ю.Н. Логинов // Сб. тр. VII международной молодежной научно практической конференции «Инновационные технологии в металлургии и машиностроении». – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – С. 320–324.

3. ГОСТ 32597-2013. Медь и медные сплавы. Виды дефектов заготовок и полуфабрикатов. – М.: Сандартинформ, 2014. – 31 с.

4. Дукмасов, В.Г. Состояние и развитие технологий и оборудования в мировой черной металлургии: Справочник / В.Г. Дукмасов, Л.М. Агеев. – Челябинск: ЮУрГУ, 2002. – 188 с.

5. Шульгин, Г.М. Теория и практика процесса многоручьевой прокатки разделения: Сб. научн. тр. / Г.М. Шульгин, О.В. Дубинина, В.Ф. Губайдулин и др. – Севастополь: «Вебер», 2003. – 622 с.

6. Образовательный ресурс металлургической отрасли, раздел 4.4.3. Многоручьевая прокатка разделение. – URL: http://steel-education.org.

К содержанию

УДК 624.014.2 + 624.014.2.001.2

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОЭРЦИТИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Н.Л. Зайцев, П.Д. Зайцев

В настоящее время для оценки напряжённо-деформированного состояния стальных конструкций широко используют результаты коэрцитиметрических измерений. Однако известные методики, представленные в различных работах, не лишены ошибок методологического характера, что может привести к ошибочным выводам. В докладе выполнен анализ недостатков известных методик и предложены возможные способы устранения этих недостатков.

Ключевые слова: коэрцитивная сила, напряжённо-деформированное состояние, тарировочный образец, упругое нагружение, пластическое нагружение.

По сравнению с другими физическими методами коэрцитиметрические измерения, используемые для оценки напряжённо-деформированного состояния (НДС) стальных конструкций, имеют следующие достоинства:

- неразрушающий характер контроля;
- высокая скорость и простота измерений;
- применение недорогой серийной аппаратуры;
- возможность контроля криволинейных поверхностей;
- удобство использования в полевых условиях;
- отсутствие опасных для жизни оператора полей.

Применяемые на практике методы оценки НДС стальных конструкций по коэрцитивной силе (Нс) используют зависимость последней от НДС металла конструкции. Зависимость Нс металла от уровня механического напряжения является уникальной для каждой марки стали. Её предварительно устанавливают в лабораторных условиях путём нагружения специальных образцов, изготовленных из разных марок сталей, с одновременным измерением Нс. В результате получают тарировочную кривую зависимости Нс от величины механического напряжения. Далее, сопоставляя результаты измерения Нс на реальных конструкциях с полученными на тарировочных образцах, изготовленных из той же марки стали, что и обследуемая конструкция, оценивают величину механического напряжения в обследуемой конструкции.

В литературе наиболее часто цитируются работы авторов [1–3] Г.Я. Безлюдько, В.Ф. Мужицкого и Б.Е. Попова, в которых изложены методические подходы к оценке НДС и остаточного ресурса металлоконст-

рукций по результатам измерения Нс. Методика строится на результатах одноосного растяжения плоских образцов.

На рис. 1 представлены тарировочные кривые изменения Нс в зависимости от напряжения для трёх марок сталей Ст3, 20, 09Г2С, заимствованные нами из работы [1].

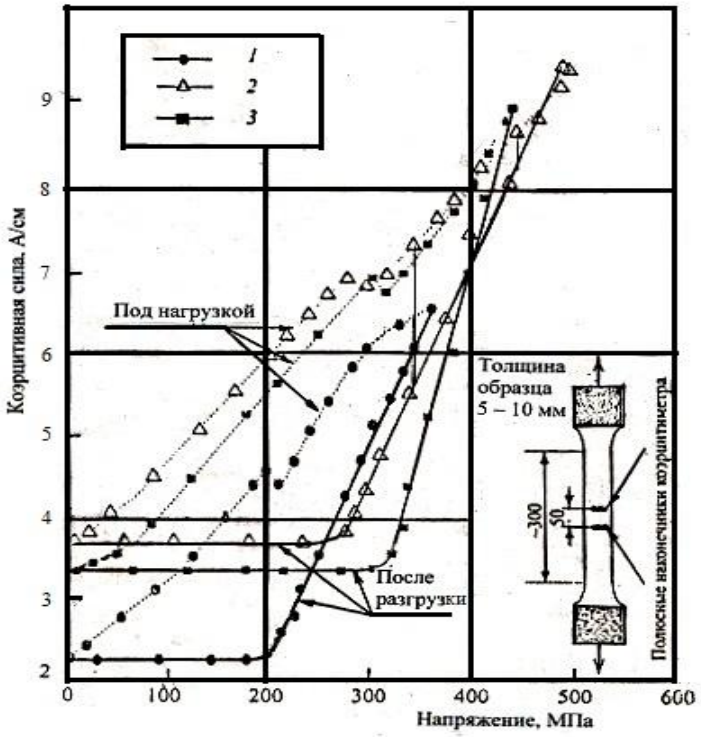


Рис. 1. Изменения коэрцитивной силы в зависимости от напряжения в образцах из сталей Ст3 (1), 20 (2), 09Г2С (3) при испытании их на растяжение

Этот рисунок понятен для объяснения методического подхода авторов статьи [1] к оценке НДС. Однако в действительности тарировочные кривые Нс = f (σ) при растяжении плоских образцов существенно отличаются от представленных авторами [1]. Так, в упругой области нагружения Нс, измеренная в направлении вдоль приложенной растягивающей силы, с увеличением напряжения не увеличивается, как это представлено на рис. 1, а вначале с увеличением нагрузки Нс плавно убывает до достижения растягивающими напряжениями уровня σ = P/F ≈ σт/2, при дальнейшем увеличении растягивающих напряжений Нс начинает монотонно возрастать. При σ = P/F = σт значение Нс принимает исходное (до начала нагружения) значение. Прирост Нс в пластической стадии нагружения происходит более интенсивно. Это наглядно подтверждает рис. 2, на котором представлены тарировочные кривые изменения Нс в зависимости от напряжений, полученные нами для сталей марок 20 и 09Г2С. Такой характер изменения кривых Нс = f (σ) наблюдается и для других марок стали, с той лишь раз-

ницей, что максимальное снижение Нс при нагружении в упругой области может быть чуть больше или чуть меньше. Из сказанного следует, что в упругой области нагружения определение напряжённого состояния по измерению Нс может привести к значительным погрешностям, так как одному измеренному значению Нс соответствуют два значения напряжения.

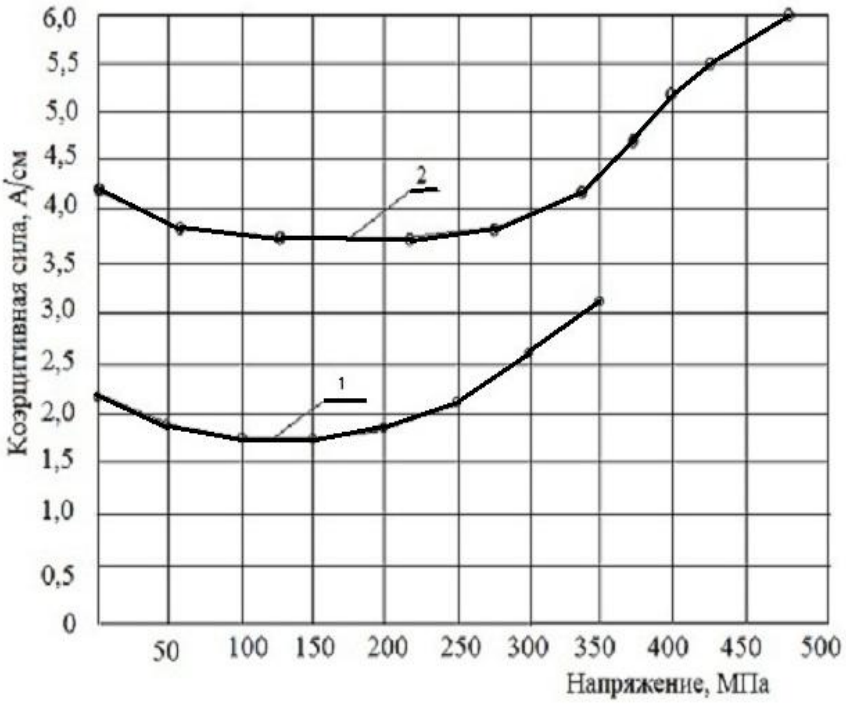


Рис. 2. Изменения Нс в зависимости от напряжения, полученные при растяжении плоских образцов марок сталей 20 (1) и 09Г2С (2)

По-видимому, в определённой мере этот недостаток можно решить, если оценку напряжённого состояния производить по изменению Нс, измеренному в направлении, перпендикулярном к направлению растягивающей силы (рис. 3). Как видно из рис. 3, значения Нс, измеренные в направлении ,перпендикулярном приложенной силе, существенно превышают таковые, измеренные в направлении вдоль приложенной силы. При этом на всём интервале увеличения нагрузки значение Нс = f (σ) возрастает.

Как утверждают авторы [1–3], в процессе их экспериментов реализованы две схемы испытания на растяжение плоских образцов. В первом случае нагрузку увеличивали ступенчато и после каждого приращения нагрузки измеряли коэрцитивную силу в направлении вдоль приложенной растягивающей силы. Во втором – нагрузку наращивали таким же образом, но с последующим разгружением до нуля после каждой очередной ступени нагружения. Величину Нс измеряли после каждого приращения нагрузки и после её снижения до нуля. Приращения величины Нс в разгруженном состоянии служили мерой накопления деформационных измерений в результате каждого такого единичного цикла нагружения-разгружения образца.

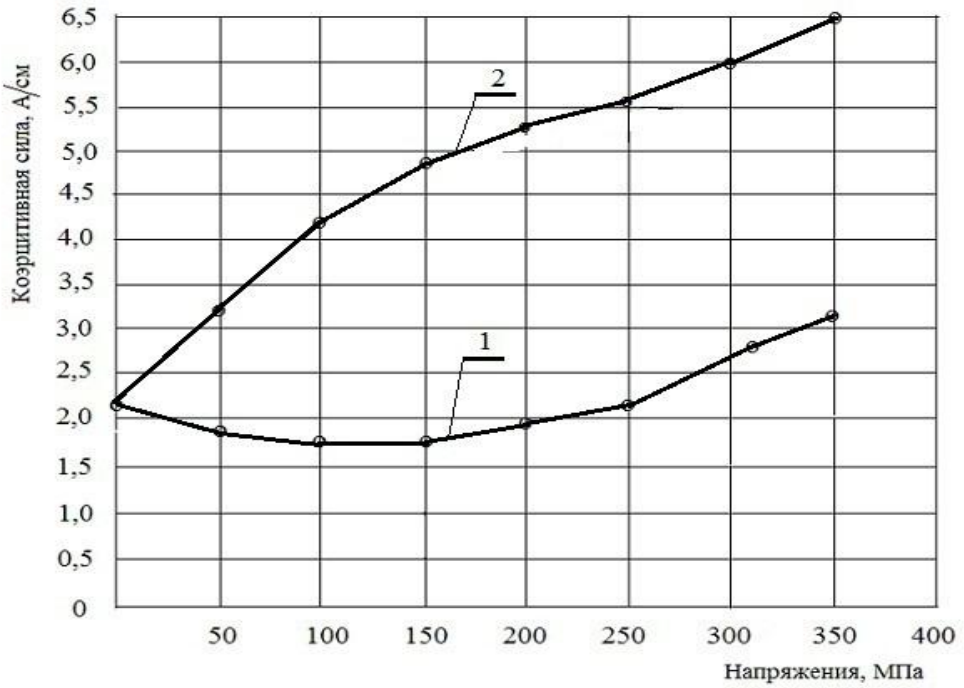


Рис. 3. Кривые Hc=f (σ), полученные при растяжении плоских образцов стали марки 20: 1 – в направлении вдоль приложенной силы; 2 – перпендикулярно к приложенной силе

В результате, утверждают авторы, получена возможность по величине Hc однозначно идентифицировать такие характерные точки диаграммы, как предел текучести и предел прочности. По текущему значению Hc оказалось возможным просто и однозначно установить, какой области этой диаграммы (упругой, упругопластической, зоне разрушения) соответствует структура металла в данный момент. А дальше предлагается следующая методика определения НДС реальной конструкции. Нужно только измерить на реальной конструкции, изготовленной из той же марки стали, что и испытанный плоский образец, значение Hc и по диаграмме растяжения образца (рис. 1) найти величину напряжения, соответствующую измеренной Hc на конструкции. Т.е. принимается допущение, согласно которому в металле обследуемой конструкции в процессе её эксплуатации были накоплены такие же повреждения структуры металла, как в растягиваемом плоском образце. Это необоснованные допущения.

Принимаемое авторами [1–3] допущение имеет непосредственное отношение только к испытанному образцу и не может быть распространено на обследуемую конструкцию, так как это может привести к ошибочным заключениям. Значения Hc одного и того же металла изначально имеют разброс (в ряде случаев довольно большой), обусловленный различными причинам, связанными не только с условиями эксплуатации, но и с технологией изготовлении конструкций.

В подтверждение к сказанному мы провели на Челябинском трубопрокатном заводе (ОАО «ЧТПЗ») измерения значений Нс в различных местах листов стали 17ГС до изготовления из них труб и в тех же местах на готовых трубах после экспандирования.

Измерения на листах до изготовления труб показали, что значения Нс в различных местах одного и того же листа могут отличаться в два раза. Если сначала мы сделаем тарировку на одном образце какой-то марки стали, а потом будем сопоставлять тарировочные данные с Нс, измеренными на конструкции из такой же марки стали (в частности на трубе), мы получим из этого сопоставления не величину напряжения или величину накопленных при эксплуатации повреждений структуры металла, а просто значение Нс для конкретного участка конструкции, на котором произвели измерение. И это значение Нс не говорит о том, какой области диаграммы нагружения соответствует структура металла участка, на котором производили измерение Нс. Надо понимать, что в реальных конструкциях уровень действующих напряжений, как правило, никогда не превышает предела упругости.

Как показали измерения на готовых трубах после их экспандирования, разница значений коэрцитивной силы на листе и в готовой трубе составляет величину ~ (0,8–1,0) А/см, что соответствует приросту значений коэрцитивной силы у образцов, подвергнутых деформации растяжением на величину ~ 1,2 % (величина деформации при экспандировании трубы). Однако авторы [1], обсуждая результаты обследования магистральных газопроводов по предлагаемой ими методике, ничего не говорят о наличии пластических деформаций от экспандирования труб.

О каком НДС конструкции может говорить измеренная на ней величина Нс, если измерения проводятся в ненагруженном состоянии, как в примере с воздухосборниками. Тут авторы [1] противоречат самим себе. Как видно из рис. 1, разгрузка до нуля после всякого нагружения в упругой области возвращает Нс в исходное до нагружения состояние. Возникает вопрос, каким образом может произойти увеличение Нс в процессе эксплуатации конструкции, если по правилам эксплуатации уровень напряжений в ней не может превышать (0,5–0,8) $\sigma_т$ металла, из которого изготовлена конструкция? И если бы авторы измерили значение Нс в упомянутом воздухосборнике в нагруженном (рабочем) и разгруженном состояниях, то они как раз получили бы тот самый уровень упругих напряжений (0,5–0,8) $\sigma_т$ металла, из которого изготовлен воздухосборник. Не может быть в стенках воздухосборника уровень напряжений отличным от напряжений, определяемых внутренним давлением. Иначе говоря, по измеренному на конструкции значению Нс только в нагруженном или только разгруженном состоянии говорить о её НДС беспочвенно. Нужно измерять, по крайней мере, два значения Нс – в нагруженном и разгруженном состояниях.

В частности, при обследовании нефтегазопроводов измерение Нс с целью определения НДС можно совместить с проведением гидроиспытаний.

Недостатком способа [1–3] является и то обстоятельство, что тарировку проводят при нагружении образца одноосным растяжением. Большинство же реальных конструкций, как правило, испытывают сложное напряжённое состояние. В этом случае значение Нс, измеренное в различных направлениях, в зависимости от соотношения компонент напряжённого состояния может изменяться в широких пределах и слабо корреспондироваться с результатами измерения Нс при одноосном напряжённом состоянии. Поэтому переносить результаты измерения Нс, полученные при испытании образцов на одноосное растяжение на реальные конструкции, испытывающие сложное напряжённое состояние, некорректно.

Для устранения недостатков определения НДС по результатам измерения Нс на растягиваемом плоском образце в работах [4, 5] предложено тарировочный образец изготавливать в виде полого цилиндра, а нагружение образца выполнять созданием в нём избыточного внутреннего давления или его изгибом, при этом датчик коэрцитиметра ориентировать таким образом, чтобы направление создаваемого магнитного потока совпадало с направлением действия определяемых напряжений. Результаты этих измерений сопоставляют со значениями Нс, измеренными на натурных конструкциях, например, на трубопроводах, и на основании этого делают заключение о нагруженности трубопровода.

Недостаток этого способа заключается в том, что здесь при всех ступенях нагружения и при всех уровнях внутреннего давления соотношение кольцевого напряжения к осевому остаётся неизменным, равным 2. Такое НДС не соответствует НДС реальных трубопроводов.

Для повышения точности и корректности тарировки коэрцитиметрического прибора в работе [6] авторами настоящего доклада предложен полый крестообразный образец с тонкими стенками (рис. 4). При приложении к нагрузочным плечам крестообразного образца изгибающих моментов в двух взаимно перпендикулярных направлениях в рабочей части (в рабочей пластине) создаётся НДС с соотношением компонент напряжений, определяемым величинами изгибающих моментов. При этом напряжения, действующие в рабочей пластине, могут быть только растягивающими, только сжимающими или представлять комбинацию растягивающих и сжимающих напряжений.

Крестообразный образец состоит из четырёх нагрузочных плечей 1 и двух квадратных пластин, одна из которых, например, верхняя 2, рабочая. Нагрузочные плечи и пластины соединены сварными швами 3. В качестве нагрузочных плечей используют отрезки стальных профильных труб прямоугольного сечения ГОСТ 13663-86, размером BxbxS мм, где B,b,S – ширина, высота и толщина стенки профильной трубы. Длина отдельного плеча L зависит от используемого нагрузочного стенда и может меняться в

широких пределах. Чем больше длина плеча, тем меньше требуемые для создания моментов М1 и М2 величины прикладываемых нагрузок.

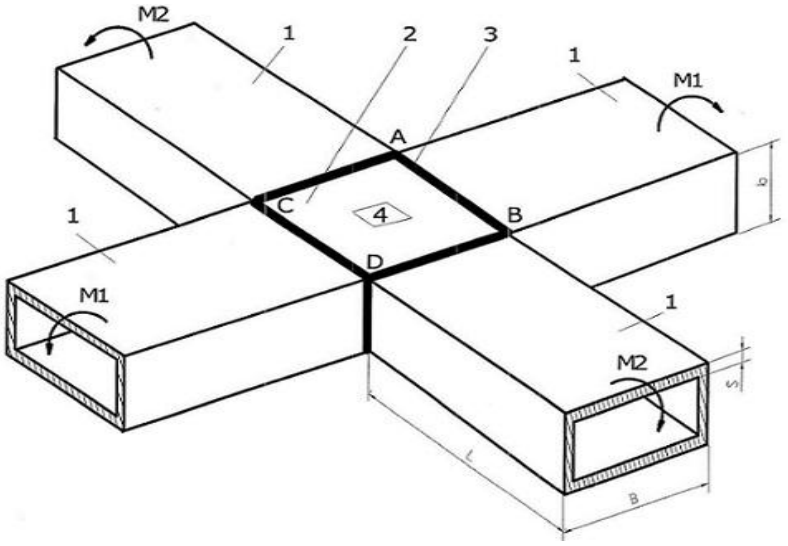


Рис. 4. Крестообразный полый образец

Размеры пластин AB = BD = DC = CA имеют длину, равную ширине профильной трубы в плане (B) и толщину, равную толщине стенки S нагрузочных плечей. В центре рабочей пластины в двух взаимно перпендикулярных направлениях наклеивают тензодатчики перемещений, используемые для установления зависимости между коэрцитивной силой Нс и величинами деформаций (напряжений). Место наклейки датчиков деформации на наружной части рабочей пластины обозначено цифрой 4.

Заключение. При оценке НДС по результатам коэрцитиметричеких измерений принимают необоснованные допущения, снижающие достоверность определения уровня действующих в конструкциях напряжений. Выполненный анализ выявил следующие недостатки известных методик:

1. Допущение, согласно которому в металле обследуемой конструкции в процессе её эксплуатации накопливаются такие же повреждения структуры металла, как в растягиваемом плоском образце, ошибочно. Это допущение имеет непосредственное отношение только к испытанному образцу и не может быть распространено на обследуемую конструкцию, так как значения Нс одного и того же металла изначально имеют разброс, обусловленный различными причинами, связанными не только с условиями эксплуатации, но и с технологией изготовления конструкций.

2. Большинство реальных конструкций, как правило, испытывают сложное напряжённое состояние. В этом случае значение Нс, измеренное в различных направлениях, в зависимости от соотношения компонент напряжённого состояния может изменяться в широких пределах и слабо корреспондироваться с результатами измерения Нс при одноосном напряжённом состоянии. Поэтому переносить результаты измерения Нс,

полученные при испытании образцов на одноосное растяжение, на реальные конструкции ошибочно.

3. Для повышения точности и корректности тарировки коэрцитиметрического прибора в работе предложен полый крестообразный образец, нагружаемый изгибающими моментами в двух взаимно перпендикулярных направлениях, позволяющий создавать НДС с любым соотношением компонент напряжений.

Библиографический список

1. Безлюдько, Г.Я. Магнитный контроль (по коэрцитивной силе) напряжённо-деформированного состояния и остаточного ресурса стальных металлоконструкций / Г.Я. Безлюдько, В.Ф. Мужицкий, Б.Е. Попов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов № 9. – Т. 65. – С. 53–57.

2. Мужицкий, В.Ф. Магнитный контроль напряжённо-деформированного состояния и остаточного ресурса стальных металлоконструкций подъёмных сооружений и сосудов, работающих под давлением / В.Ф. Мужицкий, Б.Е. Попов, Г.Я. Безлюдько // Дефектоскопия. – 2001. – № 1. – С. 38–46.

3. РД ИКЦ «КРАН»-007-97 Магнитный контроль напряжённо-деформированного состояния и остаточного ресурса подъёмных сооружений при проведении их обследования и техническом диагностировании.

4. Бердник, М.М. Исследование влияния плоского напряжённого состояния на изменение магнитных характеристик трубных сталей / М.М. Бердник, Ю.В. Александров, Р.В. Агиней // Наука в нефтяной и газовой промышленности. – 2010. – № 3. – С. 2–6.

5. Пат. РФ № 2439530 Способ определения механических напряжений в стальных конструкциях / Ю.В. Александров, Р.В. Агиней, А.С. Кузьбожев, М.М. Бердник. – Опубл. 10.01.2012. Бюл. № 1.

6. Пат. РФ на полезную модель № 161083 Образец для тарировки коэрцитиметра при плоском напряжённом состоянии / Н.Л. Зайцев. – Опубл. 10.04.2016. Бюл. № 10.

К содержанию

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК 621.315.14 + 614.825

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ ЛИНИИ 0,4 кВ, ВЫПОЛНЕННОЙ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНЫМИ ВОЗДУШНЫМИ ЛИНИЯМИ, ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТНОШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ К ОБРАТНОЙ В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБРЫВА НУЛЕВОГО ПРОВОДА

А.Е. Анчугов

Приведены данные о влиянии несимметрии нагрузок фаз на электробезопасность в сетях напряжением 380 В с неизолированными проводами при возникновении аварийных режимов. Исследовано влияние длины линии на эффективность обнаружения обрывов нулевого провода при использовании рассматриваемого критерия. Установлена критическая длина линии, при которой сохраняется его эффективность при заданных параметрах сети.

Ключевые слова: воздушная линия электропередач, обрыв, несимметрия, нулевой провод, электробезопасность.

Жизнь современного человека невозможно представить без электроэнергии, которая стала одним из основных благ цивилизации. Однако эта энергия, несмотря на все достижения науки и техники, не всегда абсолютно подвластна человеку и может представлять угрозу жизни и здоровью людей. Особое внимание в этом вопросе следует уделить безопасности населения и сетям 0,4 кВ, ведь именно с ними в основном и взаимодействует общество в своей повседневной деятельности. Данные сети имеют различное исполнение – в городских условиях, при большой стесненности они преимущественно выполняются кабельными линиями. В других случаях, руководствуясь экономической целесообразностью, используют воздушные линии электропередач. Воздушные линии в свою очередь также выполняются изолированными или неизолированными проводами. В качестве изолированных проводов наиболее часто используется самонесущий изолированный провод, использование которого позволяет повысить надежность и безопасность работы сети, однако сейчас существует большое количество воздушных линий 0,4 кВ, выполненных неизолированными проводами. Кроме того, реконструирование таких сетей и замена их на линии с изолированными проводами требуют значительных капитальных вложений и времени на их проведение. Поэтому исследование и обеспечение безопасности сетей с неизолированными проводами является актуальной проблемой. Следует также отметить, что практически все ВЛ-0,38 кВ, выполненные неизолированными проводами, представляют собой элек-

трическую сеть с совмещенным нулевым рабочим и нулевым защитным проводниками, поэтому обрывы нулевого провода при наличии несимметрии нагрузок фаз в сети также может нести угрозу жизни и здоровью людей. Анализ статистических данных аварийных отключений электрических сетей напряжением 380 В, приведенных в различных источниках, показывает, что наиболее частыми повреждениями в сельских распределительных сетях и посёлках городского типа являются обрывы фазных и нулевого проводов, короткие замыкания и замыкания на землю. Удельный вес отдельных повреждений в тех или иных районах страны зависит от климатических и природных условий, состояния и конструкции сетей, особенностей эксплуатации [2, 3, 4, 5]. Воздушные электрические сети напряжением 380 В – самый ненадёжный элемент системы электроснабжения. Гололёд, сильный ветер, при котором в результате схлёстывания проводов возможно их перегорание или перетирание в местах крепления к изолятору, а также наезд техники создают условия для обрыва проводов и поражения людей и животных электрическим током [3, 4]. Анализ аварийной статистики, приведенной в литературе, показывает, что ежегодно на 100 км линий 380 В приходится 40–50 повреждений, причём около 62 % из них опасны для людей и животных [3]. Примерно 40 % всех повреждений воздушных линий составляет обрыв фазного и нулевого проводов.

Для исследования сетей 0,4 кВ, выполненных неизолированными проводами, и поиска критериев обнаружения аварийных режимов была использована компьютерная модель сети в среде Simulink программы MATLAB, основываясь на работе [6].

Внешний вид модели в интерфейсе программы представлен на рис. 1.

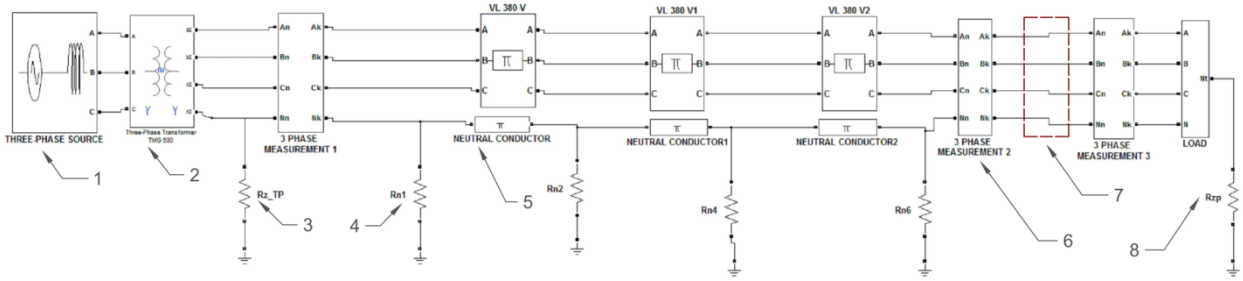


Рис. 1. Компьютерная модель для исследований, созданная в программе MATLAB: 1– трехфазный источник, 2 – силовой трансформатор, 3 – сопротивление заземляющего устройства подстанции, 4 – повторные заземлители, 5 – четырехпроводная воздушная линия, 6 – измерительный элемент, 7 – место обрыва нулевого провода, 8 – сопротивление его заземляющего устройства потребителя

Компьютерная модель моделирует электрическую сеть напряжением 380 В с глухозаземлённой нейтралью и применением системы зеземленя TN-C. Особенностью этой системы является то, что нулевой рабочий проводник N и нулевой защитный проводник PE совмещены в один провод,

что приводит к возможности появления фазного напряжения на корпусах электроустановок при обрыве нулевого провода. Несмотря на это данная система широко используется. Согласно ПУЭ в электроустановках с глухо заземленной нейтралью нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока должны быть заземлены, причем сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтраль трансформатора, должно быть не более 4 Ом. Кроме того, согласно [1], при числе грозовых часов в году не более 40 необходимо устройство повторных заземлителей через каждые 200 м сопротивлением не более 30 Ом, что и было реализовано в компьютерной модели сети, в которой четырёхпроводная ВЛ напряжением 380 В с нагрузкой в конце, выполненная проводом АС-120, питается от трансформатора мощностью 630 кВА со схемой соединения обмоток Y/Y_0.

В ходе исследования критерия было проведено множество измерений в различных режимах работы сети. На рис. 2 показаны максимальные значения отношения U_0/U_2, полученные в результате обработки экспериментальных данных при различных режимах работы ВЛ.

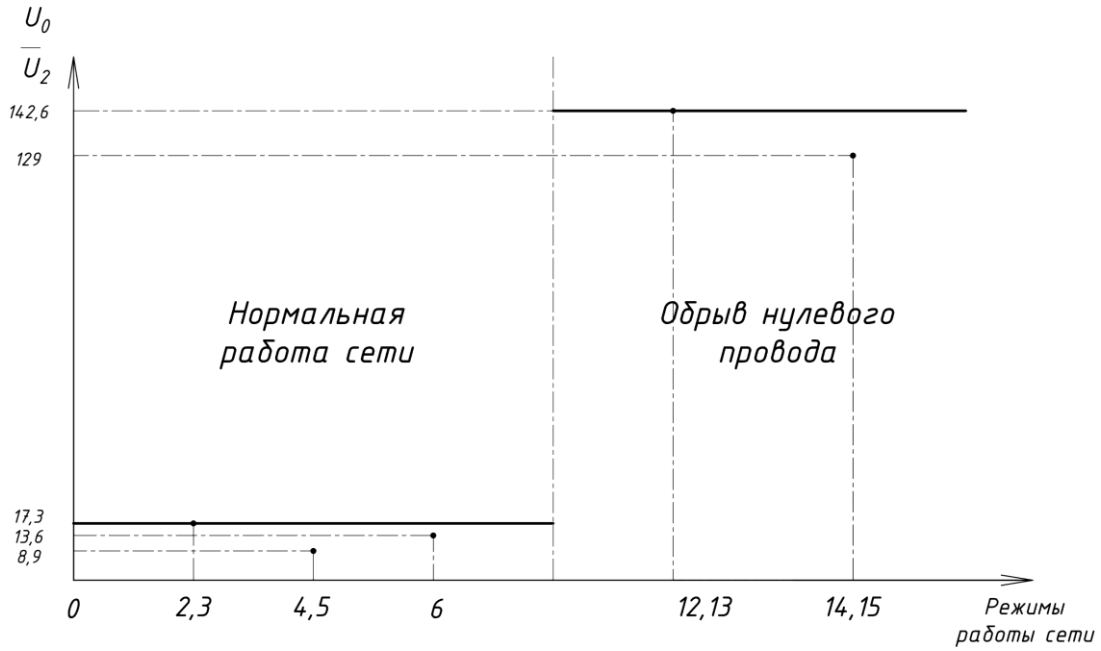


Рис. 2. Значения критерия в различных режимах работы сети

Режимы работы сети, представленные на оси абсцисс рис. 2, имеют следующие характерные особенности: 2, 3 – все провода ВЛ целы; 4, 5 – в одной из фаз потребителя отключен автоматический выключатель, установленный за счётчиком электроэнергии; 12, 13 – фазные провода целы, нулевой провод оборван; 14, 15 – нулевой провод оборван и в одной из фаз потребителя отключен автоматический выключатель.

Важным фактором для работы критерия оказалась длина воздушной линии, через которую получает питание потребитель. Так с увеличением длины воздушной линии, питающей потребителя, значения выбранного отношения напряжений значительно уменьшаются.

На рис. 3 показаны зависимости максимальных и минимальных значений U_0/U_2, зафиксированных в нормальных режимах работы сети (кривые 3 и 4 соответственно), и минимальных значений в режимах работы с оборванным нулевым проводом (кривые 1, 2).

При уменьшении длины происходит резкое увеличение значения отношения напряжения нулевой последовательности к напряжению обратной последовательности, в частности при уменьшении длинны линии с 500 до 100 м абсолютный экстремум возрастает с 142,6 до 951. Также было отмечено, что при обрыве нейтрального провода этот рост существенно увеличивается, а с увеличением длины линии значения в аварийном и нормальном режимах могут накладываться. Поэтому для определения эффективной зоны действия критерия была определена критическая длина линии, при превышении которой возможны ложные обнаружения обрывов нулевого провода.

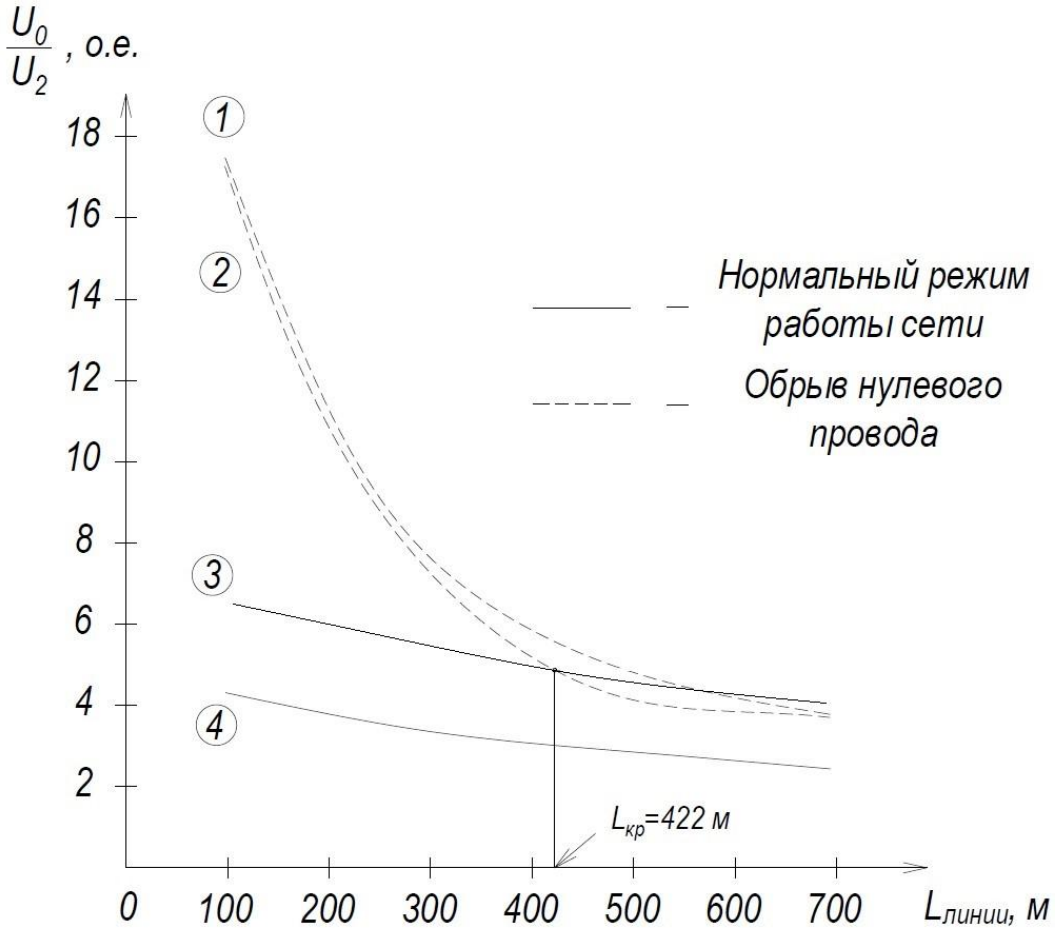


Рис. 3. Зависимости отношений U_0/U_2
от длины линии при заданных параметрах

На рис. 3 пунктирной линией обозначены зависимости, полученные при моделировании обрывов нулевого провода, сплошными линиями – зависимости в нормальном режиме. Цифрами обозначены различные сочетания мощностей по фазам нагрузки, например, 1 – P_a=5 кВт, P_b=50 кВт, P_c=50 кВт; 2 – P_a=45 кВт, P_b=50 кВт, P_c=50 кВт; 3 – P_a=5 кВт, P_b=5 кВт, P_c=50 кВт; 4 – P_a=5 кВт, P_b=50 кВт, P_c=50 кВт. Точка пересечения зависимостей в нормальном и аварийном режимах позволяет определить критическую длину линии, при которой рассматриваемый критерий сохраняет свою эффективность.

Заключение. В ходе проведения экспериментов по выявлению критерия, который позволил бы эффективно выявлять обрывы нулевого провода, было установлено, что отношение напряжения нулевой последовательности к напряжению обратной последовательности может быть принято в качестве критерия распознавания обрывов нулевого провода. Однако этот критерий не является абсолютно эффективным, потому что при увеличении длины линии значения рассматриваемого отношения при обрывах нулевого провода накладываются на значения данного критерия в нормальных режимах. На первом этапе работы была определена критическая длина линии, при которой обнаружение обрывов нулевого проводника в простейшей линии производится без ложного сигнализирования. Было установлено, что в простейшей сети с удаленным потребителем, при заданных параметрах, данный критерий работает эффективно при длине линии примерно до 422 м.

Следует также отметить, что обрыв нулевого провода может нести вред здоровью только при значительном уровне несимметрии, создающем относительно большое напряжение между нейтральным проводником и землей. Согласно [1], это напряжение не должно превышать 50 В. Вследствие чего, необнаружение критерием обрыва нулевого провода при незначительном напряжении между нейтральным проводом и землей является допустимым с точки зрения электробезопасности, что в свою очередь может позволить увеличить длину линии, при которой критерий будет работать успешно.

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – СПб.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 980 с.

2. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

3. Левин, М.С. Анализ несимметричных режимов сельских сетей 0,38 кВ / М.С. Левин. – М.: Изд-во Электричество, 1999. – 67 с.

4. Никольский, О.К. Системы обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве / О.К. Никольский. – М.: Изд-во «Алтай», 1977. – 192 с.

5. Мотуско, Ф.Я. Защитные устройства в электроустановках / Ф.Я. Мотуско. – М.: Энергия, 1985. – 200 с.

6. Валеев, Р.Г. Моделирование электрической сети напряжением 380 В с воздушными линиями в программной среде MATLAB–SIMULINK / Р.Г. Валеев, А.В. Млоток, А.М. Ершов, А.И. Сидоров // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9–10. – С. 116–128.

К содержанию

УДК 621.314 + 517.9

A WAY OF THE AC MACHINE STATOR CURRENT DECREASING

V.S. Goon, A.A. Bakin, E.V. Litvinova

The AC machines have become most popular with their relative simple design and high reliability in work. It is known that in AC machine with torques less nominal position there is a possibility to decrease the stator current for varying the voltage [1]. For varying voltage magnitude with constant frequency it is possible to decrease the stator current when the AC machine is idling or loaded tow-three times less nominal.

Key words: the AC machine stator current decreasing, the voltage magnitude with constant frequency, the thyristor convertor of alternating voltage.

When the work conditions demand for the AC machine to act with the load less nominal or has the work regime S6 [2] it is worth to use the AC machine controlled by the voltage magnitude with constant frequency.

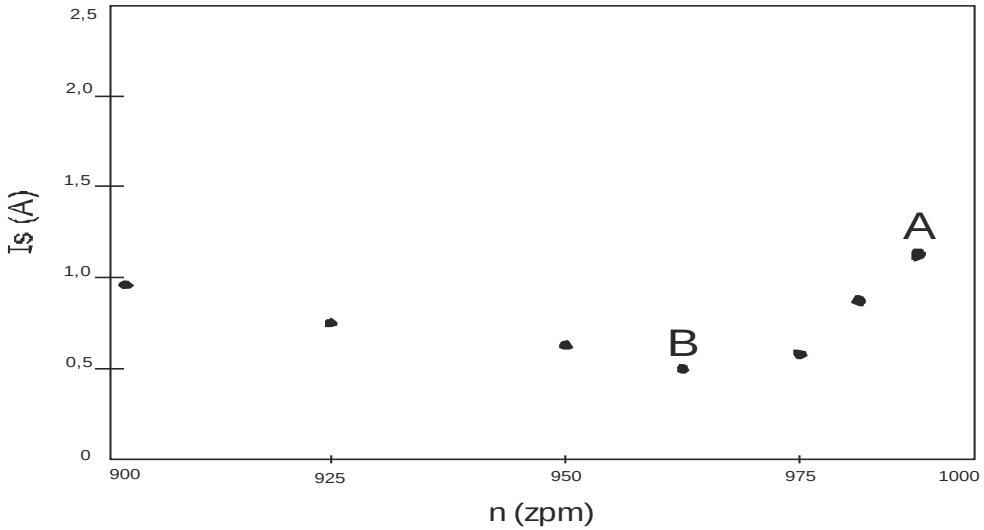
The simple example of such a system can be the AC machine controlled by the thyristor convertor of alternating voltage (TCAV). It is known [3] that the ask of AC machine optimization work with the stator current minimum is the task of the extremal controlling and such systems by the way of approaching the minimum divides into two types:

1) the system with the set up controlling characteristic;

2) the system with the automatic minimum searching.

For the practical realization the systems of the second type it is necessary to create such a system that can automatically find the current minimum for the every loading. It is expensive and the more accuracy must be the more expensive system is. Therefore for practice it is worth to use the first type system. Such systems have the controlling characteristic close to optimal and are the suboptimal system. The conclusion is any way of the energetic optimization of the AC machine use (with the minimum loss, the station current minimum, the power input minimum) can be realized with the constant slip (rotation).

As an example of realization the above mentioned system is the system with the slip (rotation) and stator current feedbacks, at department of electrical engineering the South Ural State Univ. Russia coordination with the US university of Detroit (prof. Gladyshev S.P.) the researching have been fulfilled and it has been found out that the optimal way of the AC machine controlling (with the stator current minimum) occurs when the AC machine works with slip less nominal (rotation more nominal). A practical specimen of the suboptimal AC machine controlling system with the rotation feedback that works with the constant set up signal has been designed. As a voltage convertor the thyristor voltage converter has been used. The set up signal is chosen up to the condition of the stator current (or the closest to it) minimum ensuring when the AC machine is idling. En use was the AC machine: Pnom = 1.1 kWt; Nnom = 920 rpm, the results of experiment are shown on fig.



Stator current versus speed characteristic

The AC machine is idling at point A with the nominal voltage. Consequently the voltage magnitude is fallen down. The control points are shown on fig. The stator current is started to decrease approaching to the minimum at the point B. The further decreasing of the voltage magnitude leads to a small increasing the stator current. The experiments allows to release the fallowing: at the point A – Is = 1.25 A, at the point B – Is = 0.6 A.

For the AC machine that often acts idling there is a possibility to ensure the energy economy by creating the closed system “voltage converter – AC machine” with the rotation feedback. The magnitude of the energy economy depends on the AC machine power. The more power the more energy can be saved by the system.

References

1. Gladyshev S.P. , Gladyshev P.S. , Bakin A.A. The dynamic of the control loops of the alternating voltage thyristor converter. Int. Conf. – The aynamic of the non – lenear system. The trinity college, Dublin, Ireland, 1995.

2. Rotating electrical machines : nominal data and working characteristics. GOST 281173-83 E. M.: 1989, p. 2–51.

3. Petrov L.P. thyristor voltage converters for the AC machines. – M.: energyatompull, 1986. – 199 p.

К содержанию

УДК 621.314 + 517.96

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСКРЕТНОГО КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО ЛИНЕЙНОМУ ПРИБЛИЖЕНИЮ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ

В.С. Гун, А.А. Бакин, Е.В. Литвинова

Рассматривается метод, позволяющий проводить анализ динамических свойств замкнутого контура регулирования любого порядка при дискретном сигнале управления. Используя систему нелинейных разностных уравнений, описывающих замкнутый контур регулирования, определяют коэффициенты линейного приближения матрицы, характеризующей свободное движение, затем вычисляются собственные значения матрицы, строится корневой годограф, по которому определяются границы устойчивой работы контура, а также анализируется длительность переходных процессов.

Ключевые слова: дискретный контур регулирования, анализ динамических свойств, линейное приближение разностных уравнений, собственные значения матрицы, корневой годограф.

При исследовании простейшего контура регулирования замкнутой системы управления, например простейшего контура регулирования тока с RL-нагрузкой были выявлены следующие особенности: в случае непрерывного токового режима этот контур всегда устойчив, при прерывистом токовом режиме в контуре могут возникать неустойчивые режимы [5]. Аналогичные особенности физических процессов лежат в основе динамических свойств контура регулирования тока асинхронного двигателя (АД) при управляемом пуске АД с помощью тиристорного преобразователя напряжения (ТПН). Дискретные системы с нелинейной импульсной частью исследуются как непрерывные, если несущая частота значительно превышает частоту среза [1]. В случаях, когда дискретным характером работы системы пренебречь нельзя, используются методы, основанные на рассмотрении нелинейных разностных уравнений [2, 3, 4], которые наиболее

подходят для исследования рассматриваемого класса систем. Здесь следует отметить следующее: исследование устойчивости на основе нелинейных разностных уравнений производится по первому и второму методам Ляпунова. Первый метод Ляпунова рассматривает условия устойчивости системы в окрестности произвольной точки установившегося режима и определяет необходимые условия устойчивости. Второй метод Ляпунова определяет достаточные условия устойчивости. В работах [4, 5] были сформулированы и доказаны дискретные аналоги теорем Ляпунова об исследовании устойчивости систем, описываемых нелинейными разностными уравнениями по их линейному приближению. В [4] показано, что исследование по линейному приближению разносных уравнений в отличие от других методов позволяет не только определить области с необходимыми условиями устойчивости, которые в некоторых случаях могут быть достаточными, но и получить представление о качестве переходного процесса, например о быстродействии:

– дифференциальных уравнений с разрывными правыми частями [3]. С помощью этого метода можно сформулировать достаточные условия устойчивости систем. Метод подходит для исследования широкого класса систем, но остается нераскрытым вопрос о запасе устойчивости конкретной системы, входящей в этот класс;

– суммарных уравнений, с помощью которых можно получить реккурентные соотношения и с помощью ЭВМ рассчитывать процессы в дискретных системах;

– гармонического баланса. Этот метод применим для широкого класса систем. Особенно он подходит для исследования периодических режимов, возникающих в системах, так как позволяет определить амплитуду и частоту периодических режимов;

– дискретной фазовой плоскости [2]. Этот метод является точным, но применим лишь для исследования систем первого и второго порядков;

– точечных преобразований;

– функционального анализа [2] и других методов.

В рассматриваемом классе систем регулирования можно выделить три основные части:

– импульсную (ИЧ), работа которой зависит от силовой схемы преобразователя;

– непрерывную (НЧ), работа которой зависит от свойств электрических элементов нагрузки преобразователя и рабочего механизма, в состав которого входит преобразователь;

– логическую (ЛЧ), работа которой зависит от закона модуляции, реализуемого в схеме управления преобразователя.

Параметры ИЧ изменяются дискретно от периода к периоду работы систем. Среднее за период значение импульсного сигнала несет полезную информацию о динамике системы и может изменяться в результате вариа-

ции одного или нескольких параметров импульса. В общем случае параметры могут принимать значения из некоторого множества (непрерывного или дискретного).

Нелинейность ИЧ рассматривается с позиции всей замкнутой дискретной системы регулирования. Она может быть обусловлена за счет вариации какого-либо параметра (например, длительности периода работы, амплитуды импульсов по нелинейному закону) или нескольких параметров одновременно. Так, в системе регулирования ТПН-АД ИЧ представляет собой отрезки синусоидального напряжения, вырезанные из разных участков синусоиды. Изменяемый параметр в данном случае – угол регулирования α.

Импульсный сигнал поступает на НЧ, которая, в общем случае, представляет собой систему линейных дифференциальных уравнений n-го порядка.

Выходной сигнал НЧ является основным информационным сигналом дискретной системы, а также сигналом обратной связи замкнутого контура. Он сравнивается с сигналом здания на входе и их разность подается на вход ЛЧ, которая определяет логику управления изменяемым параметром ИЧ.

Математический аппарат нелинейных разностных уравнений является естественным при описании систем ТПН-АД, что будет показано ниже, причем в качестве независимой переменной разностных уравнений в этом случае целесообразно использовать порядковый номер дискретности, а не длительность периода. Длительность периода, выступающая как независимая переменная, повышает порядок разностного уравнения, описывающего дискретную систему на единицу по сравнению с порядком дифференциального уравнения НЧ.

Существуют две нижеперечисленные особенности в описании систем с помощью разностных уравнений, которые необходимо учитывать.

Первая состоит в том, что трудно, а часто и просто невозможно выделить нелинейную часть в виде отдельного звена и оценить характер этой нелинейности из-за неравномерности периода работы ИЧ или неравномерности длительности импульса в интервале периода [4]. Эту нелинейность можно выделить и изучить только в простейших системах, описываемых разностным уравнением 1-го порядка. Эта особенность затрудняет изучение характера нелинейности и ее учет при расчете дискретно-управляемых преобразователей. Неравномерность временного параметра зависит от ЛЧ преобразователя, следовательно, и нелинейность должна зависеть от логики управления импульсной частью.

Вторая особенность состоит в том, что нелинейные разностные уравнения, описывающие рассматриваемый класс систем, часто записываются в неявном виде, что затрудняет анализ и синтез регулируемых преобразователей.

Существует еще третья особенность, которая состоит в дискретном характере работы рассматриваемого класса систем и связана со способом описания (с помощью дифференциальных уравнений). При использовании нелинейных разностных уравнений эта особенность автоматически учитывается, так как нелинейные разностные уравнения описывают как раз дискретные системы.

При описании исследования динамики контуров регулирования системы ТПН-АД с помощью нелинейных разностных уравнений за основу берется методика, изложенная в [5] с учетом особенностей, исходя из физических соображений о характере работы рассматриваемой системы. Согласно этой методике, перед составлением системы разностных уравнений устанавливают число независимых переменных, характеризующих состояние контура регулирования АД в дискретные моменты времени.

Затем записывается система дифференциальных уравнений, описывающая замкнутый контур в пределах одного периода, которая в нашем случае имеет вид:

$$y' = Ay + c(t), \quad (1)$$

где y – вектор переменных, характеризующих состояние контура; A – квадратная матрица постоянных коэффициентов k-го порядка; c(t) – вектор входных переменных, которые в данном случае являются синусоидальными функциями времени.

Правая часть системы (1) включает описание формы выходного сигнала ИЧ, действующей в рассматриваемом интервале времени.

После этого составляется система нелинейных разностных уравнений, описывающая разомкнутый контур и устанавливающая аналитическую связь между дискретными значениями переменных в (n+1)-м периоде и значениями этих же переменных в соответствующий момент n-го периода. С этой целью находится аналитическое решение системы дифференциальных уравнений (1), приняв в качестве начальных условий значения переменных в n-м периоде:

$$y = e^{A(t-t_n)}y_n + \int_{t_n}^{t} e^{A(t-\tau)}c(\tau)d\tau, \quad (2)$$

где y_n – значения переменных состояния в начале периода; $t_n=\alpha_n/\omega$; функциональный вектор, элементы которого представляют собой сумму произведений экспоненциальных и синусоидальных функций; α_n – угол управления в n-ом периоде.

Подставив в это решение значения переменных в конце периода (при $t_{n+1}=\alpha_{n+1}/\omega$), получается искомая система нелинейных разностных уравнений:

$$y_{n+1} = e^{A\left(\frac{\alpha_{n+1}-\alpha_n}{\omega}\right)}y_n + \int_{\frac{\alpha_n}{\omega}}^{\frac{\alpha_{n+1}}{\omega}} e^{A\left(\frac{\alpha_{n+1}}{\omega}-\tau\right)}c(\tau)d\tau. \quad (3)$$

В полученной системе нелинейных разностных уравнений независимой дискретной переменной считается порядковый номер дискретности.

В систему нелинейных разностных уравнений (3) входят уравнения, описывающие НЧ и ИЧ.

В установившемся режиме (при $t_n=\alpha_0/\omega=t_{n+1}=\alpha_0+2\pi/m\omega$; $\alpha_n=\alpha_0$; $\alpha_{n+1}=\alpha_0+2\pi/m$; $y_n=y_{n+1}=y_0$, где m – число фаз силовой схемы) система (3) имеет вид:

$$y_0 = \frac{1}{E-e^{A(\frac{2\pi}{m\omega})}} \int_{\frac{\alpha_0}{\omega}}^{(\frac{\alpha_0}{\omega})+(\frac{2\pi}{m})} e^{A\left(\frac{\alpha_0}{\omega}+\frac{2\pi}{m}-\tau\right)} c(\tau)d\tau. \quad (4)$$

Здесь E – единичная матрица.

Выражение (4) используется при линеаризации в окрестности точки установившегося режима.

В (2) выражение вида $\exp[A(t-t_n)]$ называется матричным экспоненциалом. Его элементы определяются путем решения системы дифференциальных уравнений (1) одним из методов, например, классическим, аналитическим, спектральным и методом, основанным на численном интегрировании системы дифференциальных уравнений.

Анализ динамических свойств дискретного контура регулирования проводится по следующей схеме:

– записывается система нелинейных разностных уравнений, описывающих замкнутый контур регулирования;

– вычисляются коэффициенты линейного приближения матрицы, характеризующей свободное движение;

– вычисляются собственные значения матрицы, строится корневой годограф;

– определяются границы устойчивости контура, его быстродействие.

Библиографический список

1. Булгаков, А.А. Новая теория управляемых выпрямителей / А.А. Булгаков. – М.: Наука, 1970. – 320 с.

2. Видаль, П. Нелинейные импульсные системы / П. Видаль. – М.: Энергия, 1974. – 336 с.

3. Гелиг, А.Х. Устойчивость нелинейных систем с единственным состоянием равновесия / А.Х. Гелиг, Г.А. Леонов, В.А. Якубович. – М.: Наука, 1978. – 400 с.

4. Гладышев, С.П. Расчет нелинейных систем на ЭВМ / С.П. Гладышев. – М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.

5. Gladyshev S.P., Gladyshev P.S., Bakin A.A. The dynamic of the control loops of the alternating voltage thyristor converter // Int. Conf. – The Dynamic of the nonlinear systems. The Trinity College, Dublin, Ireland, 1995.

К содержанию

УДК 628.953(470.5) + 628.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОПЕРЕДАЧИ СОЛНЕЧНОГО СВЕТОВОДА С УЧЕТОМ СВЕТОКЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЮЖНОГО УРАЛА

О.С. Волкова

Рассмотрены факторы, влияющие на величину освещенности внутри помещения от солнечных световодов, для условий Южного Урала. Представлен расчет эффективности совмещенного освещения от световодов и светодиодных светильников.

Ключевые слова: солнечный световод, светодиодное освещение, естественное освещение, совмещенное освещение.

Системы освещения крупных сооружений достаточно энергозатратны, что связано с обеспечением равномерного освещения по всей поверхности в соответствии с нормативными документами. Экономия в системе освещения достигается за счет снижения времени использования осветительных устройств или уменьшения их мощности. Последнего можно добиться, используя современные энергосберегающие источники света и/или путем регулирования светового потока в зависимости от уровня освещенности в помещении. Применяя в помещении источники естественного света, можно добиться экономии электроэнергии от светильников, используя оба указанных направления энергосбережения [1]. Причем с увеличением площади светопроемов уменьшается доля электроэнергии, затраченной на освещение, но, с другой стороны, увеличиваются энергозатраты на отопление и кондиционирование [2]. Альтернативой к решению данной проблемы является установка солнечных световодов, позволяющих проводить свет на расстояния путем многократных отражений внутри светоотражающего канала.

С целью исследования эффективности применения световодов в зданиях в условиях Южного Урала приведен пример проектирования совмещенного освещения, выполненного от солнечных световодов и светильников со светодиодными лампами.

Расчет представлен для коридора без традиционных светопроемов, площадью 30 м^2, высотой 2,5 м, нормируемая освещенность от искусственного освещения составляет не менее 150 лк, эксплуатируемого в нормальных условиях окружающей среды [3, 4].

Для обеспечения равномерного освещения в помещении рекомендуется установить два световода диаметром 400 мм, длиной 10 м, коэффициент отражения светового канала – 98 %, коэффициенты пропускания купола и рассеивателя соответственно 0,9 и 0,8 [5, 8]. Искусственное освещение выполняется пятью светильниками со светодиодными лампами мощностью

5 Вт, обеспечивающими нормируемую освещенность 150 лк [3]. Освещенность в помещении согласно [4] определяется по формуле:

$$E_{вн} = 0{,}01 \cdot k \cdot E_г \cdot e. \quad (1)$$

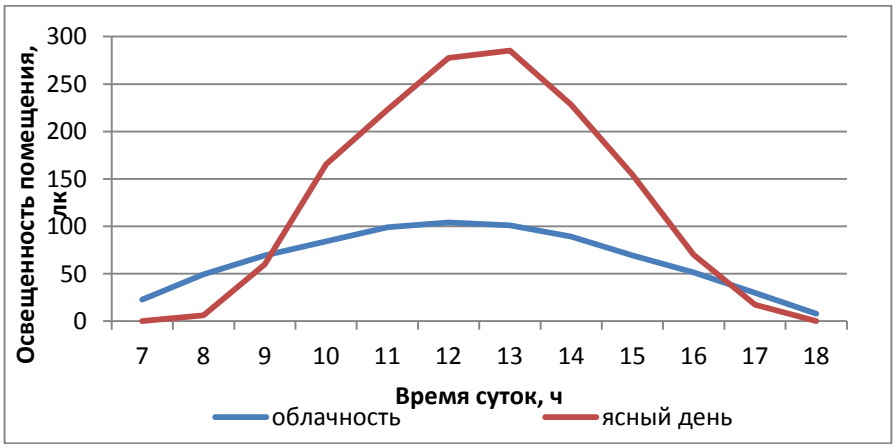
где $E_г$ – наружная освещенность горизонтальной поверхности, лк; e – геометрический коэффициент естественной освещенности (КЕО), определяется согласно методике, представленной в [4]; с учетом установки световодов вместо традиционных светопроемов в формулу вводится коэффициент эффективности световодов k, который определяется [5–7]:

$$k = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot k_1 \cdot k_2 \frac{e^{tg\theta \cdot ln\rho \cdot l/D}}{(1 - tg\theta \cdot ln\rho \cdot l/D)^{0,5}}, \quad (2)$$

где τ_1, τ_2 – коэффициенты пропускания купола и светорассеивающего плафона световода; k_1 – коэффициент концентрации солнечных лучей в световоде; k_2 – коэффициент эксплуатации; θ – угол входа лучей в световод; град; ρ – коэффициент отражения светоотражающего канала; l, D – длина и диаметр светового канала, м.

Проанализировав формулу 2, видим, что световой поток зависит от угла входа солнечных лучей в световод и наружной освещенности, которые меняются в течение суток и года и зависят от широты местности. Кроме того, наружная освещенность в пасмурный день значительно ниже, чем в ясный солнечный день.

При проектировании систем естественного света в Челябинской области принимают наружную освещенность при пасмурном небе, но при исследовании энергоэффективности внедрения солнечных световодов необходимо учитывать экономию электроэнергии и в ясный солнечный день, так как освещенность рабочей поверхности в помещении, созданная световодами, будет значительно выше. На рис. показана зависимость освещенности внутри помещения в марте месяце, аналогичная ситуация будет и в другие месяцы.



Зависимость освещенности помещения от времени суток и облачности для марта в г. Челябинске

Применение световодов диаметром 400 мм в пасмурный день не всегда обеспечивает требуемый уровень освещения, в любое время года. В такие дни необходимо включать дополнительное искусственное освещение.

При выполнении освещения только светодиодными лампами (в помещении без естественного света) в течение рабочего дня (с 8–00 до 19–00) будет затрачено 100,3 кВт·ч за год. Применение солнечных световодов несколько снизит энергопотребление и составит 70,42 кВт·ч за год. Наиболее выгодным будет внедрение системы автоматического регулирования светового потока лампы, что позволит уменьшить энергопотребление до 40,6 кВт·ч/год, т.е. на 60 %.

Выводы. Проведенные исследования показали, что установка солнечных световодов позволит снизить затраты на электроэнергию, потому что снижается время использования искусственного освещения. Внедрение автоматического регулирования световым потоком светодиодного светильника, работающего совместно со световодом, позволит снизить энергозатраты на 60 %.

Библиографический список

1. Kirpichnikova I.M. The use of solar optical fiber to the pub-LIC buildings the illuminance in the southern Urals / I.M. Kirpichnikova, O.S. Volkova, A.A. Maliugina // Original research article Procedia Engineer-ing. 2015. Vol. 129. Pp. 195–200.

2. Палагин, А.В. Сравнение систем естественного освещения зданий по функционально-энергетическим факторам / А.В. Палагин, А.И. Стерхов, Е.В. Корепанов // Энергетика. Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 2 (24). – С. 191–194.

3. СНиП 23–05–95*. «Естественное и искусственное освещение». Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России). – М., 2003.

4. СП 23–102–2003. «Естественное освещение зданий». Свод правил по проектированию и строительству. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95. – М., 2005.

5. Соловьев, А.К. Полые трубчатые световоды и их применение для естественного освещения зданий / А.К. Соловьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 2. – С. 53–55.

6. Chao B.L. Solartube performance and pay back analysis / B.L. Chao // International report STI. July 29. 1996. Pp. 138–142.

7. Бракале, Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной световодной системы «Solarspot» / Дж. Бракале // Светотехника. – 2005. – № 5. – С. 34–42.

8. URL: http://www.solatube.com/residential/technology.

К содержанию

УДК 697.133 + 699.82

ВЛИЯНИЕ ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ И ВЛАГОНАСЫЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА НА СВОЙСТВА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

О.С. Волкова, Т.С. Смолина

В работе изложено влияние паропроницаемости и влагонасыщения на материалы ограждающих конструкций и их качественные характеристики.

Ключевые слова: паропроницаемость, влагонасыщение, ограждающие конструкции, энергоресурсы.

Жилищный фонд России превышает 2,6 млрд м^2 общей площади. Значительная часть домов уже нуждается в капитальном ремонте и переоборудовании коммунальных систем. Дома старой постройки требуют большого количества затрат на теплоснабжение, чтобы поддержать необходимый микроклимат в помещении. Также в силу конструктивных особенностей они не отличаются энергосбережением. Фактические теплопотери зданий значительно выше нормативных из-за низкого качества строительства и эксплуатации [1].

Теплоснабжение является самым большим сектором жилищно-коммунального хозяйства по величине потребляемых энергоресурсов. В настоящее время затрачивается не менее 45 % энергоресурсов (около 430 млн тонн условного топлива), что в 2,3 раза больше, чем расходуется топлива на производство электроэнергии. В холодное время года потребность в топливе на теплоснабжение возрастает более 10 % [2]. Теплоснабжение в жилищно-коммунальной сфере имеет социальную значимость в нашей стране, так как Россия располагается в такой климатической зоне, для которой требуется обогрев жилищных и других сооружений в течение года от 4 до 8 месяцев в году.

На данный момент в России проходит программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», одна из основных задач которой является снижение затрат на систему теплоснабжения. Мероприятия изложенные в данной программе, помогут значительно снизить затраты на энергоресурсы, что очень выгодно для экономики.

В наших климатических условиях утепление стен домов является необходимостью, чтобы поддержать комфортную температуру в помещениях зимой, не имея больших затрат на отопление.

Теплоизоляционные материалы – это капиллярно-пористые тела, имеющие малый коэффициент теплопроводности [3]. Но, к сожалению, данное свойство изменяется вследствие увлажнения материалов ограждающих конструкций. Материалы увлажняются за счет диффузии водяного пара через теплоизоляцию из-за разности парциальных давлений пара между внутренней и наружной поверхностью и поступлений

влаги извне (погодные условия), что приводит к ухудшению качественных характеристик материалов.

Но, к сожалению, данное свойство изменяется вследствие увлажнения материалов ограждающих конструкций. Материалы увлажняются за счет диффузии водяного пара через теплоизоляцию из-за разности парциальных давлений пара между внутренней и наружной поверхностью, и поступлений влаги извне (погодные условия), что приводит к ухудшению качественных характеристик материалов.

Цель работы: определить влияние циклических изменений внешней температуры на изменение теплопроводности материала силикатного кирпича.

Благодаря исследованиям паропроницаемости и влагосодержания материалов были получены новые теплоизоляционные материалы, новые технологии их создания, исследованы тепловые потоки через ограждающие конструкции, но, как правило, стационарные.

Существующие приборы для определения паропроницаемости проводят оценку стационарных потоков теплоты, а значит, стационарную разность температур. Нам неизвестны работы, которые оценивали бы влияние цикловых изменений разности температур на теплофизические свойства материалов.

Задачи:

1. Обосновать методику и устройство (стенд) для проведения испытаний.
2. Оценить степень изменения свойств материала при стационарной разности температур и при её циклическом изменении.

Разрабатываемое нами устройство состоит из двух камер, соединенных между собой каналом, в который будет устанавливаться исследуемый образец строительного материала.

Основная задача нашего исследования – смоделировать отопительный сезон. С одной стороны будет минусовая температура, которая воссоздает температуру зимой. В другой камере будет плюсовая температура, которая воссоздаст температуру в помещении, а также поддержание определенного процента влажности. Изменяя параметры внутри камер, можно смоделировать реальные условия влияния внешних факторов на свойства строительных материалов. По данным, полученным опытным путем, мы сможем определить паропроницаемость и влагонасыщение различных строительных материалов, а также качественные характеристики и износостойкость. Также сможем проверить их качественные характеристики и износостойкость.

В работе предполагается, что при циклическом изменении разности температур, что происходит осенью, зимой, весной, ускоряется изменение свойств материалов в худшую сторону в сравнении со стационарной разностью температур.

Для обоснования общих выводов по определению паропроницаемости и влагонасыщения различных строительных материалов разработанный исследовательский стенд требует доработки.

Библиографический список

1. Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 12–16 декабря 2016 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2016.
2. URL: https://rg.ru/2011/01/25/energosberejenie-site-dok.html.
3. Эксплуатация и восстановление тепло-изоляционных конструкций холодильников / М.М. Голянд, В.П. Малышев, Б.Н. Малеванный и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 240 с.

К содержанию

УДК 621.3.011.7

ТРИ ПУТИ УЧЁТА ЭНЕРГИИ В МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМАХ И ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

М.И. Грамм

Спектрально-матричный подход наглядно показывает, что в методах, базирующихся на привязке к «основной частоте сети», неизбежно появление дополнительных источников погрешностей. Варианты их учёта в этом случае мотивируют появление «мощностей искажения» и других искусственных категорий, необходимость в которых отпадает при интегрировании мощностей методами Фризе–Бухгольца–Депенброка (FBD) при учёте электроэнергии.

Ключевые слова: электрическая цепь, учёт передаваемой электроэнергии, собственные векторы, собственные числа, спектральное разложение.

Введение. Основу спектрально-матричного подхода составляет введение инварианта в виде неизменной относительно ортогональных преобразований величины квадратичного функционала семейства цепей (мощности цепей). Порождающим для семейства является набор несвязанных цепей, токи **I**0 которого удовлетворяют описанию $\mathbf{Zd}\cdot\mathbf{I}0=\mathbf{E}0$ при диагональной матрице **Zd** [1]. Преобразования $\mathbf{T}\cdot\ \mathbf{Zd}\cdot\ \mathbf{T}^{T}=\mathbf{Z}$ матрицы цепи и $\mathbf{T}\cdot\mathbf{E}0=\mathbf{E}$ её источников с помощью произвольной/заданной ортогональной матрицы **T** даёт описание связной цепи той же мощности но с недиагональной **Z** и новыми источниками **E**. Поскольку при этом столбцы **T** становятся собственными векторами **Z,** то вектор токов $\mathbf{I}=\mathbf{Z}^{-1}\cdot\mathbf{E}$ связной цепи при совпадении **E** с одним из собственных векторов определяется простым делением **E** на один элемент **Zd.** Только в этих состояниях, называемых ба-

зисными, и возможна замена матрицы **Z** числом. Использование комплексных сопротивлений для связи между токами и напряжениями в произвольном состоянии цепи и порождает погрешности методов «по Будеану», заставляя вводить «мощности искажения» и прочие искусственные категории. Понимание такой «спектральной механики» заставляет предпочесть иной подход – без привязки отрезка T учёта энергии к периоду «основной частоты» (группа «методов по Фризе»).

Приведённые спектральные рассуждения легко раскрывают конфликт между методами «основной гармоники» и методами непрерывного учёта. Состоялись три основных пути учёта энергопотоков – учёт по Фризе и два на отнесении показателей к основной частоте сети [2]. К последним относится консервативная теория мощности (CPT, основанная на расширенном толковании формул комплексного метода) и PQ-теория (основанная на приведении многофазной системы к двухкоординатному описанию применением преобразования Эдит Кларк или Парка–Горева). Подход «по Фризе» усовершенствован Бухгольцем и Депенброком и называется «FBD подходом» [2]. Остановимся сначала на иллюстрировании спектрального подхода.

Дискретная основа формирования энергетических показателей. Современная измерительная информация поставляется в дискретной форме. Это, в частности, позволяет произвольно выбирать интервал учёта $T = N \cdot \Delta t$, где N – число отсчётов при шаге по времени Δt (вне связи с периодом $T0$ «основной частоты»). Массивы **I** и **U** мгновенных значений (ММЗ) тока и напряжения $i(t)$ и $u(t)$ за время T представимы в форме векторов:

$$\mathbf{Z} \cdot \mathbf{I} = \mathbf{U}, \qquad (1)$$

где **Z** – матрица, описывающая свойства цепи относительно связи между $i(t)$ и $u(t)$ на входе и, очевидно, зависящая от избранных $t=0$ и $t=T= N \cdot \Delta t$.

Подходы с «основной частотой» предполагают замену матрицы **Z** множителем, объясняемым как «комплексное сопротивление». Кроме простоты и наглядности для инженера слабая математическая мотивировка такого множителя на месте **Z** в действительности обусловлена тем, что **Z** в (1) можно заменить числом лишь в случае, когда вектор **I** тока является собственным для **Z**. Уточним свойства **Z** на примере процесса в LR цепи:

$$L \cdot \frac{di(t)}{dt} + R \cdot i(t) = u(t). \qquad (2)$$

Заменим (2) конечно-разностной аппроксимацией простейшего вида:

$$L \cdot \left(\frac{i^{(k+1)} - i^{(k-1)}}{2 \cdot \Delta t}\right) + R \cdot i^{(k)} = u(k \cdot \Delta t), \qquad (3)$$

где $k=0, 1, 2, \ldots, N$ – номера отсчётов ММЗ, $\Delta t << \tau = L/R$ – шаг отсчётов.

Используем условие периодичности $i^{(0)}=i^{(N)}$, естественное для учёта при больших N, введём обозначение $b = L/2 \cdot \Delta t$. Получим матричную форму (3):

$$\begin{bmatrix} R & b & 0 & \dots & -b \\ -b & R & b & \dots & 0 \\ 0 & -b & R & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b & 0 & 0 & -b & R \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i^{(1)} \\ i^{(2)} \\ i^{(3)} \\ i^{(k)} \\ i^{(N)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u(\Delta t) \\ u(2 \cdot \Delta t) \\ u(3 \cdot \Delta t) \\ u(k \cdot \Delta t) \\ u(N \cdot \Delta t) \end{bmatrix}, \mathbf{Z} \cdot \mathbf{I} = \mathbf{U}. \quad (4)$$

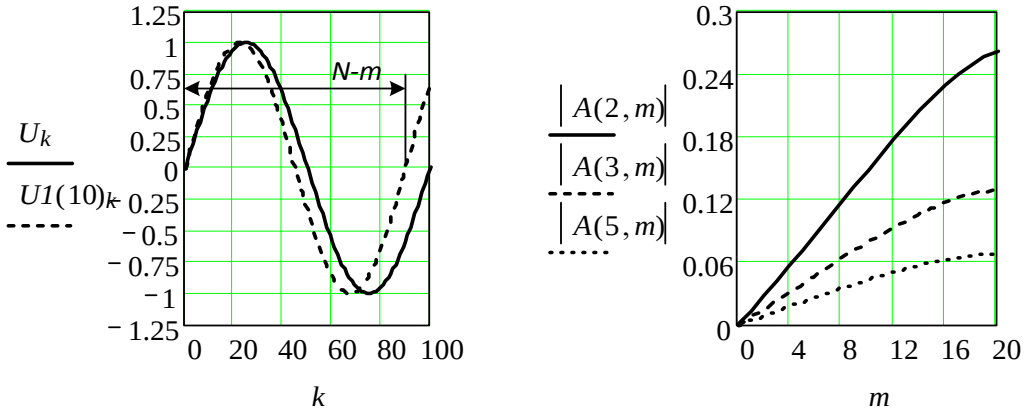
Условие $i^{(0)}= i^{(N)}$ делает матрицу **Z** циркулянтом, [3], что доказывается коммутативностью **Z** с известной матрицей **P** перестановок – коммутатор $\mathbf{Z}\cdot\mathbf{P}–\mathbf{P}\cdot\mathbf{Z}$ равен нулю. Циркулянтность **Z** сохраняется и для более сложных схем. Теория циркулянтов является одним из современных достижений линейной алгебры, упрощая нам оценку методов «основной частоты».

Во-первых, набор собственных векторов циркулянтов типа **Z** известен и образован столбцами матрицы **F** размером $N\times N$ дискретного преобразования Фурье (ДПФ) с элементами $F_{k,m}=\varepsilon^{(k-1)(m-1)}/\sqrt{N}$, где $k, m = 1, 2, \dots, N$, $\varepsilon = \exp(j\cdot 2\cdot \pi / N)$. Во-вторых, спектр собственных чисел циркулянтов также известен и равен произведению $\mathbf{F}\cdot\mathbf{a}\cdot\sqrt{N}$, где **a** – первый столбец циркулянта **Z**. Выполнение этой операции даст собственные числа матрицы **Z** для *LR*-цепи:

$$\lambda_k = R - j \cdot \frac{L}{\Delta t} \cdot \sin[\frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot (k-1)]. \quad (5)$$

Введя $K=k–1$, можем для $K\geq 1$ говорить об аналоге $\Omega_K = \sin(2\cdot\pi\cdot K/N)/\Delta t$ круговой частоты $\omega_K=2\cdot\pi\cdot K/N\cdot\Delta t$ плавной синусоиды с периодом $N\cdot \Delta t/K$. Очевидно, $k=1$ соответствует вещественному числу $\lambda_1=R$ и постоянному току. Остальные числа комплексные и повторяют определение $Z^{(K)}=R+j\omega_K L$. Их множество состоит из сопряжённых пар $\lambda_{K+1} = \overline{\lambda}_{N-(K-1)}$. Таким образом, известными «комплексными сопротивлениями цепи» являются собственные числа матрицы связи между током и напряжением. Вещественная функция синусоиды напряжения *u(t)* с периодом *T/K* на двухполюснике образована двумя собственными векторами **Z** с сопряжёнными компонентами. В стандартной теории цепей принято в случае индуктивности использовать число с положительной мнимой частью. Выделение «основной частоты» и «появление высших гармоник» связано с выбором начала и конца отсчётов.

Действительно, мы можем выделить *k*-й собственный вектор $\mathbf{U}^{(k)}$ из **U** с помощью проектора матрицы **Z**: $\mathbf{\Pi}^{(k)} = \overline{\mathbf{F}}^{(k)} \cdot (\mathbf{F}^{(k)})$, где $\mathbf{F}^{(k)}$ – *k*-й столбец матрицы **F** [1]. Быстродействие современной техники позволяет для основной промышленной частоты формировать проекторы $\mathbf{\Pi}^{(k)} = \overline{\mathbf{F}}^{(k)} \cdot (\mathbf{F}^{(k)})$ в реальном времени для мониторинга амплитуд A_{mK} гармоник как в токе, так и в напряжении. Легко получить и текущий угол φ разности фаз между *i(t)* и *u(t)*, исчислив его, например, в долях от *T* (или от *T*0).



Амплитуды «псевдогармоник» при отличии Т от Т0 на m %

В любом случае при $T \neq T0$ цифровой алгоритм по (6) обнаружит «высшие гармоники», которых в сети может и не быть. Используя единственное число $Z^{(K)}=R+j\omega_K L$, подход с «основной частотой» [4] не может заменить матрицу **Z**, требуя уточнений в виде «хитростей» типа «мощности искажения» и т.п. На рис. показаны зависимости амплитуд фиктивных «гармоник» 2, 3 и 5 при сокращении T относительно $T0$ на m процентов.

Подход по Фризе и многофазные системы. В отличие от практического инженерного стандарта исчислений мощностей и энергопотоков на основе привязки к «основной частоте», ведущего, как показано выше, к неизбежным неточностям, погрешности подхода по Фризе не связаны с необходимостью учитывать основной период и могут быть сведены к аппаратному минимуму, не создавая основ для принципиальных ошибок алгоритма.

По С. Фризе [5] цепью эффективно потребляется лишь энергия, пропорциональная коллинеарному вектору **U** составляющей $\mathbf{I}_r$ тока **I.** Располагая ММЗ длиной k (k=1, 2,… N) для **U** и **I** в любой момент времени $t=k\cdot\Delta t$, применим для определения $\mathbf{I}_r$ формулу проектирования вектора **I** на вектор **U**:

$$\mathbf{I}_r = \frac{(\mathbf{U},\mathbf{I})}{(\mathbf{I},\mathbf{I})}\cdot\mathbf{U} = g(k)\cdot\mathbf{U}, \qquad (6)$$

где введена $g(k)$ – текущая скалярная проводимость к моменту $t=k\cdot\Delta t$.

За время $T= N\cdot\Delta t$ энергия, связанная с коллинеарной составляющей, составит величину $Wr = (\mathbf{I}_r, \mathbf{U})\cdot N\cdot\Delta t$ и даст величину мощности, отождествляемой часто с мощностью потерь – активной:

$$P= (\mathbf{I}_r, \mathbf{U})/\mathrm{N}. \qquad (7)$$

Выражение (7) даст традиционные оценки, например, типа величины $P=U\cdot I\cdot\cos(\varphi)$, лишь в том случае, когда начало и конец отсчётов разделены интервалом, цельнократным периоду $T0$ на оси t («базисные состояния»). В общем же случае величина энергии, полученная с помощью составляющей $\mathbf{I}_r$, для произвольного интервала может оказаться далёкой от величины энергии, рассчитаной известными вариантами расчётов для «основной частоты».

В отношении учёта энергии *Wq*, отличной от *Wr* и называемой «неактивной» или «реактивной», основным признано положение о том, что она пропорциональна ортогональной к функции внешнего воздействия составляющей состояния системы. Ортогональная составляющая $\mathbf{I}_x = \mathbf{I} - \mathbf{I}_r$ вектора **I** должна удовлетворять условию $(\mathbf{U}, \mathbf{I}_x)=0$. Например, за отрезок $0 \div N \cdot \Delta t = T0$ наблюдения величина «неактивной» энергии $Wq(k)= (\mathbf{I}_x, \mathbf{U})\cdot\Delta t$ даст известные величины реактивных мощности $Q(T) = Wq/N$ и стандартные моногармонические проводимости $b(T)$. Ортогональность векторов $\mathbf{I}_x$ и **U** обеспечивает выполнение «правила треугольника» для $\mathbf{I}_x$, $\mathbf{I}_r$ и **I** и, соответственно, для энергий $Wq = (\mathbf{I}_x,\mathbf{U})\cdot\Delta t$, $Wr=(\mathbf{I}_r,\mathbf{U})\cdot\Delta t$ и для $|\mathbf{I}|\cdot|\mathbf{U}|\cdot\Delta t$ при любой форме $i(t)$ и $u(t)$ и для любого t. В подходе Фризе, следовательно, нет места «мощностям искажения» и т.п. искусственным составляющим.

В многофазных системах подход Фризе расширен Бухгольцем и Депенброком – «FBD-подход», [2]. Основу расширения составляет использование накопленных ММЗ в виде текущих векторов (**U**, **I**) из напряжений и токов, заданных на *m*-полюсах многофазной цепи относительно произвольного единого нуля цепи (помечены звёздочкой *). Из них формируются обобщённые мгновенные значения (u_Σ, i_Σ):

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} u_{a*} \\ u_{b*} \\ u_{c*} \\ \dots \\ u_{m*} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{I} = \begin{bmatrix} i_{a*} \\ i_{b*} \\ i_{c*} \\ \dots \\ i_{m*} \end{bmatrix}, \quad u_\Sigma = \sqrt{\sum_{\mu=1}^{m} u_{\mu*}^2}, \; i_\Sigma = \sqrt{\sum_{\mu=1}^{m} i_\mu^2}. \qquad (8)$$

На основе **U** и **I** водится обобщённая мгновенная мощность:

$$p_\Sigma = \mathbf{U} \cdot \mathbf{I}^T. \qquad (9)$$

При равенстве времени T наблюдения периоду $T0$ получим известные:

$$I_\Sigma = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i_\Sigma^2 dt}, \qquad U_\Sigma = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u_\Sigma^2 dt}. \qquad (10)$$

Главной категорией FBD-подхода теория вводит за время наблюдения T «обобщённую активную мощность» P_Σ:

$$P_\Sigma = \frac{1}{T}\int_0^T p_\Sigma dt. \qquad (11)$$

Введение P_Σ по (11) позволяет мгновенный ток разложить на составляющие – активную (пропорциональную u_μ) и ортогональную. Активные токи $i_{\alpha\mu}$ ответственны за энергию, переданную за время T учёта токами i_μ:

$$i_{a\mu} = \frac{P_\Sigma}{U_\Sigma{}^2} \cdot u_{\mu *} = G_a \cdot u_{\mu *}. \qquad (12)$$

Остальные составляющие $i_{n\mu}$ токов, не участвующие в передаче средней величины энергии за время T, считаются неактивными:

$$i_{\ddot{i}\,\mu} = i_\mu - i_{a\mu}. \qquad (13)$$

Далее FBD-метод вводит составляющие токов, связанные с обобщённой мгновенной мощностью (9). Считается, что за колебания энергии в гармониках и неуравновешенностях системы ответственны «мощностные токи»:

$$i_{p\mu} = \frac{p_\Sigma}{u_\Sigma{}^2} \cdot u_{\mu *} = G_p \cdot u_{\mu *}. \qquad (14)$$

Так называемые «безмощностные токи» не связаны с каким-либо запасом энергии в цепи и обусловлены местными искажениями формы:

$$i_{z\mu} = i_\mu - i_{p\mu}. \qquad (15)$$

За колебания мгновенной эквивалентной проводимости G_p около средней G_a, а также за колебания p_Σ около P_Σ отвечают «вариационные токи»:

$$i_{\nu\mu} = i_{p\mu} - i_{a\mu} = i_{n\mu} - i_{z\mu}. \qquad (16)$$

Таким образом, результирующее ортогональное разложение токов, предлагаемое FBD-методом, выглядит так:

$$\left\| i_\mu \right\|^2 = \left\| i_{a\mu} \right\|^2 + \left\| i_{\ddot{i}\,\mu} \right\|^2 = \left\| i_{\grave{a}\mu} \right\|^2 + \left\| i_{\nu\mu} \right\|^2 + \left\| i_{z\mu} \right\|^2. \qquad (17)$$

Основным показателем в этом подходе считается энергия, учтённая как интеграл по времени величины P_z по (11). Алгоритм учёта, как видим, не содержит привязок моментов начала и конца учёта к «основной частоте».

Вывод. Сравнивая предлагаемые FBD-теорией величины с введенными в [1] величинами, а также с алгоритмами их обработки, легко заметим, что, помимо идентичности введённых в [1] проводимости и активной мощности, выявляются и пути цифровой реализации вычислений величин P_Σ и G_α в (11) и (12) выше. Таким образом, в целом алгоритмы FBD несложно реализовать в устройствах цифровой обработки информации при учёте энергии, потребляемой многофазной системой, и дискретизации измерительной информации. При этом необходимости во введении искусственных показателей типа «мощностей искажения» не возникает. Следует, однако, заметить, что инженерная практика до сих пор предпочитает опору расчётов на «основную гармонику» – используются консервативная теория мощности (CPT, основанная на расширенном толковании формул комплексного метода) и PQ-теория. Это связано с временной незаметностью

алгоритмических погрешностей на фоне нынешней конечной точности практических приборов. Очевидно, со временем ситуация изменится и заставит обратить внимание на приведённые выше алгоритмические принципиальные расхождения подходов.

Библиографический список

1. Грамм, М.И. Спектрально-матричные методы расчётов в электротехнике и принцип минимума потерь / М.И. Грамм, Ю.Н. Немов, Ф.Н. Шакирзянов. – М.: Изд. дом МЭИ, 2006.

2. Hirofumi Akagi, Edson Hirokazu Watanabe, Maurício Aredes. Instantaneous power theory and applications to power conditioning. – N.Y., Tokyo.: John Wiley and Sons, 2007.

3. Воеводин, В.В. Вычислительные процессы с теплицевыми матрицами / В.В. Воеводин, Е.Е. Тыртышников. – М.: Наука, 1987.

4. Budeanu C.I. Puisslanses reactiv'es et fictives. Inst. Romain de I'Energie, Bucharest, Rumania, 1927.

5. Fryze S. Wirk-, Blind- und Scheinleistug in elektrischen Stromkreisen mit nichtsinusformigem Verlauf von Strom und Spannung. – Elektrotechnische Zeitschrift, 1932, Heft 25.

К содержанию

УДК 656.13.017 + 629.113.004

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗНОСА

А.С. Мартьянов, В.А. Калмаков

В статье предложена методика определения остаточного ресурса автомобиля с учетом условий эксплуатации и характера нагружения с помощью суммарного коэффициента сопротивления движению. Методика базируется на применении математической модели износа, которая разрабатывается по результатам пробеговых испытаний образцов автомобильной техники и может быть применена не только для автомобильного транспорта, но и других механизмов, работающих в изменяющихся условиях нагружения.

Ключевые слова: автомобильная техника, остаточный ресурс, износ, прогнозирование отказов.

Определение изношенности агрегатов транспортного средства и расчет остаточного ресурса автомобиля является важной задачей эксплуатации автотранспортных средств, решение которой позволяет повысить точность прогнозирования отказов [1] и снизить затраты на проведение ремонта из-

ношенной техники [2]. Учет условий эксплуатации и характера нагружения автомобиля позволяет повысить точность такого прогноза [3, 4]. Настоящая статья предлагает методику расчета остаточного ресурса по математической модели процесса износа с учетом характера и условий эксплуатации автомобиля. Методика определения остаточного ресурса содержит три части.

1. Алгоритм определения текущего значения относительного коэффициента суммарного сопротивления движению по показаниям штатных или дополнительно устанавливаемых датчиков. Расчет текущего значения относительного коэффициента суммарного сопротивления движению выполняется циклически, начиная с момента начала движения автомобиля. Длительность цикла должна быть детерминирована и определяется вычислительными возможностями бортовой системы диагностики и контроля по следующему алгоритму.

По данным одометра рассчитать пройденный путь L и среднюю скорость $V_{ср}$ на временном интервале t, соответствующему промежутку от момента предыдущего расчетного цикла до текущего момента времени.

По данным расходомера рассчитать средний расход топлива $Q_{ср}$ на временном интервале t.

Вычислить относительный коэффициент суммарного сопротивления движению как отношение среднего расхода топлива к средней скорости с учетом коэффициента связи, характерного для каждого типа транспортного средства по формуле $\psi_{ср} = n\dfrac{Q_{ср}}{V_{ср}}$, где $\psi_{ср}$ – относительный коэффициент суммарного сопротивления движению; n – коэффициент связи. Коэффициент связи n определяется по формуле $n = \dfrac{\psi_{gg} \cdot V_Q}{Q_{кр}}$, где ψ_{gg} – коэффициент сопротивления движению динамометрической дороги на скорости V_Q; $Q_{кр}$ – контрольный расход топлива, л/100 км, полученный по результатам испытаний при определении топливной характеристики; V_Q – скорость, соответствующая $Q_{кр}$, км/ч.

2. Для определения изношенности агрегатов с учетом условий эксплуатации необходима математическая модель износа [5], которая определяет зависимость относительной интенсивности износа агрегата от коэффициента суммарного сопротивления движению для каждого агрегата. Для разработки такой модели необходимо определение зависимости износа от условий эксплуатации [6], которую можно получить с помощью пробеговых испытаний. Сравнение геометрических размеров деталей автомобиля на начальном и конечном этапах пробеговых испытаний дает возможность определить износ этих деталей, произошедший за период проведения этих испы-

таний. Результаты измерения размеров могут быть сгруппированы поагрегатно, после чего возможно рассчитать интегральный параметр износа для каждого агрегата. Дополнительно сопоставление изменений уровня вибрации агрегатов автомобиля с величиной износа позволяет рассчитать зависимость между уровнем вибрации и износом агрегата. Результат такого сопоставления позволяет определять износ агрегата по уровню вибрации в любые моменты времени между началом и окончанием пробеговых испытаний.

Сопоставляя график испытаний (режим движения, дорожные условия для известного времени) и относительный коэффициент суммарного сопротивления движению с изменением уровня вибрации агрегатов автомобиля в ходе пробеговых испытаний, можно рассчитать зависимость интенсивности износа от относительного коэффициента суммарного сопротивления движению для каждого агрегата. Математическая модель износа [7] агрегатов автомобиля позволяет рассчитать относительную интенсивность износа заданного агрегата по относительному коэффициенту суммарного сопротивления движению. Зависимость интенсивности износа от относительного коэффициента суммарного сопротивления движению определялась путем сопоставления результатов измерения износа основных деталей и изменения уровня вибрации агрегатов [8] с изменением коэффициента суммарного сопротивления движению в различных дорожных условиях и режимах движения автомобиля.

Математическая модель представлена набором функций вида:

$$И_i = f_i(\psi),$$

где $И_i$ – относительная интенсивность износа агрегата, %/км; ψ – относительный коэффициент суммарного сопротивления движению. Рассчитанное по математической модели значение текущей относительной интенсивности износа $И_i$ используется в дальнейшем для определения суммарного износа агрегата S_a и расчета остаточного ресурса L_{oa}.

3. Алгоритм определения остаточного ресурса агрегата по интенсивности износа и пробегу.

При зависимости интенсивности износа от относительного коэффициента суммарного сопротивления движению появляется возможность оценки износа каждого агрегата. Относительный коэффициент суммарного сопротивления движению возможно определять по показаниям штатных и/или дополнительных датчиков. Исходными данными для остаточного ресурса агрегата является текущее значение относительной интенсивности износа $И_i$ и значение суммарного износа агрегата S_a. Суммарный износ агрегата S_a рассчитывается как сумма произведений текущего значения относительной интенсивности износа агрегата $И_i$ на длительность соответствующего интервала времени t_i, для которого получено значение интенсивности износа:

$$S_a = \sum t_i \cdot И_i \,.$$

Остаточный ресурс L_o можно рассчитать по величине суммарного износа S_a по формуле:

$$L_{oa} = \frac{L_ф}{S_a} \cdot \left(1 - S_a\right),$$

где L_{oa} – остаточный ресурс агрегата, км; $L_ф$ – пробег автомобиля на момент расчета остаточного ресурса.

Таким образом, основываясь на предложенной методике, можно сформулировать алгоритм определения остаточного ресурса:

– по показаниям датчиков необходимо периодически определять режим движения и дорожные условия, после чего рассчитывать текущий коэффициент суммарного сопротивления движению;

– на каждом цикле расчета с помощью математической модели износа по относительному коэффициенту суммарного сопротивления движению необходимо рассчитывать относительную интенсивность износа агрегатов автомобиля в текущий момент времени;

– интегрируя относительную интенсивность износа по времени, можно рассчитать суммарный износ и остаточный ресурс для каждого агрегата.

Библиографический список

1. Румянцев, С.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / С.И. Румянцев, А.Ф. Синельников, Ю.Л. Штоль. – М.: Высшая школа, 1989. – 272 с.

2. Денисов, А.С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей / А.С. Денисов. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. – 352 с.

3. Хабибуллин, Р.Г. Изучение влияния факторов на изменение технического состояния автомобильной техники / Р.Г. Хабибуллин, И.В. Макарова, Э.М. Мухаметдинов // Материалы научно-технической конференции «Современные технологии в машиностроении и автомобилестроении», 2005. – С. 80–83.

4. Денисов, А.С. Корректирование ресурса двигателей в зависимости от сочетания эксплуатационных факторов / А.С. Денисов, В.Н. Басков // Двигателестроение. – 1984. – С. 30–33.

5. Авдонькин, Ф.Н. Закономерности изменения технического состояния подшипников коленчатого вала / Ф.Н. Авдонькин, А.С. Денисов // Надежность машиностроительных изделий: науч. тр. ВИММЕСС. Т. XVII, сер. 7. – 1975. – С. 115–121.

6. Денисов, А.С. Изменение технического состояния двигателей КамАЗ-740 в процессе эксплуатации / А.С. Денисов, А.М. Крупенин // Повышение эффективности использования автомобильного транспорта: межвуз. науч. сб. – 1982. – С. 18–25.

7. Korobatov D.V., Martyanov A.S., Solomin E.V. Development of control algorithms in Matlab/Simulink // Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015). 2015. Pp. 922–926.

8. Данилов, И.К. Планирование ремонтных циклов ДВС имитационными моделями и сетями Петри / И.К. Данилов, А.С. Денисов // Динамика технологических систем. Сб. трудов VII Междунар. науч. техн. конф. – Саратов, 2004. – С. 107–111.

К содержанию

УДК 378.016:621.3 + 378.018.4

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Р.Р. Нараева

Разработанная автором методика подачи материала по дисциплине «Электроснабжение с основами электротехники» позволяет облегчить процесс обучения и сократить время контроля усвоенного материала. Это достигается использованием одного и того же набора электрических схем для различных методов расчёта. Задание кратных номиналов в схемах позволяет вести расчёты искомых величин без применения технических и программных средств. Предложены современные технологии в образовательном процессе.

Ключевые слова: анимация, аналогия, ассоциация, электрическая схема, метод расчёта, кратность номиналов.

Для улучшения качества образования в современных условиях требуется вовлечение самого студента в процесс обучения. Этого можно достичь, используя комплексное применение различных обучающих форматов в процессе проведения занятий. Например, применение различных анимационных игровых программ. В качестве такой программы можно применить «iTunes Preview» [1]. Эта программа может быть установлена на любой iPad или iPhone. С помощью неё можно создавать простейшую анимацию, которая будет иллюстрировать те или иные электрические процессы. Метод аналогии в анимации позволяет облегчить восприятие материала студентом. Известно, что хорошим аналогом электрического тока является течение воды. Пример такой аналогии с использованием анимации, иллюстрирующий первый закон Кирхгофа (ІЗК), представлен на рис. 1.

Известно, что 90 % информации, поступающей в мозг, приходится на зрительное восприятие. Таким образом, использование анимации и аналогий приводит к облегчению восприятия учебного материала. Кроме того, в дальнейшем при упоминании первого закона Кирхгофа в мозгу студента возникнет именно эта картинка (см. рис. 1), ассоциативно связанная с ІЗК. Пример иллюстрации закона Ома представлены на рис. 2.

Рис. 1. Иллюстрация первого закона Кирхгофа

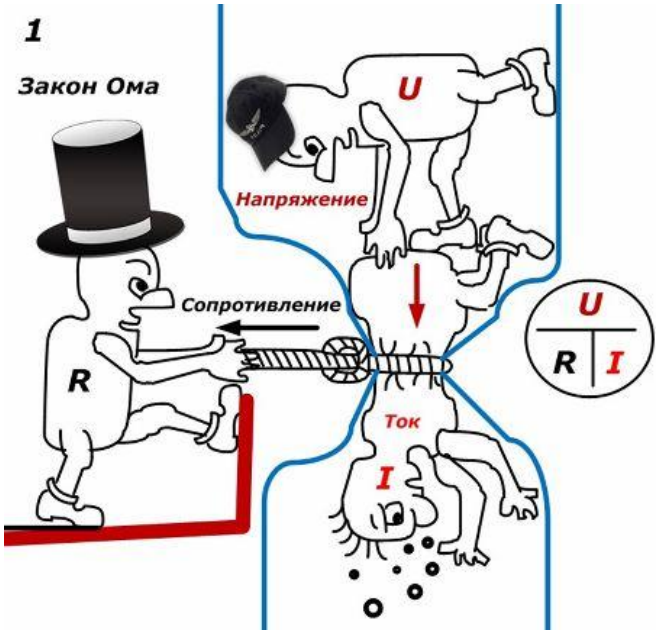


Рис. 2. Иллюстрация закона Ома

Известно, что использование смешных сюжетов и весёлых вопросов облегчает восприятие нового материала, поскольку это имеет положительный эмоциональный окрас. И работа с таким материалом ощущается учащимися уже не как тяжёлый и скучный труд, а как развлечение. Хорошим стимулом для самообразования может служить задание в виде разгадывания или, ещё лучше, составления кроссворда на какой-то тематический раздел изучаемой дисциплины. При составлении кроссворда, для того чтобы правильно поставить вопрос, придётся действительно разобраться в физике процесса. В качестве поощрения при этом может выступать засчитывание этого кроссворда как сданной темы.

Для того чтобы видео-лекция была «живой», интересной и увлекательной, можно представить себе, что там, за камерой, находится зритель, к которому обращен изучаемый материал. Смешные аналогии и даже исторические анекдоты про известных учёных – тот материал, который всегда можно найти в интернете. Этим можно привлечь к себе внимание, а значит, и к теме своей видео-лекции. Меняя темп своего повествования, двигаясь, жестикулируя руками, т.е. при актёрском, творческом подходе к ра-

боте над видео-лекцией – можно сделать её увлекательной [3]. В видео-лекцию можно включать вопросы, адресованные самому себе, и свои аргументированные ответы на них. Кроме того, можно принести и показать какие-либо предметы, желательно самые неожиданные, но всё-таки связанные с темой изучаемого материала. Это вызовет недоумение студентов – для чего они здесь? А значит, уже привлечёт их внимание. Лёгкий, непринуждённый тон общения, доброжелательное отношение к слушателям, как правило, вызывает расположение и интерес к теме обсуждаемого материала.

Ещё одним способом, позволяющим облегчить усвоение нового материала, является, например, расчёт одной и той же схемы электрической цепи постоянного тока разными методами. Этими методами расчёта могут быть: метод эквивалентных преобразований (МЭП), метод уравнений Кирхгофа (МУК), метод узловых потенциалов (МУП). Для очного обучения можно добавить ещё и метод наложения, метод контурных токов (МКТ), метод эквивалентного генератора (МЭГ) [2]. Таким образом, на примере расчёта одной схемы замещения электрической цепи можно проверить знания студентов по всем методам расчёта. Если при этом использовать кратные номиналы элементов электрической цепи, то это позволит определить искомые величины без применения технических и аппаратных средств. Пример схемы на рис. 3.

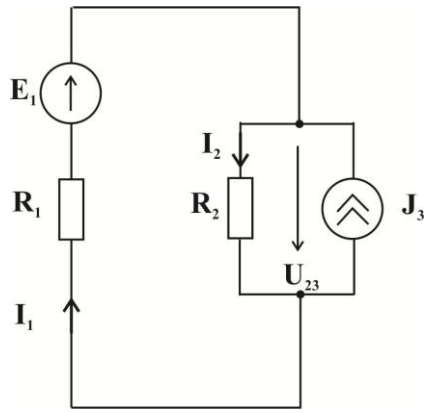


Рис. 3. Схема замещения электрической цепи
для расчёта разными методами

Подача контрольного задания в данном формате позволит существенно сократить как время расчёта его студентом, так и время проверки выполненного задания преподавателем. Кроме того, облегчение расчёта, то есть буквально «в уме», создаёт ощущение лёгкости работы заданным методом у студента и не вызывает отторжения восприятия из-за тяжести расчёта. Своевременное и полное выполнение контрольных заданий можно стимулировать в виде автоматического зачёта или даже экзамена.

Работа с контрольно-измерительными приборами, обработка результатов технических экспериментов – является еще одной частью учебного процесса. Дистанционно решить эту проблему с помощью видеосвязи довольно сложно. Для устранения этой проблемы можно использовать специальную программу, в которой сам студент проделывает виртуальную лабораторную работу по электротехнике с помощью специального приложения «Электроника». Это приложение высылается каждому студенту. Готовая работа с измерительными приборами, измеренными параметрами и расчётными результатами сохраняется в виде файла и высылается преподавателю на проверку. Внешний вид лабораторного комплекса представлен на рис. 4.

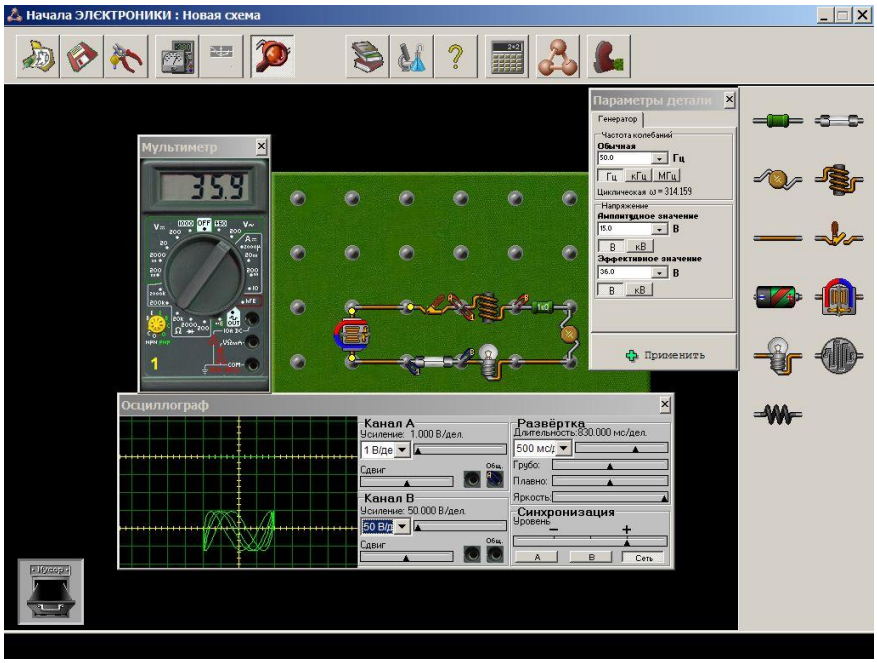


Рис. 4. Лабораторный комплекс по электротехнике и электронике

Таким образом, творческий подход к процессу обучения с использованием современных технологий в образовательном процессе, применением различных способов подачи изучаемого материала позволяет улучшить качество образования, увлечь и вовлечь студентов в сам процесс обучения.

Библиографический список

1. URL: https://itunes..apple.com/ru/app/sock-puppets/id394504903?mt=8.
2. Нараева, Р.Р. Линейные электрические цепи: конспект лекций / Р.Р. Нараева. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – Ч. 1. – 60 с.
3. Берджес, Д. Обучение как приключение / Д. Берджес. – М.: Альпина Паблишер, 2015. – 238 с.

К содержанию

УДК 338.45:620.9 + 620.9

МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ И РФ

Н.С. Низамутдинова, О.С. Пташкина-Гирина

В статье рассмотрены меры государственной поддержки возобновляемой энергетики в мире. Представлено развитие законодательной базы по стимулированию развития возобновляемой энергетики в РФ. Проанализированы итоги внедрения механизма заключения договоров на предоставление мощности объектами генерации, использующими возобновляемые источники энергии.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, мера государственной поддержки, фиксированный тариф, договор о предоставлении мощности, уровень локализации.

С каждым годом растет повсеместное использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире. В 2015 году по данным REN21 [1] доля ВИЭ в общем потреблении составила рекордные 23,7 % (рис. 1).

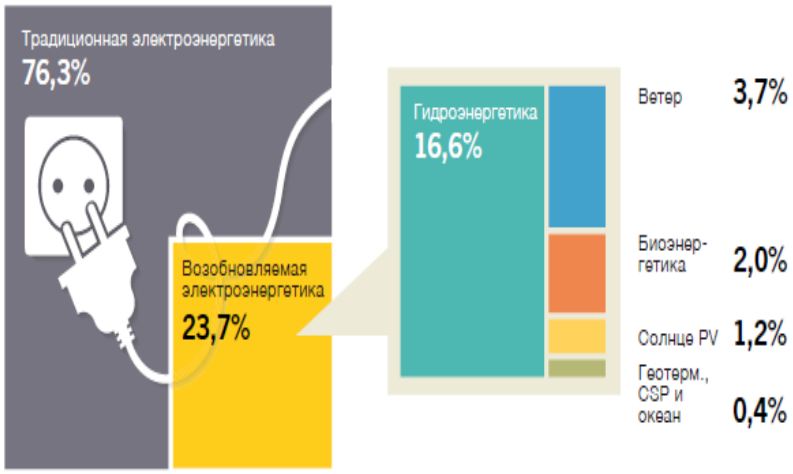


Рис. 1. Доля ВИЭ в общем потреблении энергии [1]

Причем растут и основные показатели, характеризующие деятельность отрасли (табл. 1).

Так, в 2015 году выросли инвестиции в возобновляемую энергетику, особенно в Китае и США; на 18 % увеличилась суммарная установленная мощность ВИЭ (без гидроэнергетики), на 8,7 % – общая мощность возобновляемой энергии.

Подобному положению дел несомненно способствовало увеличение количества стран, формирующих нормативно-правовую базу для развития возобновляемой энергетики (табл. 2).

Таблица 1

Состояние возобновляемой энергетики в 2015 году [1]

Показатели	2014 г.	2015 г.
Ежегодные инвестиции, млн долл.	273,0	285,9
Электроэнергетика		
Суммарная установленная мощность ВИЭ (не включая гидроэнергетику), ГВт	665	785
Мощность возобновляемой энергии (общая), включая гидроэнергетику, ГВт	1701	1849
Теплоснабжение		
Установленная мощность солнечных водонагревателей, ГВт.т	409	435
Транспорт		
Годовое производство этанола, млрд л	94,5	98,3
Годовое производство биодизеля, млрд л	30,4	30,1

Таблица 2

Страны, поддерживающие ВИЭ [1]

Показатели	2014 г.	2015 г.
Страны с политическими целями	164	173
Штаты/провинции/страны с льготными тарифами	110	110
Штаты/провинции/страны с системой квот	98	100
Страны, проводящие публичные тендеры/аукционы	60	64
Страны с мандатами по теплоснабжению	21	21
Страны с мандатами по биотопливу	64	66

С каждым годом неуклонно растет число стран, присоединяющихся к политике поддержки ВИЭ. Исключением не стал и 2015 год. Выросло число стран, заявляющих о присутствии (хотя бы потенциальном) ВИЭ в энергетическом балансе страны. Расширилось число мер государственной поддержки ВИЭ.

Политика в сфере возобновляемой энергетики в мире достаточно разнообразна. Существует большое количество инструментов, позволяющих ВИЭ занять прочное место в энергобалансе страны.

И.А. Гречухина в своем диссертационном исследовании [2] приводит достаточно полную классификацию мер государственной поддержки ВИЭ (рис. 2). Но наш взгляд, в данной схеме не хватает еще одной группы инструментов – это меры по формированию «зеленого» сознания граждан. Необходимо информировать граждан страны о возобновляемой энергетике, о ее доступности, о ее выгодах, о том, каких результатов можно достичь, развивая «зеленую» энергетику, т.е. необходима пропаганда, необходимы специалисты, занимающиеся вопросами продвижения ВИЭ.

Наиболее часто в странах, поддерживающих ВИЭ, встречаются такие меры стимулирования развития ВИЭ, как налоговые льготы и кредиты. Реже и в основном в странах с высоким уровнем дохода применяются гранты, субсидирование стоимости заемного капитала и др.

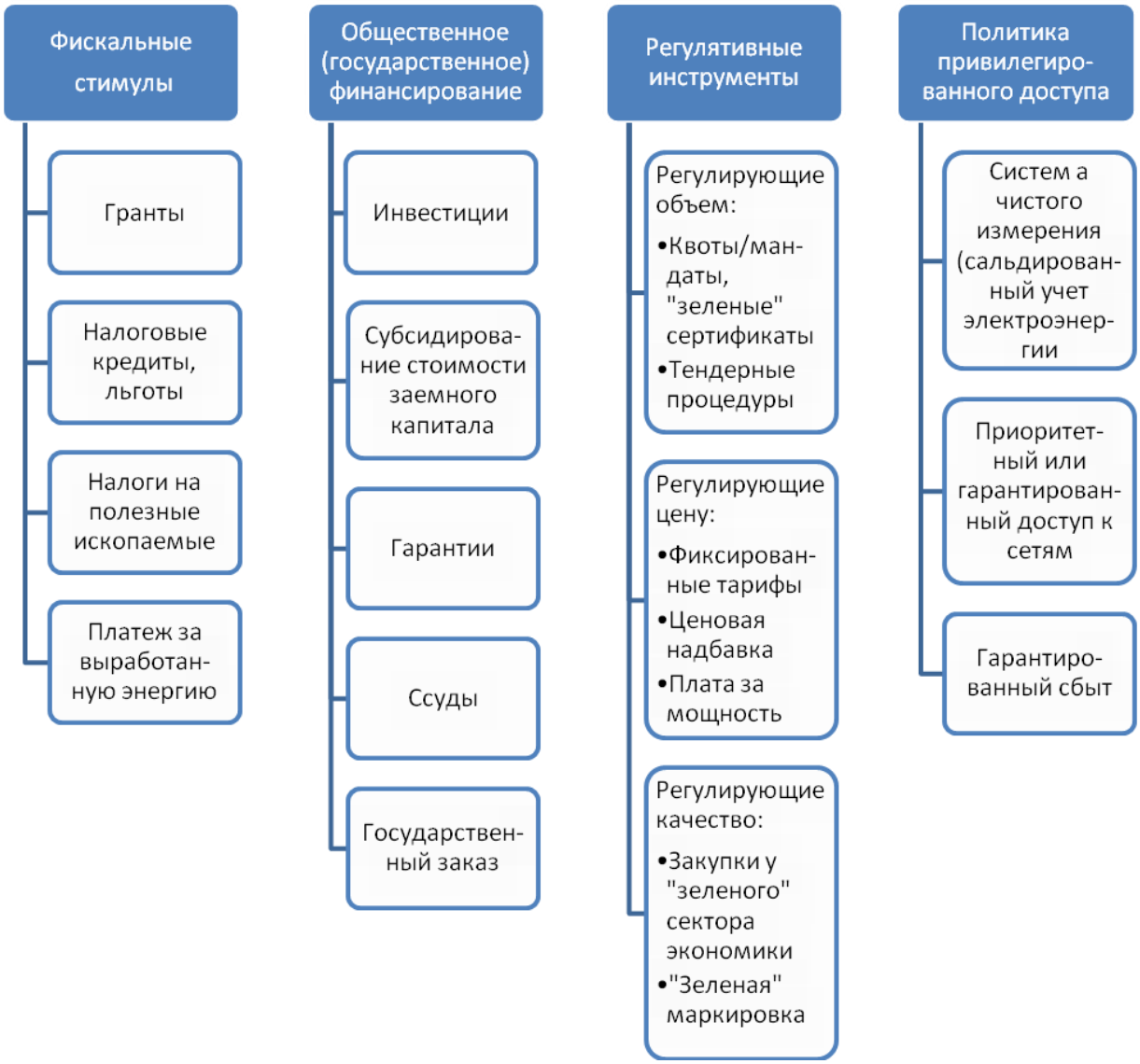


Рис. 2. Система мер государственной поддержки ВИЭ в мире
(схема составлена авторами по материалам источника [2])

Самая распространенная мера поддержки – это фиксированный тариф (66 % стран). Это один из самых первых методов в этой области (впервые был применен в 1978 г. в США) и наиболее доказано эффективный метод.

Он представляет собой фиксированную оплату единицы энергии, гарантирующую покрытие всех затрат производителя с учетом определенной нормы прибыли. Причем контракт с фиксированным тарифом заключается на достаточно длительный срок (10–20 лет). Подобная мера гарантирует

инвестору стабильность получения дохода в течение периода реализации проекта. Одним из успешных примеров применения данного инструмента является Германия, где в 1994 году был принят закон о возобновляемой энергетике, который впоследствии стал «образцом для подражания» для многих стран [2].

В России законодательная база развития ВИЭ начала формироваться в 2001 году с принятием Федеральной целевой программы «Энергоэффективная экономика на 2002−2005 гг. и на перспективу до 2010 года», в которой содержался раздел, посвященный энергообеспечению северных регионов с использованием возобновляемых источников энергии и местных видов топлива. В 2003 г. Энергетическая стратегия закрепила развитие рынка ВИЭ в качестве одной из стратегических целей. В 2007 г. были приняты поправки в ФЗ «Об электроэнергетике», т.е. ФЗ № 250 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с осуществлением мер по реформированию Единой энергетической системы России». Это базовый законодательный акт, в котором было дано понятие возобновляемых источников энергии и определен комплекс мер поддержки ВИЭ.

В 2009 г. вышло Распоряжение Правительства РФ № 1-р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года». Оно определило основные направления политики в области развития ВИЭ на период до 2020 года и установило целевые показатели по ВИЭ в электроэнергетике 2,5 % и 4,5 % к 2015 и 2020 гг. соответственно.

В 2011 г. руководство страны решило отказаться от законодательно закрепленных, но не действующих инструментов, таких как ценовые надбавки и субсидии, и предложило совершенно новую меру поддержки – плату за мощность в ФЗ РФ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» (в части совершенствования работы сетевого комплекса и функционирования рынков электроэнергии)». Последующие законодательные акты уточняли и конкретизировали положения данного закона. Это в 2013 г. Постановление Правительства РФ N 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» и Распоряжение Правительства РФ N 861-р, содержащее целевые показатели по объему ввода в эксплуатацию установленной мощности, по ожидаемым объемам производства электроэнергии на основе ВИЭ, по локализации оборудования и предельным величинам капитальных затрат. А также Постановление Правительства РФ от 23.01.2015 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам поддержки квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии и реализующих электрическую энергию на розничных рынках».

Механизм стимулирования развития ВИЭ, по мнению законодателей, должен реализовываться на оптовом рынке электроэнергии и мощности через Договоры о предоставлении мощности (ДПМ) квалифицированными генерирующими объектами, функционирующими на основе использования возобновляемых источников энергии.

ДПМ ВИЭ – это долгосрочный договор, который дает инвестору возможность получать прибыль за счет регулируемых цен на установленную мощность объектов генерации.

Разработана схема включения ДПМ ВИЭ в оптовый рынок электроэнергии и мощности. Данная схема включает в себя:

– правила конкурсного отбора проектов ВИЭ;

– правила поставки мощности для различных генерирующих объектов ВИЭ;

– методику определения цен на мощность.

Данный механизм применяется только для трех видов ВИЭ: солнца, ветра и воды, т.е. для солнечных, ветровых и малых гидроэлектростанций.

Таким образом, для того чтобы создать предприятие, генерирующее электроэнергию с помощью ВИЭ, необходимо выполнить ряд условий:

1) получить технологическое присоединение к электрическим сетям (есть возможность получить государственную субсидию, возмещающую часть затрат);

2) вступить в Ассоциацию «НП Совет рынка» для вхождения на рынок электроэнергии;

3) получить поручительство субъекта оптового рынка электроэнергии и мощности;

4) пройти конкурсный отбор мощности (КОМ), где необходима подача заявки с учетом следующих параметров:

– необходимый объем установленной мощности новой генерации от 5 МВт, для объектов гидрогенерации – от 5 до 25 МВт;

– необходимый уровень локализации (от 40 до 70 % в зависимости от вида ВИЭ);

– соответствие базовой предельной величине капитальных затрат на возведение 1 кВт установленной мощности генерирующего объекта (2017 г.: ВЭС, СЭС – около 110 тыс. руб., ГЭС – 146 тыс. руб.).

КОМ осуществляется в два этапа. На первом этапе отбираются все заявки, точно соответствующие описанным выше критериям. На втором этапе, если сумма установленной мощности по отобранным заявкам выше, чем сумма мощности, установленная на данный год в рамках поддержки ВИЭ, то отбор заявок осуществляется по минимальным капитальным затратам.

В рамках КОМ отбираются только те проекты, которые находятся в ценовых зонах рынка электроэнергии. Отбор осуществляет Администратор торговой системы (АТС);

5) заключить ДПМ (договоры заключаются на 15 лет с гарантированной доходностью 12 %), осуществить строительство и ввод в эксплуатацию объекта генерации;

6) получить статус квалифицированного генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии [3].

Возврат инвестиций будет осуществляться через ежемесячную плату за мощность, которую рассчитывает АТС. Она включает в себя покрытие большей части капитальных затрат и затрат на текущий ремонт. Эксплуатационные расходы должны покрываться за счет продажи электроэнергии.

Таким образом, финансирование строительства электростанций ВИЭ так же, как и финансирование традиционных электростанций, осуществляется за счет участников ОРЭМ, которые обязаны заключать договоры на покупку определенной доли мощности.

Однако определено приоритетное потребление электроэнергии, произведенной с помощью ВИЭ. В ценовых зонах ОРЭМ сетевые организации, к которым присоединены объекты генерации ВИЭ, обязаны в первоочередном порядке приобретать электроэнергию данных электростанций в объеме, определяемом гарантирующим поставщиком, в целях компенсации 5 % потерь в соответствии с ежемесячным сертификатом Совета рынка. Цены на электроэнергию определяются исполнительным органом власти в соответствии с Методическими указаниями по установлению цен (тарифов) и (или) предельных (минимальных и (или) максимальных) уровней цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность), произведенную на функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии квалифицированных генерирующих объектах и приобретаемую в целях компенсации потерь в электрических сетях.

В изолированных зонах ОРЭМ и территориях, технологически не связанных с Единой энергетической системой России, региональные власти должны разработать самостоятельно регламент проведения конкурсных отборов с учетом индивидуальных особенностей местности, но этого до сих пор не произошло [2].

Механизм поддержки развития ВИЭ начал действовать с 2013 года. За период с 2013 по 2016 гг. было проведено 4 конкурсных отбора, где было отобрано 119 заявок, совокупной установленной мощностью 2055,6 МВт. Из них объектов гидрогенерации – 5 (70,4 МВт), ветрогенерации – 35 (801 МВт), солнечной – 79 (1184,2 МВт). Причем к концу 2016 года были введены в эксплуатацию 8 (65,2 МВт) объектов генерации ВИЭ из запланированных 20 (271,2 МВт). К компаниям, нарушившим сроки реализации проектов, были применены штрафные санкции в виде списания денежных средств в размере 241,1 млн руб. за указанный период [4].

Подводя итоги, можно сказать, что в России на сегодняшний день продолжает формироваться законодательная база стимулирования развития ВИЭ. Применяя различные инструменты государственного регулирования, используемые различными странами на практике, создается механизм ввода на рынок электроэнергии генераций ВИЭ. Этот механизм обладает своими достоинствами: не повышает стоимость электроэнергии для конечных потребителей (основная цели законодателей), дает возможность вернуть с гарантированным доходом денежные средства инвесторам и т.д. Но вместе с тем ему присущи и серьезные недостатки. Один из самых основных – это сложность выполнения требования по локализации, особенно для ветро- и гидрогенераций. Кроме этого высокие проценты по кредитам, сложность получения банковских гарантий, особенно для небольших предприятий; сложная экономическая ситуация, провоцирующая резкие колебания валютного курса. Все это, несомненно, негативно сказывается на результатах внедрения механизма в рынок. Но возобновляемая энергетика стала частью глобальной энергетики, и это уже невозможно игнорировать. А значит, необходимо продолжать развивать законодательную базу, улучшать достигнутые результаты.

Библиографический список

1. Renewables 2016 Global Status Report, REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) 2016 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/.

2. Гречухина, И.А. Экономические механизмы развития возобновляемой энергетики: дис. … канд. экон. наук / И.А. Гречухина. – М., 2016. – 193 с.

3. Низамутдинова, Н.С. Место технологий, использующих возобновляемую энергию, на рынке электроэнергии Российской Федерации / Н.С. Низамутдинова, О.С. Пташкина-Гирина // Энергетика – агропромышленному комплексу России: матер. межд. науч.-практ. конф. / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М.Ф. Юдина. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2017. – С. 119–126.

4. Отчет о ходе реализации отобранных инвестиционных проектов участников ОРЭМ – генерирующих компаний в рамках ДПМ ВИЭ (по состоянию на 31.12.2016 г.) [Электронный ресурс]. – URL: http://cfrenergo.ru/upload/iblock/22c/2016-god_dpm-vie.pdf.

К содержанию

УДК 658.264:621.57 + 621.57

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ СТЕНДЕ

О.С. Пташкина-Гирина, Р.Ж. Низамутдинов, Д.В. Козырев

В работе ведётся поиск наиболее эффективных методов отбора тепла от различных источников тепловой энергии. Приводятся основания для выбора различных форм-факторов испарителей теплонасосных установок.

Ключевые слова: тепловой насос, теплонасосная установка (ТНУ), испаритель, теплообменник.

Вопросы использования возобновляемых источников тепловой энергии актуальны во всем мире, и проблемы их развития обсуждаются на высоком уровне. Экономический потенциал альтернативных источников велик, в России он составляет около 30 % от объема потребления топливно-энергетических ресурсов [1] и создает благоприятные условия для решения энергетических, экологических и др. проблем. Технологии использования приповерхностной низкотемпературной геотермальной энергии малых глубин можно рассматривать как наиболее быстро растущие направления применения возобновляемой энергии в мире.

Распространенные на Западе схемы подключения тепловых насосов в систему теплоснабжения в нашем регионе не всегда подходят, т.к. не учитывают особенности природно-климатических условий. Для более глубоких исследований, детальной проработки схем, имеющих преимущества в нашем регионе, и глубокого анализа источников низкопотенциальной теплоты необходима разработка экспериментальной установки.

Предлагаемые промышленностью России стенды теплонасосных установок имеют примерно одинаковую конструкцию и набор возможностей для проведения лабораторных работ. Как правило, это действующая модель теплового насоса. Основной недостаток представленных в продаже стендов – это отсутствие широких возможностей для проведения исследовательских экспериментов [2, 3, 4].

Для исследования возможных конструкций теплонасосных установок (ТНУ) был разработан стенд, учитывающий природно-климатические условия Южного Урала и позволяющий изучать вариацию сред с низким потенциалом тепла [5, 6, 7, 8].

Основные элементы установки и конструкция стенда. Стенд представляет собой металлический каркас, обработанный антикоррозийным грунтом и покрытый акриловой эмалью, и две плоскости: столешница и вертикальная панель (рис. 1).

Столешница служит основанием для установки. На ней располагаются компрессор, дроссель, теплообменники и система коммутации всех составных элементов установки. Все элементы и системы разведены и установлены поверх столешницы для наглядности устройства теплового насоса.

Вертикальная панель выполняет роль информационного табло. На ней закреплены все приборы и разведена электрическая схема подключения стенда. В число приборов входят: ваттметр, электронный термометр со щупом для измерения температуры исследуемых сред, счётчик потребления электрической энергии, защитная аппаратура (рис. 2).

Рис. 1. Общий вид установки

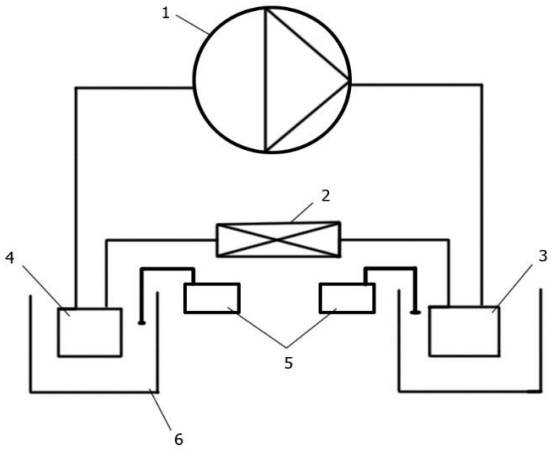


Рис. 2. Схема установки:
1 – компрессор; 2 –дроссель; 3 –конденсатор;
4 – испаритель; 5 – термодатчики с термопарами;
6 – емкость для изучаемой среды

Примеры опытов, проводимых на установке. Наиболее наглядным и удобным является опыт «вода-вода». Он проводится при наличии воды как среды, из которой мы будем забирать тепловую энергию в одной ёмкости, и воды, которой мы будем отдавать тепло в другой ёмкости соответственно. Опыт проводится в 2 этапа по 40 минут каждый. Они отличаются друг от друга тем, что на первом этапе циркуляция жидкости в ёмкостях происходить не будет, а второй этап проходит при наличии циркуляции воды в сосудах.

План эксперимента:

1. Заполнить ёмкости водой (10 литров в каждой).
2. Запустить компрессор теплового насоса

3. В течение 40 минут с интервалами в 5 минут производить замеры температуры.

4. Сделать расчеты количества тепла, переданного в каждый временной интервал.

5. Определить теплопроизводительность установки.

После прохождения первого этапа эксперимента получили следующие зависимости (рис. 3 и 4):

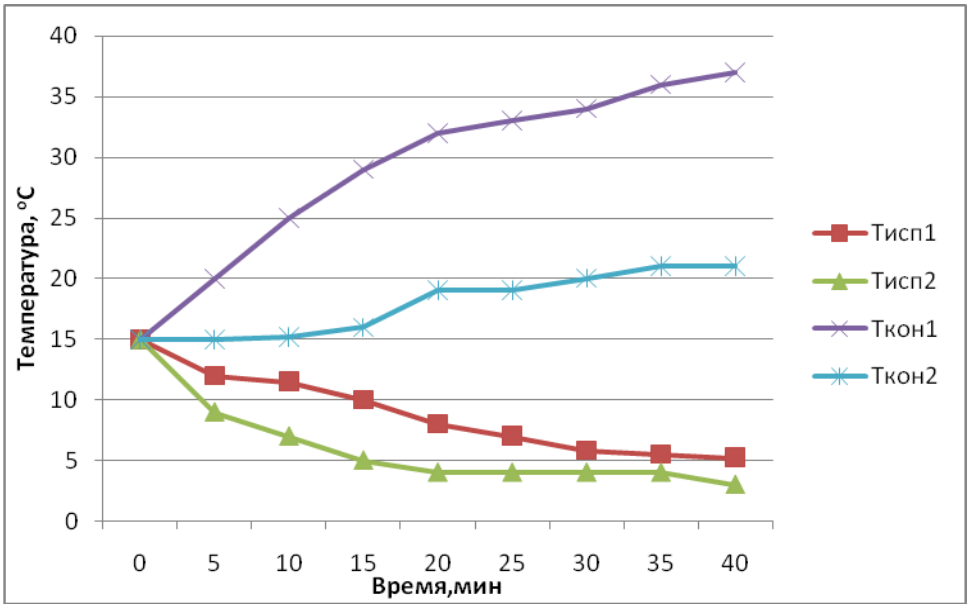


Рис. 3. График температуры воды
в различных слоях при отсутствии циркуляции

Рис. 4. График количества теплоты,
выделяемой на конденсаторе при отсутствии циркуляции

Так как на первом этапе циркуляции в ёмкостях нет, жидкость расслаивается; теплые слои идут вверх, а холодные опускаются ниже. Поэтому необходимо замерять температуру в слоях жидкости, после чего искать среднюю температуру жидкости и по этим данным находить количество тепла, которое выделилось на конденсаторе. На графике рис. 3 видно, как изменяется температура в слоях жидкости.

Основная проблема на этом этапе эксперимента – это обледенение испарителя. Он покрывается коркой льда, что отрицательно сказывается на передаче тепла от жидкости к теплообменнику, что уменьшает КПД тепловой машины. График количества теплоты, которая выделяется за единицу времени, на рис. 4. Поэтому было решено провести второй этап эксперимента и сравнить результаты.

После прохождения второго этапа эксперимента получены графики (рис. 5, 6):

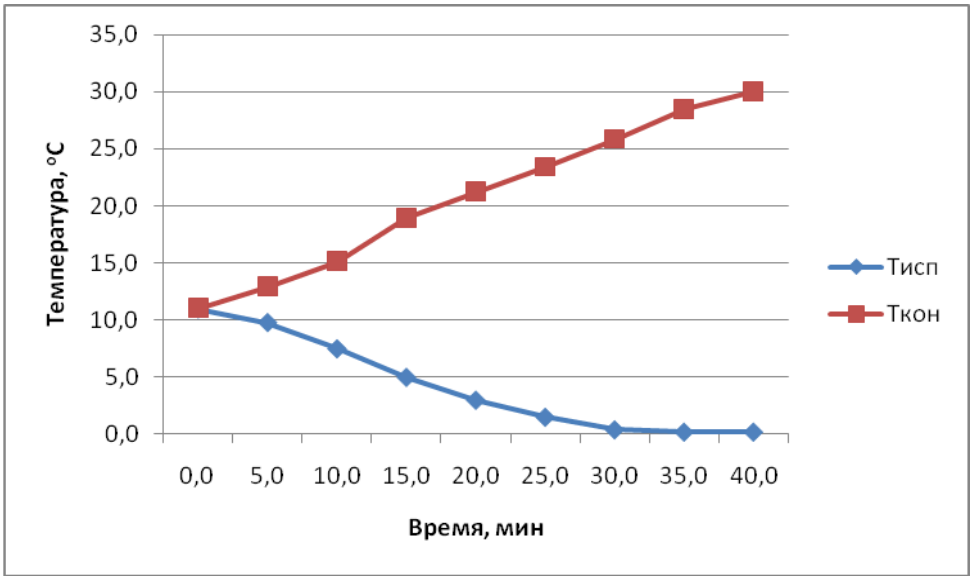


Рис. 5. График температуры воды при интенсивной циркуляции

На этом этапе жидкость внутри ёмкостей циркулирует и равномерно перемешивается, что позволяет ей равномерно отдавать тепловую энергию в испаритель. График температуры представлен на рис. 5.

Из графика видно, что температура на испарителе в этом случае понижается равномернее, удаётся собрать большее количество тепла и жидкость подходит к границе фазового перехода. Образование льда вокруг испарителя не наблюдается, увеличивается КПД. График выделения теплоты за единицу времени представлен на рис. 6.

Если сравнить два графика, то будет наглядно видна разница в выделении тепла на двух этапах эксперимента (рис. 7).

Данный опыт показывает возможности стенда и приводит нас к выводу о том, что наибольшую роль в производительности теплового насоса игра-

ет конструкция теплообменного аппарата испарителя и основной проблемой теплонасосных установок является эффективный отбор тепла.

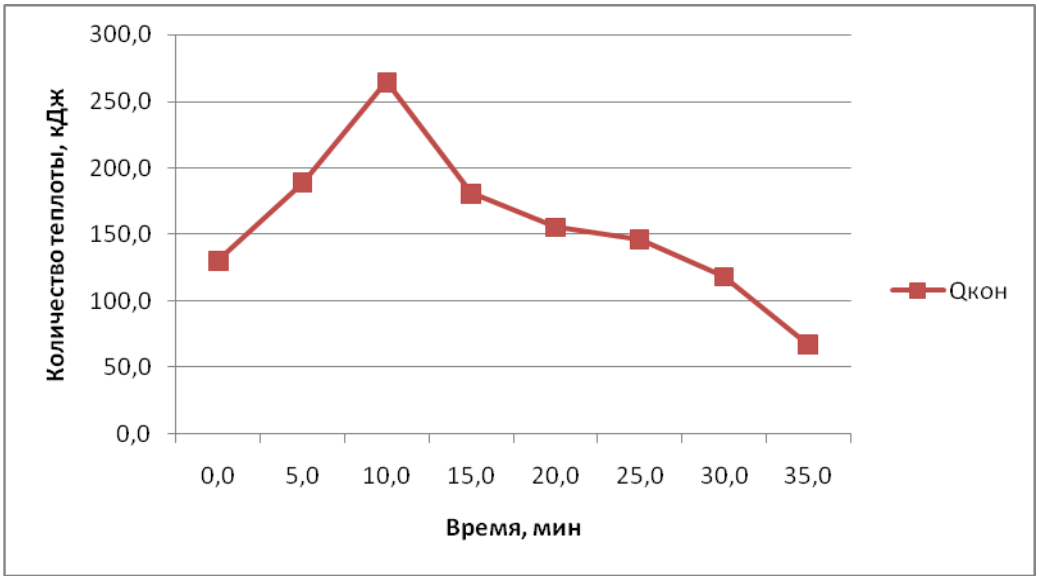


Рис. 6. График количества теплоты,
выделяемой на конденсаторе при интенсивной циркуляции

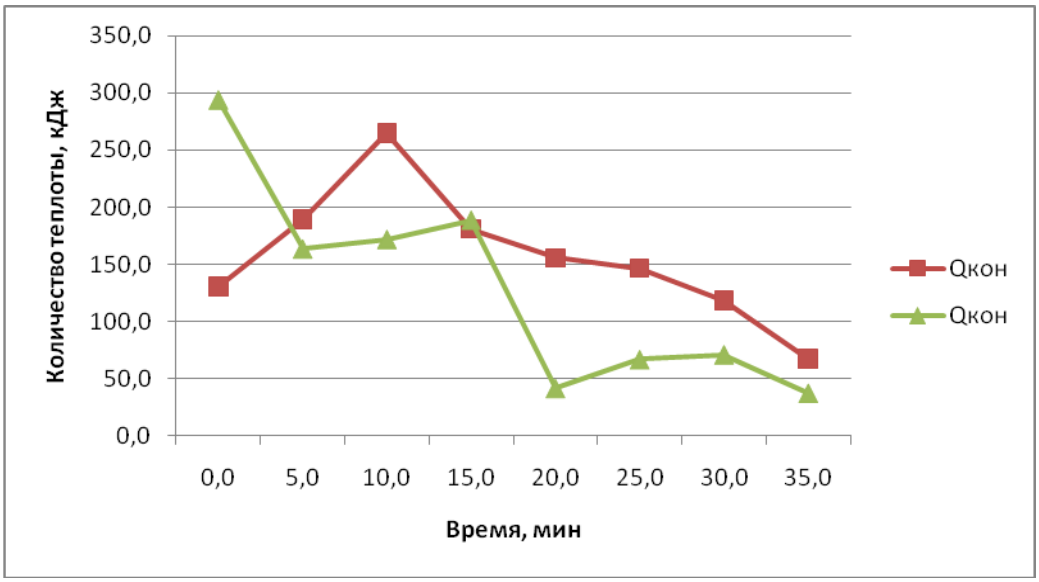


Рис. 7. График сравнения выделения тепла
при различных состояниях источника

Вторая серия опытов была направлена на исследование эффективности ТНУ при работе с песчаным грунтом различной влажности.

После сбора данных выявлена зависимость выделяемого тепла на конденсаторе от влажности грунта для определённого типа теплообменника, установленного на лабораторном стенде. В нашем опыте теплообменник выполнен в форме змеевика.

В результате исследования было выведено прикладное выражения для расчета количества теплоты, выделяемой на теплообменнике, в зависимости от влажности почвы:

$$Q = 3{,}5\varphi + 441{,}7,$$

где Q – количество теплоты, которое выделится на конденсаторе, кДж; φ – влажность песка, %.

Выводы. Проведенные исследования показали возможность стенда в поиске вариантов источников низкопотенциальной тепловой энергии и формы теплообменника с целью повышения эффективности работы ТНУ.

Библиографический список

1. Шерьязов, С.К. Использование возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – 280 с.

2. Лабораторный стенд ГалСэн – Тепловой насос [Электронный ресурс]. – URL: http://galsen.ru/catalog.

3. Стенд-тренажер «Тепловой насос-2» [Электронный ресурс]. – URL: http://uchteh.ru/vus/6558/6562.html.

4. Стенд-тренажер «Тепловой насос с использованием геотермальной низкопотенциальной энергии» [Электронный ресурс]. – URL: http://uch-oborudovanie.ru/stend-trenazher-teplovoy-nasos.

5. СНиП 23-01-99. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология [Электронный ресурс]. – URL: http://www.kwark.ru/files/gs/010.pdf.

6. Низамутдинов, Р.Ж. Использование низкопотенциальной тепловой энергии Земли для теплоснабжения сельского потребителя в условиях Южного Урала: автореф. дис. … канд. техн. наук / Р.Ж. Низамутдинов. – Челябинск: ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия», 2013. – 26 с.

7. Голованова, И.В. Тепловое поле Южного Урала / И.В. Голованова; отв. ред. В.Н. Пучков; Ин-т геологии Уфим. НЦ РАН. – М.: Наука, 2005. – 189 с.

8. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал. Уральское территориальное геологическое управление / ред. В.Ф. Прейс. – М.: «Недра», 1972. – 648 с.

К содержанию

УДК 621.314.24

МЕТОД ОЦЕНКИ МГНОВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В.И. Смолин, В.А. Яковлев

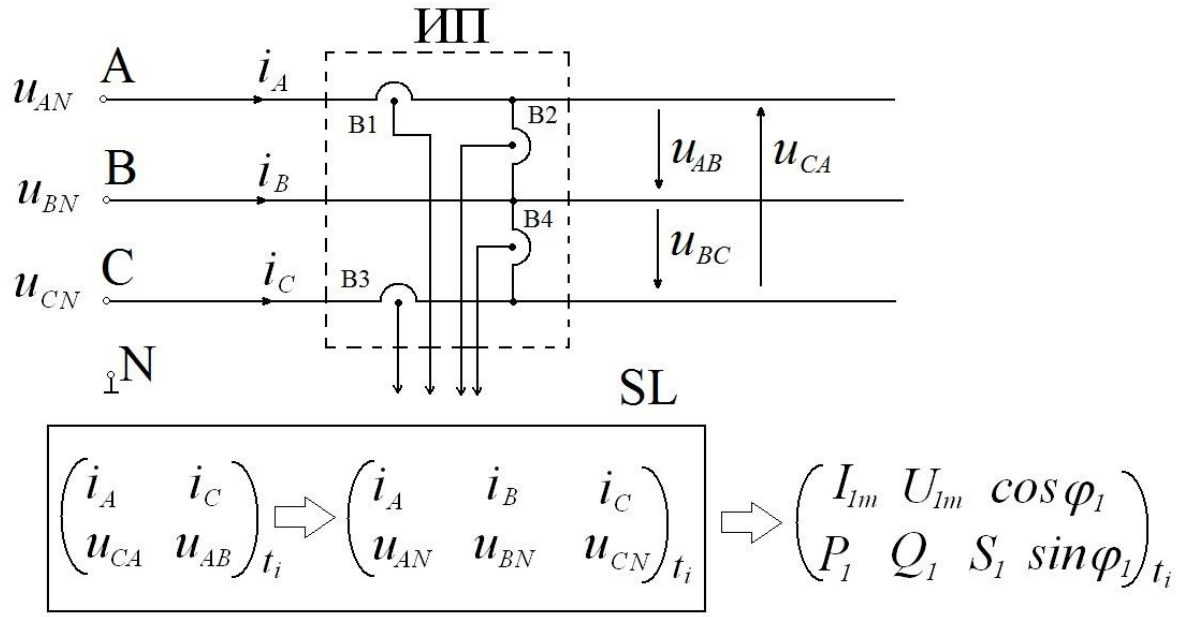
Рассмотрен метод измерения мгновенных значений амплитуд первых гармоник токов и напряжений, активной и реактивной мощностей, мгновенных фазовых соотношений между гармониками напряжений и токов трехфазной цепи, образованной преобразователем частоты с широтно-импульсным формированием напряжений и электромеханическим преобразователем (асинхронной и синхронной электрической машиной). Исследование выполнено с применением технологии обработки информации в обобщенных переменных энергетического состояния. Работа содержит оценку точности и быстродействия алгоритмов вычисления искомых величин по данным измерений первичных датчиков тока и напряжения. Область применения – системы управления электроприводом.

Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, синхронный двигатель, информационно-измерительная система, формирование переменных управлений.

Введение. В системах управления электроприводом переменного тока необходимо решать две взаимосвязанные задачи. Первая относится к управлению координатами электропривода (ЭП), вторая – к управлению состоянием электромагнитной системы (ЭМС) трехфазных электромеханических преобразователей (асинхронных и синхронных двигателей). Текущее состояние ЭМС во многом определяется параметрами входного энергопотока электрических машин: амплитудой фазных токов и напряжений, мгновенными значениями потребляемой активной P_1 и реактивной Q_1 мощностей, мгновенными фазовыми соотношениями между гармониками напряжения и тока $\cos\varphi_1$, $\sin\varphi_1$, включая знак фазового угла φ_1. К наиболее существенным параметрам, характеризующим внутреннее состояние ЭМС, относятся электромагнитный момент $M_{эм}$, магнитный поток Φ_0 и синхронная частота вращения ω_0 магнитного поля.

В трехфазных цепях электропривода с векторным управлением индукционной машиной применяют в основном токовые измерительные преобразователи [1, 2]. Информационный потенциал трехфазной системы напряжений практически не используется. В работе рассмотрен метод оценки энергетического состояния трехфазной цепи между преобразователем частоты и электромеханическим преобразователем, позволяющий существенно повысить информационные возможности электропривода.

Постановка задачи. На рис. показана трехпроводная цепь между преобразователем частоты и электромеханическим преобразователем (ЭМП).



Информационный блок тягового электродвигателя:
ИП – блок измерительных преобразователей, SL – электронный блок управления;
B1…B4 – измерительные преобразователи токов и напряжений

Электромагнитная система ЭМП считается симметричной. Энергоносителем в цепи являются первые гармоники токов и напряжений. Переносом энергии на других гармониках широтно-импульсной модуляции пренебрегают. Информационно-измерительная система (ИИС) электропривода содержит электронный блок управления (SL) и блок измерительных преобразователей (ИП) – датчиков B1…B4 мгновенных значений токов и напряжений. Технология таких измерений на основе датчиков Холла считается отработанной [3]. Ранее в качестве датчиков B1…B4 применяли измерительные трансформаторы тока и напряжения. Покажем, что рассматриваемая ИИС позволяет получить исчерпывающую информацию о мгновенных значениях перечисленных ранее величин с целью управления состоянием ЭМС и координатами электропривода.

Алгоритмы обработки первичных данных. Преобразователь частоты формирует трехфазную систему напряжений управляемой частоты и амплитуды путем широтно-импульсной модуляции постоянного напряжения. С целью подавления модуляционных составляющих и выделения первых гармоник токов и напряжений необходимо, чтобы блок управления SL осуществлял аналого-цифровую фильтрацию сигналов первичных датчиков B1…B4.

Современные средства измерительной техники и цифровой обработки сигналов [3, 4, 5] позволяют с достаточной точностью и быстродействи-

ем решать поставленную задачу. Рассматриваемые далее алгоритмы относятся к первым гармоникам токов и напряжений. Полученные данные будем считать мгновенными, если время τ аналого-цифровой обработки информации много меньше периода синхронной частоты ω_0 ($\tau << T_0$). Или $\tau << T_{ср} = 1/f_{ср}$, где $f_{ср}$ – полоса пропускания системы управления электроприводом.

Преобразуем массив мгновенных значений линейных токов и напряжений, поступающих в блок управления SL с измерительных преобразователей B1…B4 (рис. 1), в массив мгновенных значений фазных токов и напряжений:

$$i_B = -\left(i_A + i_C\right);\ u_{BC} = -\left(u_{AB} + u_{CA}\right);$$
$$u_{AN} = \frac{u_{BC} + 2u_{AB}}{3};\ u_{BN} = \frac{u_{CA} + 2u_{BC}}{3};\ u_{CN} = \frac{u_{AB} + 2u_{CA}}{3}. \quad (1)$$

Индекс «i» момента измерения в уравнениях (1) и далее опущен. Полагая, что трехфазная система напряжений первых гармоник симметрична: $u_{AN} = U_{1m}\sin\alpha$, $u_{BN} = U_{1m}\sin\left(\alpha - 120^0\right)$, $u_{CN} = U_{1m}\sin\left(\alpha + 120^0\right)$, $\alpha = \omega_0 \cdot t$, определим обобщенное напряжение входного энергопотока $U_1^2 = u_{AN}^2 + u_{BN}^2 + u_{CN}^2$.

После тригонометрических преобразований получим:

$$U_1^2 = 1{,}5 \cdot U_{1m}^2. \quad (2)$$

Аналогичное преобразование справедливо для тока $I_1^2 = 1{,}5 \cdot I_{1m}^2$ и входной мощности

$$P_1 = u_{AN} \cdot i_A + u_{BN} \cdot i_B + u_{CN} \cdot i_C = 1{,}5 \cdot U_{1m} \cdot I_{1m} \cdot \cos\varphi_1. \quad (3)$$

Выразим мощность P_1 через обобщенные ток I_1 и напряжение U_1:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1. \quad (4)$$

Тогда мгновенные значения коэффициента мощности:

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1} = \frac{u_{AN} \cdot i_A + u_{BN} \cdot i_B + u_{CN} \cdot i_C}{\sqrt{u_{AN}^2 + u_{BN}^2 + u_{CN}^2} \cdot \sqrt{i_A^2 + i_B^2 + i_C^2}}. \quad (5)$$

Будем считать $S_1 = U_1 \cdot I_1$ – полной мгновенной мощностью обобщенного энергопотока [6, 7]. Тогда мгновенная реактивная мощность:

$$Q_1 = S_1 \cdot \sin\varphi_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin\varphi_1. \quad (6)$$

Синхронные машины могут работать в режимах активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузок на трехфазную сеть. Знак фазового угла φ_1 не определяется формулой (6). Мгновенное значение $\sin\varphi_1$ с учетом знака можно определить по данным измерений двух фаз:

$$\sin\varphi_1 = \frac{\sqrt{3}\cdot\left(\delta u_a \cos\varphi_1 - \delta i_a\right)}{2\cdot\left(\delta u_b + 0{,}5\delta u_a\right)}, \qquad (7)$$

где $\delta u_a = \frac{u_a}{U_m}$; $\delta u_b = \frac{u_b}{U_m}$; $\delta i_a = \frac{i_a}{I_m}$ – относительные величины токов и напряжений. Формула (7) справедлива, если известна последовательность чередования фаз напряжений и угол не превышает 90°.

Заключение. Рассмотрена измерительная система мгновенных токов и напряжений трехфазных электромеханических преобразователей, позволяющая получить практически исчерпывающую информацию о текущем состоянии обобщенного энергопотока между преобразователем частоты и электрической машиной. Область применения данной разработки – системы управления электроприводом переменного тока.

Библиографический список

1. Виноградов, А. Адаптивно-векторная система управления бездатчикового асинхронного электропривода серии ЭПВ / А. Виноградов, А. Сибирцев, И. Колодин // Силовая электроника. – 2006. – № 3. – С. 50–55.

2. Панкратов, В.В. Задачи синтеза алгоритмов идентификации для бездатчиковых асинхронных электроприводов с векторным управлением и вариант их решения / В.В. Панкратов, М.О. Маслов // Силовая интеллектуальная электроника. – 2007. – № 1(6). – С. 23–43.

3. Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений: учебник / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 336 с.

4. Волович, Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г.И. Волович. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005. – 528 с.

5. Групповая задержка и ее влияние на тестирование потоков последовательных данных / П.Дж. Пупалайкис // Компоненты и технологии. – 2007. – № 1. – С. 150–157.

6. Смолин, В.И. Основы теории обобщенного энергопотока трехфазных электромеханических преобразователей / В.И. Смолин, И.Г. Топольская // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Энергетика». – 2013. – Т. 13. № 1. – С. 128–136.

7. Смолин, В.И. Теория обобщенного энергопотока трехфазных электромеханических преобразователей в задачах управления электроприводом / В.И. Смолин, И.Г. Топольская // Труды VIII Международной (XIX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2014. – Т. 1. – Саранск, 2014. – С. 111–115.

К содержанию

УДК 62-531.9 + 621.311.24 + 621.548

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТОРМОЖЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Е.А. Сироткин

Приведена информация о существующих системах торможения для ветроэнергетических установок, рассмотрены их преимущества и недостатки, а также стоимостные характеристики. Проанализированы условия, в которых эксплуатируется ветроэнергетическое оборудование. Сделаны выводы о целесообразности применения систем торможения в ветроэнергетических установках в зависимости от климатических условий эксплуатации.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, система торможения ВЭУ, экономическая целесообразность.

Как правило, все ветроэнергетические установки (ВЭУ) рассчитаны и спроектированы таким образом, что электрический генератор выдает номинальную мощность при скорости ветра 11 м/с [1]. Однако подавляющее большинство ветроустановок дополнительно оснащают системами управления мощностью для обеспечения безопасной эксплуатации агрегата, т.к. при скорости ветра выше 11 м/с возникает вероятность аварии (разрушение ветроколеса, перегрев обмоток генератора, вибрационные колебания конструкции) [2]. В связи с установкой на ВЭУ дополнительного оборудования возрастает общая стоимость изделия, таким образом, появляется задача по нахождению компромисса между удешевлением установки и обеспечением безопасности ее эксплуатации.

На данный момент существует несколько разных принципов управления мощностью ВЭУ, каждый из которых делится на подклассы. Одними из первых в ветроэнергетической промышленности стали появляться аэродинамические регуляторы, потом механические, а в последнее время все больше внимания уделяется электрическому и электромеханическому принципам управления [3]. И для того чтобы корректно оценить экономическую целесообразность внедрения системы адаптивного регулирования в ветроэнергетические установки, необходимо понимать в целом, из чего складывается стоимость самого оборудования, и различать стоимость электроэнергии, получаемой от этого оборудования.

Цену ветроэнергоустановки определяет производитель. Поэтому вопросы «дороже-дешевле» являются очень условными в связи с различной добавочной стоимостью. Тем не менее можно выделить характерные черты изделий, влияющих на ценообразование. Лопасти у горизонтально-осевых ветроэнергоустановок (ГО ВЭУ) значительно сложнее в исполнении в связи с особой формой профиля и переменной хордой, чем у верти-

кально-осевых (ВО ВЭУ). При работе ВЭУ на лопасти ГО ВЭУ действуют центробежные силы и силы гравитации, что является причиной необходимости дополнительного усиления профиля шпангоутами и стрингерами. ГО ВЭУ являются более быстроходными, чем ВО ВЭУ, в связи с чем износ подшипников (на которые приходится до 80 % отказов) больше. Механизмы регулирования частоты вращения у ГО ВЭУ более сложные и снижают надежность [4].

На данный момент массогабаритные характеристики ВО ВЭУ уступают горизонтально-осевым аналогам, однако это нельзя считать однозначным недостатком, поскольку, например, в электрогенераторы порой добавляют дополнительные массы, играющие роль маховика [5]. Необходимо отметить, что ВО ВЭУ обладают меньшей парусностью, благодаря чему их можно использовать на более сильных ветрах, чем ГО ВЭУ. Ко всему прочему в гондоле ГО ВЭУ невозможно разместить ряд сервисного оборудования, что невыгодно отличает их от ВО ВЭУ [6].

ГО ВЭУ неизбежно и, по определению, генерируют ряд паразитных шумов, в том числе и инфразвук – за счет срыва потока с лопастей [7]. Немаловажным параметром является наличие низкочастотных и высокочастотных вибраций. У ВО ВЭУ показатели по шуму и вибрациям значительно лучше, что позволяет их эксплуатировать в непосредственной близости к жилым помещениям и даже на инженерных объектах [8]. Мачта ВО ВЭУ при размещении на зданиях жилого сектора и других инженерных объектах может быть значительно ниже, чем в полевых условиях, что снижает общую стоимость изделия на 30–50 %, а обслуживание и ремонт на 50–80 %.

В связи с вышесказанным, стоимостные характеристики ГО и ВО ВЭУ являются примерно одинаковыми. Однако сегодня сравниваются серийновыпускаемые ГО ВЭУ и экспериментальные образцы ВО ВЭУ по той причине, что ВО ВЭУ являются молодыми установками, получившими серьезное развитие только с начала XXI века. Следовательно, можно прогнозировать, что при выпуске серии ВО ВЭУ их стоимость будет ниже, чем ГО ВЭУ. Это в любом случае будет зависеть от добавочной стоимости производителя.

Цена электроэнергии определяется различными методиками. Одной из простейших является определение стоимости киловатт-часа из отношения закупочной цены производящего оборудования к сроку эксплуатации. На первый взгляд, сегодня стоимость киловатт-часа, полученного от ГО ВЭУ, ниже, чем от ВО ВЭУ. Однако это не так. Во-первых, флуктуации ветра (переменное направление и скорость потока) вызывают необходимость регулирования положения ГО ВЭУ «на ветер» для установления коллинеарности оси вращения и вектора набегающего потока [9]. На это требуется время, в течение которого выработка энергии ГО ВЭУ значительно снижается. Если понаблюдать за положениями румба-анемометра, можно отметить непостоянство направления ветра. Для ВО ВЭУ изменчи-

вое направление ветра не влияет на выработку. Полевые испытания одинаковых по мощности ВО и ГО ВЭУ – мощностью 3 кВт каждая на мачтах высотой 12 метров в степной зоне РФ (Троицкий р-н Челябинской области на границе с Казахстаном) – показывают, что выработка электроэнергии у ВО ВЭУ больше в 1,5–2 раза, чем ГО ВЭУ за счет отсутствия необходимости регулирования положения [10]. Это основное обстоятельство, которое определяет стоимость киловатт-часа, которая у ВО ВЭУ получается в 1,5–2 раза ниже, чем у ГО ВЭУ.

Когда речь заходит о ценовых диапазонах систем управления мощностью, то невозможно назвать конкретные суммы, не рассматривая при этом какую-либо определенную ветроэнергетическую установку, однако можно предположить, что стоимость изготовления системы будет сопоставима с общей стоимостью всей конструкции ветроагрегата. Для такого предположения достаточно сравнить массовые характеристики элементов распространенных регуляторов и всей ветроустановки [11]. Что касается электрооборудования системы управления, то здесь многое зависит от марки производителя комплектующих и качества их изготовления. Но стоит отметить, что все комплектующие (датчики, исполнительные механизмы, блоки сравнения, усилители и пр.) находятся в массовом серийном производстве по всему миру и могут быть внедрены в систему регулирования, особенно если стадия ее проектирования совпадает по времени со стадией проектирования конструкции ВЭУ.

Кроме того, оценить целесообразность использования системы адаптивного регулирования можно, оценив стоимость ремонта тех или иных элементов ВЭУ в случае аварии. В случае разрушения ветроколеса потребуются дополнительные затраты на демонтаж разрушенных элементов, изготовление и установку новых частей ВЭУ. При перегреве генератора, при наилучшем развитии событий, может потребоваться только замена электротехнических узлов, а это потребует общий демонтаж и разбор всего агрегата. Наихудшим вариантом может стать возгорание установки и полный выход из строя с дальнейшей невозможностью восстановления. В случае превышения вибрационных показателей возможно возникновение дисбаланса конструкции и, как следствие, постепенное разрушение механических узлов. Также здесь следует учитывать месторасположение ветроэнергетического оборудования. Если вблизи не находится никаких объектов, которым может быть причинен вред при аварии ветроагрегата, то ценовые затраты на ликвидацию последствий будут оцениваться только затратами на восстановление и ремонт ВЭУ. Но если ветроэнергетический объект находится вблизи строений или непосредственно на крыше зданий, то затраты на устранение последствий аварии могут быть на порядок выше, чем в первом случае. Использование системы адаптивного управления, рассчитанной для заданной климатической зоны, позволит предотвратить разрушение ветроустановки.

Подводя итог, можно сказать, что необходимость интеграции систем управления мощностью в конструкцию ветроустановок вполне оправдана. Тем не менее, следует подбирать те или иные вариации блоков управления под определенные климатические условия территории, где будет эксплуатироваться ВЭУ. Благодаря тенденции унификации и стандартизации всех отраслей промышленности появляется возможность создать ряд систем управления с различными характеристиками, которые можно опционально устанавливать на серийные образцы ВЭУ.

Библиографический список

1. Sirotkin, E.A. State of world wind industry development / E.A. Sirotkin, E.V. Solomin // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. 2014. № 1. Pp. 22–26.

2. Сироткин, Е.А. Особенности технологии управления ветроэнергетическими установками / Е.А. Сироткин // Наука ЮУрГУ. Материалы 68-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 849–858.

3. Bianchi, Fernando D. Wind turbine control systems: principles, modelling and gain scheduling design. 2007.

4. Сироткин, Е.А. Эффективные методы регулирования мощности устройств на основе ВИЭ / Е.А. Сироткин, Д.В. Коробатов, А.С. Мартьянов, Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 11–12 (199–200). – С. 69–78.

5. Безруких, П.П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология / П.П. Безруких. – М.: Колос, 2008.

6. Сироткин, Е.А. Классификация систем управления ветроэнергетических установок / Е.А. Сироткин, Д.В. Коробатов, С.В. Козлов, А.О. Троицкий // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 13–14 (201–202). – С. 38–45.

7. Сироткин, Е.А. Электромеханическая система аварийного торможения ветроэнергетической установки / Е.А. Сироткин, Е.В. Соломин, С.В. Козлов // Электротехнические системы и комплексы. – 2016. – № 1 (30). – С. 19–23.

8. Сироткин, Е.А. Регулирование мощности ветроэнергетической установки / Е.А. Сироткин, Д.В. Коробатов, А.О. Троицкий // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 15–18. – С. 67–74.

9. Лятхер, В.М. Развитие ветроэнергетики / В.М. Лятхер // Малая энергетика. – 2006. – № 1–2 (4–5). – С. 18–38.

10. Sirotkin, E.A. Adaptive control over the permanent characteristics of a wind turbine / E.A. Sirotkin, E.V. Solomin, A.S. Martyanov // Procedia Engineering. 2015. Т. 129. Pp. 640–646.

11. Сироткин, Е.А. Анализ жизненных фаз ветроэнергетической установки / Е.А. Сироткин, А.С. Аникин, С.В. Козлов, Е.Е. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 5 (145). – С. 37–41.

К содержанию

УДК 621.314.2:004

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ»

Д.В. Топольский, И.Г. Топольская

Приведены данные о результатах разработки цифрового комбинированного трансформатора тока и напряжения для цифровых подстанций. Определены требования к устройству для его интеграции в структуру цифровой подстанции. Проведена опытная эксплуатация цифрового измерительного трансформатора. Установлено, что разработанное устройство соответствует требованиям международных стандартов, предъявляемым к оборудованию цифровых подстанций.

Ключевые слова: интеллектуальные сети, цифровая подстанция, программно-аппаратный комплекс, цифровой измерительный трансформатор, МЭК 61850.

Энергетика является приоритетным объектом развития научно-технологического комплекса страны. Её развитие во многом определяется государством. Основополагающим документом, определяющим развитие энергетики в Российской Федерации, является Энергетическая стратегия России. Инновационная направленность развития топливно-энергетического комплекса также предполагает формирование условий для развития непрерывного процесса поиска и практической реализации новых научно-технических, технологических и организационно-экономических решений в рамках общегосударственного регулирования и четкой системы взаимодействия всех участников инновационного процесса. Энергетической стратегией России определены приоритетные направления научно-технического прогресса и тенденции развития в энергетике.

Значительная часть направлений развития энергетики связана с развитием средств автоматизации. В частности, по направлению «Электроэнергетика» предусматривается: создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России (интеллектуальные сети – Smart Grids); развитие силовой электроники и устройств на их основе, прежде всего различного рода сетевых управляемых устройств (гибкие системы передачи переменного тока – FACTS); создание высокоинтегрированного информационно-управляющего комплекса оперативно-диспетчерского управления в режиме реального времени с экспертно-расчетными системами принятия решений; создание высоконадежных магистральных каналов связи между различными уровнями диспетчерского управления и дублированных цифровых каналов обмена информацией между объектами и центрами управления; создание и широкое внедре-

ние централизованных систем противоаварийного управления, охватывающих все уровни Единой энергетической системы России.

В соответствии с направлениями модернизации энергетики России поставлена задача перехода на цифровые подстанции. Основным документом, регламентирующим архитектуру цифровой подстанции, является государственный стандарт [1]. Технические решения в области автоматизированных систем управления цифровыми подстанциями изложены в [2]. Вопросы стандартизации при реализации концепции цифровой подстанции рассмотрены в [3]. Опыт разработки цифровых подстанций изложен в [4, 5]. Перспективы создания цифровых программно-аппаратных комплексов цифровых подстанций рассмотрены в [6]. Общие подходы к автоматизации цифровых подстанций содержатся в [7, 8, 9].

Цифровые подстанции (ЦПС) имеют трёхуровневую архитектуру программно-аппаратного комплекса (ПАК) [10]. Архитектура ПАК ЦПС включает уровни процесса (нижний), присоединения (средний) и станционный (верхний). Структура программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции приведена на рис. 1.

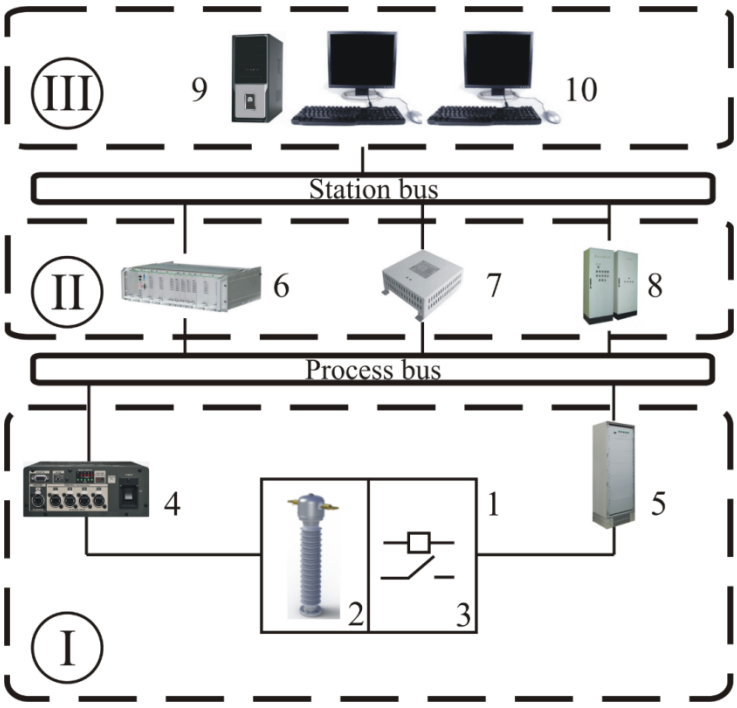


Рис. 1. Структура программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции

На рис. 1 показаны: I – уровень процесса, II – уровень присоединения, III – станционный уровень, 1 – открытое распределительное устройство (ОРУ), 2 – измерительные трансформаторы, 3 – коммутационное оборудование, 4 – устройство сопряжения (Merging Unit), 5 – удалённый терминал (RTU), 6 – контроллер присоединения, 7 – релейная защита и автоматика

(РЗА), 8 – другие интеллектуальные электронные устройства (IED), 9 – сервер SCADA, 10 – автоматизированное рабочее место оператора.

Данное представление является упрощённым, однако позволяет проиллюстрировать процесс взаимодействия первичного оборудования с оборудованием и автоматизированной системой управления ЦПС.

Группой важнейших параметров электрических сетей являются токи и напряжения в линиях электропередач (ЛЭП), которые подходят к подстанциям. Измерение токов в настоящее время осуществляется в основном с помощью высоковольтных электромагнитных измерительных трансформаторов тока с масляной или элегазовой высоковольтной изоляцией, преобразующих большие токи высоких напряжений в меньшие токи низких напряжений, которые затем могут быть преобразованы в цифровые коды. К недостаткам этих устройств относятся большие масса и габариты, усложняющие их установку на подстанциях. Кроме того, масляные трансформаторы обладают повышенной взрыво- и пожароопасностью, а элегазовые – требуют регулярного контроля давления элегаза.

В последние годы основное направление исследований, связанное с измерением токов высоких напряжений, – цифровые измерительные трансформаторы. В этой связи компанией «Челэнергоприбор» (www.limi.ru) совместно с учёными ЮУрГУ разработан и прошёл опытную эксплуатацию цифровой комбинированный измерительный трансформатор тока и напряжения ТРАТОН-110 (рис. 2) [11].

Рис. 2. Цифровой комбинированный измерительный трансформатор тока и напряжения ТРАТОН-110

ТРАТОН-110 состоит из внешнего датчика, устанавливаемого на ОРУ, и блока сопряжения с сетью ЦПС по протоколу МЭК-61850, устанавливаемого в здании подстанции. Передача данных между датчиком и блоком сопряжения осуществляется по волоконно-оптической линии связи.

Ток измеряется при помощи электромагнитного трансформатора тока, установленного в высоковольтной части датчика. Напряжение измеряется при помощи емкостного масштабирующего преобразователя напряжения (делителя). Результат измерений на высоковольтной стороне преобразуется в цифровой код и передается на низковольтную сторону по волоконно-оптической линии связи длиной до 1,5 км.

Питание в высоковольтную часть подается с низковольтной стороны при помощи трансформаторной развязки. Для получения данных для цепей РЗА в ТРАТОН используется пояс Роговского, обеспечивающий измерение тока в аварийных режимах.

Цифровой измерительный трансформатор ТРАТОН-110 соответствует ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010 «Электронные трансформаторы напряжения» и ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 «Электронные трансформаторы тока». Основные технические характеристики:

- класс напряжения 110 кВ;
- номинальный первичный ток 200...2000 А;
- класс точности измерения тока для АСКУЭ 0,2;
- класс точности измерения тока для РЗА 5;
- класс точности измерения напряжения 0,2;
- протокол передачи данных МЭК 61850-9-2;
- габаритные размеры датчика на ОРУ 1540х320х450 мм;
- масса 120 кг.

В настоящее время ведутся работы по подготовке к проведению высоковольтных испытаний и внесению в государственный реестр средств измерений.

Заключение. Проделанная работа способствует развитию технологии «цифровая подстанция» и соответствует приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы. Научно-технический уровень выполненной разработки отвечает лучшим достижениям в данной области. Выполнение патентных исследований показало, что аналогов предлагаемого решения с сопоставимыми ценами на мировом рынке пока не выявлено. Результаты оценки технико-экономической эффективности внедрения ТРАТОН-110 позволяют сделать вывод, что данная научно-техническая продукция имеет хорошие перспективы коммерциализации. Широкомасштабное использование принципиально новых цифровых комбинированных трансформаторов тока и напряжения в области управления и защиты оборудования цифровых подстанций ЛЭП переменного тока, а также оперативного коммерческого учета электроэнергии

вместо традиционных электромагнитных измерительных трансформаторов тока и напряжения позволит снизить установочные затраты на 50 %, расходы на обслуживание до 90 %. Повышение точности и быстродействия при измерении токов можно достигать путем оптимизации вычислительных процедур в микроконтроллерах высоковольтной и низковольтной частей.

Библиографический список

1. ГОСТ Р МЭК 61850-3-2005. Сети и системы связи в подстанциях. Архитектура цифровой подстанции. – М.: Стандартинформ, 2006. – 15 с.

2. Калинкин, С.Ю. Технические решения в области АСУ ТП для цифровых подстанций 110/35 кВ. Энергия под ключ / С.Ю. Калинкин. – URL: http://forca.ru/stati/rzia/resheniya-v-oblasti-asutp-dlya-cifrovyh-podstanciy.html.

3. Маслов, А.М. Вопросы стандартизации при реализации концепции Цифровой подстанции / А.М. Маслов, П.Л. Лобанов // Материалы 2-й Международной выставки и конференции по инновационным проектам в электросетевом комплексе IPNES 2011, 6 – 8 сентября 2011 г.

4. Моржин, Ю.И. Цифровая подстанция ЕНЭС / Ю.И. Моржин, С.Г. Попов, П.А. Горожанкин, В.Г. Наровлянский, М.А. Власов, А.А. Сердцев // ЭнергоЭксперт – 2011. – № 4 (27). – С. 27–32.

5. Чичёв, С.И. Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций / С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин. – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 140 с.

6. Гельфанд, А.М. Перспективы создания цифровых программно-аппаратных комплексов подстанций ЕНЭС / А.М. Гельфанд, П.А. Горожанкин, В.Г. Наровлянский, Л.И. Фридман // Электрические станции. – 2012. – № 5.– С. 55–58.

7. Тазин, В.О. Инжиниринг систем автоматизации цифровых подстанций / В.О. Тазин, А.В. Головин, А.О. Аношин // Релейщик – 2012. – № 1.

8. Горелик, Т.Г. Автоматизация энергообъектов с использованием технологии «цифровая подстанция». Первый российский прототип / Т.Г. Горелик, О.В. Кириенко // Релейная защита и автоматизация – 2012. – № 1(05). – С. 86–89.

9. Маслов, А.М. Системный подход к автоматизации на основе МЭК-61850 / А.М. Маслов, С. Гершпах // Энергетика и промышленность России. – 2011. – № 18 (182).

10. Корсунов, П.Ю. Разработка Концепции «Цифровая подстанция» / П.Ю. Корсунов, Ю.И. Моржин, С.Г. Попов // Договор № И-11-41/10 / ОАО «НТЦЭ». – М., 2011. – 248 с.

11. Волович, Г.И. Разработка адаптивного цифрового комбинированного трансформатора тока и напряжения для интеллектуальных электрических сетей / Г.И. Волович, Д.В. Топольский, И.Г. Топольская // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2014. – № 11. – С. 36–41.

К содержанию

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

УДК 004.032.24 + 004.021

Q-ЭФФЕКТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННЫХ АЛГОРИТМОВ[1]

В.Н. Алеева

Описан подход, основанный на концепции Q-детерминанта, который позволяет для любого численного алгоритма разработать программу, использующую ресурс параллелизма алгоритма полностью. Результаты исследования могут применяться для повышения эффективности реализации численных алгоритмов на параллельных вычислительных системах.

Ключевые слова: Q-детерминант алгоритма, представление алгоритма в форме Q-детерминанта, Q-эффективная реализация алгоритма, ресурс параллелизма алгоритма, параллельная вычислительная система, параллельная программа, Q-эффективная программа.

История развития параллельных вычислительных систем насчитывает десятки лет, однако эффективность реализации на них алгоритмов остается низкой. Использование ресурса параллелизма алгоритмов может решить эту проблему. Выявить ресурс параллелизма численных алгоритмов позволяет концепция Q-детерминанта [1]. Основой концепции является универсальное описание численных алгоритмов и представление в форме Q-детерминанта. Q-детерминант содержит все реализации алгоритма, в том числе Q-эффективную. Q-эффективная реализация полностью использует ресурс параллелизма алгоритма. С формальной точки зрения она является максимально быстрой реализацией алгоритма. Концепция Q-детерминанта использовалась для исследования ресурса параллелизма алгоритмов [2, 3]. Цель данного исследования – описание подхода, с помощью которого для любого численного алгоритма можно разработать программу, использующую ресурс параллелизма алгоритма полностью.

Исследование параллельной структуры алгоритмов и программ с целью их реализации на параллельных вычислительных системах является важным и развитым. Основа исследования описана в [4, 5]. Для описания параллельных алгоритмов используется представление с помощью графов. В настоящее время создается Интернет-энциклопедия AlgoWiki [6]. В энциклопедии описываются свойства, особенности, статические и динамические характеристики алгоритмов. В докладе [7] представлено современное

[1] Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-00865 а, при поддержке Правительства РФ в соответствии с Постановлением № 211 от 16.03.2013 г. (соглашение № 02.A03.21.0011).

состояние исследований в области распараллеливания алгоритмов и их реализации на параллельных вычислительных системах. Доклад содержит формулировку некоторых нерешенных проблем. Вот некоторые из них. Как изобразить потенциально бесконечный граф? Как изобразить потенциально многомерный граф? Как показать зависимость структуры графа от размера задачи? Как выразить имеющийся параллелизм и показать возможный способ параллельного исполнения? На эти вопросы отвечает концепция Q-детерминанта. Данное исследование содержит один из вариантов ответа на последний вопрос.

Концепция Q-детерминанта

Пусть α алгоритм для решения алгоритмической проблемы $\bar{y} = F(N, B)$, где $N = \{n_1, \ldots, n_k\}$ – множество параметров размерности проблемы, N может быть пустым, B – множество входных данных (счетное множество переменных), $\bar{y} = (y_1, \ldots, y_m)$ – множество выходных данных, m является вычислимой функцией параметров N. $\bar{N}$ – вектор $(\bar{n}_1, \ldots, \bar{n}_k)$, где $\bar{n}_i$ – некоторое заданное значение параметра n_i $(1 \le i \le k)$. $\{\bar{N}\}$ – множество всевозможных векторов $\bar{N}$. Q – множество операций, используемых алгоритмом α. Любое однозначное отображение $w: \{\bar{N}\} \to V$, где V – множество всех выражений над B и Q, называется безусловным Q-термом. Если при любом $\bar{N} \in \{\bar{N}\}$ и любой интерпретации переменных B $w(\bar{N})$ принимает значение логического типа, то w называется безусловным логическим Q-термом. Пусть $u_1, \ldots, u_l$ – безусловные логические Q-термы, $w_1, \ldots, w_l$ – безусловные Q-термы. Множество пар (u_i, w_i), где $i = 1, \ldots, l$, обозначается $(\bar{u}, \bar{w}) = \{(u_i, w_i)\}_{i=1,\ldots,l}$ и называется условным Q-термом длины l. Счетное множество пар безусловных Q-термов $(\bar{u}, \bar{w}) = \{(u_i, w_i)\}_{i=1,2,\ldots}$ называется условным бесконечным Q-термом, если $\{(u_i, w_i)\}_{i=1,\ldots,l}$ является условным Q-термом для любого $l < \infty$. Если не имеет значения, является Q-терм безусловным, условным или условным бесконечным, то его можно называть Q-термом.

Под вычислением безусловного Q-терма w при интерпретации B следует понимать вычисление выражения $w(\bar{N})$ при некотором $\bar{N} \in \{\bar{N}\}$. Для вычисления при заданной интерпретации B и некотором $\bar{N} \in \{\bar{N}\}$ условного Q-терма $(\bar{u}, \bar{w}) = \{(u_i, w_i)\}_{i=1,\ldots,l}$ необходимо, вычисляя выражения $u_i(\bar{N}), w_i(\bar{N})$, найти $u_{i_0}(\bar{N}), w_{i_0}(\bar{N})$ такие, что $u_{i_0}(\bar{N})$ принимает значение *true*, а значение $w_{i_0}(\bar{N})$ определено. В качестве значения $(\bar{u}, \bar{w})$ нужно взять $w_{i_0}(\bar{N})$. Если установлено, что выражений $u_{i_0}(\bar{N}), w_{i_0}(\bar{N})$ не существует, то значение $(\bar{u}, \bar{w})$ для данной интерпретации B и данного $\bar{N}$ не определено.

Предположим, что I_1, I_2, I_3 подмножества множества $I = (1,\ldots,m)$ такие, что:

1) $I_1 \bigcup I_2 \bigcup I3 = I$;

2) $I_i \bigcap I_j = \varnothing$ $(i \neq j; i, j = 1,2,3)$;

3) одно или два из множеств I_i $(i = 1,2,3)$ могут быть пустыми.

Множество Q-термов $\{f_i\}_{i \in I}$ удовлетворяет условиям:

1) f_{i_1} $(i_1 \in I_1)$ – безусловный Q-терм, $f_{i_1} = w^{i_1}$;

2) f_{i_2} $(i_2 \in I_2)$ – условный Q-терм, $f_{i_2} = \{(u_j^{i_2}, w_j^{i_2})\}_{j=1,\ldots,l_{i_2}}$, l_{i_2} является вычислимой функцией параметров N;

3) f_{i_3} $(i_3 \in I_3)$ – условный бесконечный Q-терм, $f_{i_3} = \{(u_j^{i_3}, w_j^{i_3})\}_{j=1,2,\ldots}$.

Если алгоритм α состоит в том, что для определения y_i $(i \in I)$ требуется вычислить Q-терм f_i, то множество Q-термов y_i $(i \in I)$ называется Q-детерминантом алгоритма α, а представление алгоритма в виде $y_i = f_i$ $(i \in I)$ представлением в форме Q-детерминанта.

Реализацией алгоритма α, представленного в форме Q-детерминанта $y_i = f_i$ $(i \in I)$, называется вычисление Q-термов f_i $(i \in I)$ при заданной интерпретации B и некотором $\overline{N} \in \{\overline{N}\}$. Если реализация такова, что выражения $W(\overline{N}) = \{w^{i_1}(\overline{N})$ $(i_1 \in I_1); u_j^{i_2}(\overline{N}), w_j^{i_2}(\overline{N})$ $(i_2 \in I_2, j = 1,\ldots,l_{i_2}); u_j^{i_3}(\overline{N}), w_j^{i_3}(\overline{N})$ $(i_3 \in I_3, j = 1,2,\ldots)\}$ вычисляются одновременно (параллельно) и при вычислении каждого из выражений операции выполняются по мере их готовности, то реализация называется Q-эффективной. Q-эффективная реализация алгоритма с формальной точки зрения является максимально быстрой. Реализация алгоритма α называется выполнимой, если одновременно необходимо выполнять конечное число операций. Существуют алгоритмы, для которых Q-эффективная реализация не является выполнимой.

Разработка программы для Q-эффективной реализации алгоритма

Подход к разработке программы, выполняющей Q-эффективную реализацию алгоритма, основан на следующих утверждениях:

- Q-детерминант можно построить для любого численного алгоритма;
- Q-детерминант позволяет описать Q-эффективную реализацию алгоритма;
- если Q-эффективная реализация алгоритма является выполнимой, то можно разработать программу для ее выполнения.

Процесс разработки программы состоит из следующих этапов:

1) построение Q-детерминанта алгоритма;

2) описание Q-эффективной реализация алгоритма;

3) если Q-эффективная реализация выполнима, то для нее разрабатывается программа.

Разработанную программу будем называть Q-эффективной, а процесс ее разработки Q-эффективным программированием. Q-эффективная про-

грамма полностью использует ресурс параллелизма алгоритма, так как выполняет его Q-эффективную реализацию. В связи с этим она не допускает дальнейшего распараллеливания.

На этапе 3 для разработки программы должны использоваться средства параллельного программирования. При использовании распределенной памяти исследования ограничиваются вычислениями по принципу «Мастер – Рабочие», который часто применяется на кластерных вычислительных системах. Для дальнейшего изложения вычислительный узел «Мастер» обозначим M, а узел «Рабочий» – P.

Далее будет продемонстрировано применение описанного подхода к некоторым алгоритмам, Q-детерминанты которых состоят из Q-термов различного типа.

Алгоритм умножения матриц

Этап 1. Рассмотрим алгоритм умножения матриц $A=\lfloor a_{ij} \rfloor_{i=1,\ldots,n;\, j=1,\ldots,k}$ и $B=\lfloor b_{ij} \rfloor_{i=1,\ldots,k;\, j=1,\ldots,m}$. Результатом является матрица $C=\lfloor c_{ij} \rfloor_{i=1,\ldots,n;\, j=1,\ldots,m}$, где $c_{ij}=\sum_{s=1}^{k} a_{is}b_{sj}$. Алгоритм представлен в форме Q-детерминанта, состоящего из nm безусловных Q-термов.

Этап 2. Q-эффективная реализация заключается в том, что Q-термы $\sum_{s=1}^{k} a_{is}b_{sj} (i=1,\ldots,n;\, j=1,\ldots,m)$ вычисляются одновременно, при этом операции выполняются по мере их готовности к выполнению. Сначала к выполнению готовы все операции умножения, поэтому они должны быть выполнены одновременно. В результате будут получены nm цепочек, образованных с помощью операции сложения. Цепочки должны вычисляться одновременно, при этом при вычислении каждой из них должна использоваться схема сдваивания. Q-эффективная реализация алгоритма умножения матриц выполнима.

Этап 3. При использовании распределенной памяти каждый Q-терм $\sum_{s=1}^{k} a_{is}b_{sj} (i=1,\ldots,n;\, j=1,\ldots,m)$ вычисляется на своем вычислительном узле P. Если количество узлов P меньше количества Q-термов, то на одном узле P может вычисляться несколько Q-термов. Результат вычисления каждого из Q-термов передается на узел M.

Метод Гаусса-Жордана для решения систем линейных уравнений

Этап 1. Метод Гаусса-Жордана для решения систем линейных уравнений $A\bar{x}=\bar{b}$ можно применять для любых размерностей. Для простоты будем считать, что $A=\lfloor a_{ij} \rfloor_{i,\, j=1,\ldots,n}$ – матрица размерности $n\times n$ с ненулевым определителем. $\bar{x}=(x_1,\ldots,x_n)^T$, $\bar{b}=(a_{1,n+1},\ldots,a_{n,n+1})^T$ – векторы-столбцы, $\bar{A}=\left[a_{ij}\right]_{i,=1,\ldots,n;\, j=1,\ldots,n+1}$ – расширенная матрица системы. Построим Q-детерминант метода Гаусса-Жордана. Метод Гаусса-Жордана состоит из n шагов.

Шаг 1. В качестве ведущего элемента выберем a_{11}, если $a_{11} \neq 0$, иначе $a_{1j_1}(j_1 > 1)$, если $a_{1j} = 0$ для $j < j_1 \leq n$ и $a_{1j_1} \neq 0$. Получим расширенную матрицу $\overline{A}^{j_1} = \left[a_{ij}^{j_1}\right]$, элементы которой вычисляются по формулам

$$a_{1j}^{j_1} = \frac{a_{1j}}{a_{1j_1}},\ a_{ij}^{j_1} = a_{ij} - \frac{a_{1j}}{a_{1j_1}} a_{ij_1} (i = 2,\ldots,n;\ j = 1,\ldots,n+1).$$

Шаг k $(2 \leq k \leq n)$. После шага $(k-1)$ будет получена расширенная матрица $\overline{A}^{j_1\ldots j_{k-1}}$. В качестве ведущего элемента выберем $a_{k1}^{j_1\ldots j_{k-1}}$, если $a_{k1}^{j_1\ldots j_{k-1}} \neq 0$, иначе $a_{kj_k}^{j_1\ldots j_{k-1}}(j_k > 1)$, если $a_{kj}^{j_1\ldots j_{k-1}} = 0$ для $j < j_k \leq n$ и $a_{kj_k}^{j_1\ldots j_{k-1}} \neq 0$. Получим расширенную матрицу $\overline{A}^{j_1\ldots j_k} = \left[a_{ij}^{j\ \ldots j_k}\right]$, элементы которой вычисляются по формулам $a_{kj}^{j_1\ldots j_k} = \frac{a_{kj}^{j_1\ldots j_{k-1}}}{a_{kj_k}^{j_1\ldots j_{k-1}}}$, $a_{ij}^{j_1\ldots j_k} = a_{ij}^{j_1\ldots j_{k-1}} - \frac{a_{kj}^{j_1\ldots j_{k-1}}}{a_{kj_k}^{j_1\ldots j_{k-1}}} a_{ij_k}^{j_1\ldots j_{k-1}}$ $(i = 1,\ldots,n; i \neq k;\ j = 1,\ldots,n+1)$.

После шага n имеем систему уравнений $A^{j_1\ldots j_n}\overline{x} = \overline{b}^{j_1\ldots j_n}$, где $A^{j_1\ldots j_n} = \left[a_{ij}^{j_1\ldots j_n}\right]_{i=1,..,n;\ j=1,..,n}$, $\overline{b}^{j_1\ldots j_n} = (a_{1,n+1}^{j_1\ldots j_n},\ldots,a_{n,n+1}^{j_1\ldots j_n})^T$.

Введем обозначения: $L_{j_1} = \bigwedge_{j=1}^{j_1-1}(a_{1j} = 0)$, если $j_1 \neq 1$, $L_{j_1} = true$, если $j_1 = 1$, $L_{j_l} = \bigwedge_{j=1}^{j_l-1}(a_{lj}^{j_1\ldots j_{l-1}} = 0)$, если $j_l \neq 1$, $L_{j_l} = true$, если $j_l = 1$ $(l = 2,...,n)$. В зависимости от значений элементов матрицы A возможны $n!$ способов выбора $(j_1,\ldots,j_n)$, то есть $n!$ перестановок элементов $(1,\ldots,n)$. Занумеруем все перестановки от 1 до $n!$. Пусть i – номер перестановки $(j_1,\ldots,j_n)$. Тогда $w_i^{j_l} = a_{l,n+1}^{j_1\ldots j_n}$ $(l = 1,\ldots,n)$, $u_i = L_{j_1} \wedge (a_{1j_1} \neq 0) \wedge (\bigwedge_{l=2}^{n}(L_{j_l} \wedge (a_{lj_l}^{j_1\ldots j_{l-1}} \neq 0)))$ являются безусловными Q-термами.

Q-детерминант метода Гаусса-Жордана состоит из n условных Q-термов, а представление в форме Q-детерминанта имеет вид $x_j = \{(u_1, w_1^j),\ldots,(u_{n!}, w_{n!}^j)\}$ $(j = 1,\ldots,n)$.

Этап 2. Опишем Q-эффективную реализацию метода Гаусса-Жордана. В соответствии с определением Q-эффективной реализации все безусловные Q-термы $\{u_i, w_i^j\}(i = 1,...,n!;\ j = 1,...,n)$ должны вычисляться одновременно. Поэтому одновременно должны выполняться два вычислительных процесса: параллельное вычисление матриц $\overline{A}^{j_1}, \overline{A}^{j_1 j_2},..., \overline{A}^{j_1 j_2\ldots j_n}$ для любых возможных значений $j_1, j_2,..., j_n$ и параллельное вычисление Q-термов $u_i(i = 1,...,n!)$. При вычислении Q-термов u_i последовательно определяются ведущие элементы матриц для каждого шага алгоритма. Вычисление матриц $\overline{A}^{j_1}, \overline{A}^{j_1 j_2},..., \overline{A}^{j_1 j_2\ldots j_n}$, которые не соответствуют ведущим элементам, прекращается. Если вычисление Q-термов u_i будет идти быстрее, чем матриц $\overline{A}^{j_1}, \overline{A}^{j_1 j_2},..., \overline{A}^{j_1 j_2\ldots j_n}$, то порядок вычислений будет следующим. Первый цикл

состоит в том, что одновременно начинают вычисляться матрицы $\overline{A}^{j_1}$ и Q-термы $u_i(i=1,...,n!)$. Вычисление u_i начинается с подвыражений $L_{j_1} \wedge (a_{1j_1} \neq 0)(j_1 = 1,...,n)$, так как только их операции готовы к выполнению. Только одно из этих подвыражений будет иметь значение *true*. Соответствующее ему значение j_1 обозначим через r_1. Далее прекращается вычисление $\overline{A}^{j_1}$ и u_i, для которых $j_1 \neq r_1$. Во втором цикле одновременно вычисляются матрицы $\overline{A}^{r_1 j_2}(j_2 = 1,...,n; j_2 \neq r_1)$ и Q-термы u_i, для которых $j_1 = r_1$. При вычислении u_i нужно вычислять только подвыражения $L_{j_2} \wedge (a_{2j_2}^{r_1} \neq 0)(j_2 = 1,...,n; j_2 \neq r_1)$, так как только их операции готовы к выполнению. Только одно из этих подвыражений будет иметь значение *true*. Соответствующее ему значение j_2 обозначим через r_2. Далее прекращается вычисление $\overline{A}^{r_1 j_2}(j_2 = 1,...,n; j_2 \neq r_1)$ и $u_i(i=1,...,n!)$, для которых $j_2 \neq r_2$. Следующие $n-3$ цикла вычислений выполняются аналогично. В заключение нужно вычислить единственную матрицу $\overline{A}^{r_1...r_{n-1}j_n}(j_n \neq r_1, r_2, ..., r_{n-1})$, так как j_n имеет единственное значение. Обозначим это значение через r_n. В результате получим решение системы линейных уравнений $x_{r_j} = a_{j,n+1}^{r_1...r_n}(j=1,...,n)$. Q-эффективная реализация метода Гаусса-Жордана выполнима.

Этап 3. При использовании распределенной памяти каждая матрица $\overline{A}^{j_1}(j_1 = 1,...,n)$ и соответствующий ей Q-терм $u_i(i=1,...,n!)$ должны вычисляться на своем узле P. Если количество узлов P меньше n, то они должны выполнять вычисления для нескольких значений j_1. Узлы P получают от узла M информацию для вычисления матриц $\overline{A}^{j_1}$ и Q-термов u_i. Результаты вычисления r_1 и $\overline{A}^{r_1}$ передаются на узел M. Каждая матрица $\overline{A}^{r_1 j_2}(j_2 = 1,...,n; j_2 \neq r_1)$ и соответствующий ей Q-терм u_i должны вычисляться на своем узле P. Узлы P получают от узла M информацию для вычисления матриц $\overline{A}^{r_1 j_2}(j_2 = 1,...,n; j_2 \neq r_1)$ и Q-термов $u_i(i=1,...,n!)$. Результаты вычисления r_2 и $\overline{A}^{r_1 r_2}$ передаются на узел M. Следующие $n-3$ цикла вычислений выполняются аналогично. Последний цикл состоит в вычислении единственной матрицы $\overline{A}^{r_1 r_2 ... r_n}$, поэтому выполняется на узле M.

Метод Якоби для решения систем линейных уравнений

Этап 1. Построим Q-детерминант метода Якоби для решения системы линейных уравнений $A\overline{x} = \overline{b}$, где $A = [a_{ij}]_{i,j=1,...,n}$, $a_{ii} \neq 0 (i = 1,...,n)$, $\overline{x} = (x_1,...,x_n)^T$, $\overline{b} = (a_{1,n+1},...,a_{n,n+1})^T$. Введем обозначения $c_{ij} = -\dfrac{a_{ij}}{a_{ii}}$, $d_i = \dfrac{b_i}{a_{ii}} (i, j = 1,...,n)$. Пусть $\overline{x}^0$ начальное приближение. Тогда итерационный процесс можно записать так: $x_i^{k+1} = \sum\limits_{j=1,...,n; j \neq i} c_{ij} x_j^k + d_i (i = 1,...,n; k = 0,1,...)$. Критерием окончания итерацион-

ного процесса является $\left\|\bar{x}^{k+1} - \bar{x}^{k}\right\| < \varepsilon$. Здесь ε обозначает точность вычислений. Q-детерминант метода Якоби состоит из n условных бесконечных Q-термов. Представление метода Якоби в форме Q-детерминанта имеет вид $x_i = \{(\left\|\bar{x}^{1} - \bar{x}^{0}\right\| < \varepsilon, x_i^1),...,(\left\|\bar{x}^{k} - \bar{x}^{k-1}\right\| < \varepsilon, x_i^k),...\}(i = 1,...,n)$.

Этап 2. Для упрощения описания Q-эффективной реализации введем обозначения $u^l = \left\|\bar{x}^{l} - \bar{x}^{l-1}\right\| < \varepsilon (l = 1,2,...)$. Тогда Q-детерминант имеет вид $x_i = \{(u^1, x_i^1),(u^2, x_i^2),...,(u^k, x_i^k),...\}(i = 1,...,n)$. В соответствии с определением Q-эффективной реализации все безусловные Q-термы $\{u^l, x_i^l\}(i = 1,...,n; l = 1,2,...)$ должны вычисляться одновременно. Сначала должны быть вычислены одновременно Q-термы $x_i^1 (i = 1,...,n)$, так как их операции готовы к выполнению. Затем вычисляются одновременно Q-термы $u^1, x_i^2 (i = 1,...,n)$. Если u^1 имеет значение *true*, то вычисления заканчиваются, а решением системы линейных уравнений является $x_i = x_i^1 (i = 1,...,n)$. Если вычисление будет продолжаться, то Q-термы $u^k, x_i^{k+1} (i = 1,...,n)$ будут вычисляться одновременно при любом значении $k \geq 2$. Если значение u^k *true*, то вычисления заканчиваются, а решением системы линейных уравнений является $x_i = x_i^k (i = 1,...,n)$. Q-эффективная реализация метода Якоби выполнима.

Этап 3. При использовании распределенной памяти каждая компонента вектора $\bar{x}^{k} (k = 1,2,...)$ вычисляется на своем вычислительном узле P. Если количество узлов P меньше n, то они должны выполнять вычисления для нескольких компонент вектора $\bar{x}^{k} (k = 1,2,...)$. Сначала узел M посылает на узлы P необходимую информацию для вычисления Q-термов $x_i^1 (i = 1,...,n)$. Результаты вычисления передаются на узел M. Узел M посылает на узлы P значения $x_i^1 (i = 1,...,n)$. Узел M вычисляет Q-терм $\left\|\bar{x}^{1} - \bar{x}^{0}\right\| < \varepsilon$. Вместе с этим на узлах P вычисляются $x_i^2 (i = 1,...,n)$ одновременно. Следующие итерации выполняются аналогично.

В настоящее время для рассмотренных алгоритмов разработаны Q-эффективные программы. Разработку программ выполнили студенты Южно-Уральского государственного университета Н. Валькевич, Ю. Лаптева и Д. Тарасов. Для создания Q-эффективных программ был использован язык программирования *C*. Для общей памяти применялась технология OpenMP, для распределенной MPI и OpenMP. Исследование проводилось на суперкомпьютере «Торнадо ЮУрГУ».

Заключение

С помощью предлагаемого подхода к проектированию параллельных программ на основе концепции Q-детерминанта можно разработать Q-эффективную программу для любого численного алгоритма. Q-эффективная программа использует ресурс параллелизма алгоритма

полностью, так как выполняет его Q-эффективную реализацию, поэтому дальнейшее ее распараллеливание невозможно.

Для любого численного алгоритма можно разработать много Q-эффективных программ, так как можно использовать различные языки программирования, различные технологии параллельного программирования, кроме того, Q-эффективная программа ориентирована на архитектурные особенности параллельных вычислительных систем, для которых разрабатывается. Q-эффективные программы могут отличаться по скорости выполнения.

Библиографический список

1. Алеева, В.Н. Анализ параллельных численных алгоритмов / В.Н. Алеева. – Новосибирск: Препринт ВЦ СО АН СССР, 1985. – № 590. – 23 с.

2. Свирихин, Д.И. Определение ресурса параллелизма алгоритма и его эффективного использования для конечного числа процессоров / Д.И. Свирихин // Научный сервис в сети Интернет: поиск новых решений: труды Международной суперкомпьютерной конференции (17–22 сентября 2012 г., г. Новороссийск). – М.: Изд. МГУ, 2012. – С. 257–260.

3. Aleeva, V.N. Software System for Maximal Parallelization of Algorithms on the Base of the Conception of Q-determinant / V.N. Aleeva, I.S. Sharabura, D.E. Suleymanov // In: Malyshkin, V. (ed.) PaCT 2015. LNCS, Vol. 9251. – Switzerland.: Springer, 2015. – P. 3–9.

4. Voevodin, V.V. The V-Ray technology of optimizing programs to parallel computers / V.V. Voevodin, V.V. Voevodin // In: Vulkov, L.G., Yalamov, P., Wasniewski, J. (eds.) WNAA 1996. LNCS, vol. 1196. – Heidelberg.: Springer, 1997. – Pp. 546–556.

5. Воеводин, В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.

6. Антонов, А.С. Первая версия Открытой энциклопедии свойств алгоритмов / А.С. Антонов, Вад. В. Воеводин, Вл.В. Воеводин, А.М. Теплов, А.В. Фролов // Сборник «Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ’2015): труды международной научной конференции» (31 марта – 2 апреля 2015 г., г. Екатеринбург). – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – С. 31–42.

7. Воеводин, Вл.В. Параллельные алгоритмы под микроскопом / Вл.В. Воеводин // Международная конференция «Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ’2016)» (28 марта – 1 апреля 2016 г., г. Архангельск). – URL: http://omega.sp.susu.ru/books/conference/PaVT2016/talks/Voevodin.pdf.

К содержанию

УДК 697.3-52 + 681.513.5

О ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ЗДАНИЯ С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ В НАЧАЛЬНОМ СОСТОЯНИИ

Е.А. Алёшин

Рассматривается задача оптимального управления тепловым режимом здания с неопределенностью в начальном состоянии. Для классификации совокупности ситуаций в подсистеме внешней среды на классы предлагается использовать самообучающийся алгоритм таксономии. По измерениям начального состояния на входе делается вывод о принадлежности начального состояния к некоторому подмножеству пространственных состояний.

Ключевые слова: алгоритм таксономии, качество управления, условия неопределенности, процесс теплопотребления.

В процессе управления тепловым режимом здания неопределенность стремится к увеличению издержки, которую управляющее устройство пытается снизить. Один из подходов к решению задачи состоит в получении статистического описания неопределенности и выборе управления для уменьшения издержки. Предлагается другой подход, заключающийся в том, что по измерениям начального состояния на входе подсистемы теплопотребления можно сделать выводы о принадлежности начального состояния к некоторому подмножеству пространственных состояний. Цель состоит в выборе управления, основанного на этом измерении, которое уменьшает максимальную величину издержки для любого возможного начального состояния в подмножестве.

Так, если Q – множество возможных величин для неопределенности, Ω_u – множество допустимых вариантов управления, $J(u(\cdot), q)$ – функциональная издержка, то в задачу входит нахождение $u^*(\cdot) \in \Omega_u$, удовлетворяющего всем $u(\cdot) \in \Omega_u$:

$$\sup_{q \in Q} J\left(u^*(\cdot), q\right) < \sup_{q \in Q} J\left(u(\cdot), q\right). \qquad (1)$$

Первое достаточное условие применимо, если функциональная издержка имеет седловую точку. Но часто этого не бывает, и поэтому можно воспользоваться вторым достаточным условием при отсутствии решения с седловой точкой. В этом случае задача неопределенности начального состояния превращается в задачу с известным начальным состоянием, но с неопределенными уравнениями состояния.

Таким образом, результат применим также к задачам, в которых математическая модель содержит неопределенность в уравнении, описыва-

ющем состояние объекта. Этих двух условий достаточно для предложения методики контроля минимакса.

Начальное измерение пространства состояний на входе подсистемы теплопотребления можно поделить на две области, в одной из которых существует решение по седловой точке, т.е. $J\left(u^0(\cdot), q\right)$, удовлетворяющее:

$$J\left(u^0(\cdot), q\right) < J\left(u^0(\cdot), q^0\right) < J\left(u(\cdot), q^0\right), \quad (2)$$

где для измеренного начального состояния x_{0m} в другой области решения седловой точки нет.

Алгоритм для нахождения минимаксного управления заключается в следующем:

– автоматическая классификация ситуаций по типу возмущений на входе подсистемы теплопотребления с учетом характера их воздействия на показатель качества теплового режима;

– установление принадлежности текущего значения компонент вектора контролируемых возмущений (внешняя среда) к одному из классов гиперповерхностей;

– формирование управляющих воздействий в подсистеме теплопотребления в зависимости от возмущений, действующих на ее входе. Этот алгоритм выполняется вторым уровнем в системе.

На первом этапе статистическая информация обрабатывается по алгоритмам таксономии, что позволяет представить все множество ситуаций на входе подсистемы теплопотребления в виде отдельных таксонов.

В блоке классификации автоматически классифицируются количественные признаки $x_j \left(j = \overline{1, n}\right)$ на классы по числу градаций показателя качества. Для объективной классификации статистической совокупности ситуаций в подсистеме внешней среды на классы предлагается использовать самообучающийся алгоритм таксономии [1]. Алгоритм основан на представлении технологических параметров (признаков) *n*-мерных объектов точками в *n*-мерном пространстве. Каждая *n*-мерная точка $x_j \left(j = \overline{1, n}\right)$ (где *n* – значения технологических параметров) определяет некоторую ситуацию, т.е. состояние объекта. Совокупность таких точек разделяется на классы в зависимости от значения определенных мер близости между *n*-мерными точками. Для этого исходное множество L_0 точек преобразуется в такое множество L_v, в котором все точки, принадлежащие к одному таксону (классу), приобретают одинаковую массу

$$\lambda_{(v+1)k} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} \vec{B}_{(v)ik}, \quad (3)$$

где $\vec{B}_{(v)ik}$ – вероятность принадлежности *i*-ой точки к таксону *K*.

Границы областей выделенных таксонов описываются предикатными уравнениями, используя гиперсферу $\left(R^2 - \left\|\vec{x} - \vec{x}_{\text{ц}}\right\|^2\right) \geq 0$, где $x_{\text{ц}}$ – центры таксонов. Применяя методику [1], получаем:

$$S_2\left[\left(R_{1k}^2 - \left\|\vec{x} - \vec{x}_{1\text{ц}} A_k\right\|^2 v_1\right)\left(R_{2k}^2 - \left\|\vec{x} - \vec{x}_{2\text{ц}} A_k\right\|^2\right)\right] \times \times v_1 v_2 \left(R_{3k}^2 - \left\|\vec{x} - \vec{x}_{3\text{ц}}\right\| v_1 \ldots\right), \quad (4)$$

где v_1 – символ, R – дизъюнкции;

$$S_2\left[P_j^+(\vec{x})\right] = \begin{cases} 1, \text{если } P_j^*(x) \geq 0 \\ 0, \text{если } P_j^*(x) \leq 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $P_j^*(x)$ – двухзначный предикат (функция, которая определена на любом множестве, а значение принимает только на множестве 0,1); S – предикатный символ.

Таким образом, на ЭВМ реализуется автоматическое построение структурно-аналитических выражений в форме предикатных уравнений $P_j^*(\vec{x})$, описывающих гиперповерхности, которые аппроксимируют в пространстве признаков $\vec{x}_j \left(j = \overline{1,n}\right)$ границы областей выделенных классов. С помощью алгоритма таксономии объединяются в группы (классы) множество состояний объекта управления, обладающих некоторой общностью свойств, что соответствует классификации ситуаций по характеру и степени воздействия возмущений со стороны «внешней среды» на подсистему теплопотребления. Распознающее устройство распознает ситуации на входе подсистемы теплопотребления путем установления принадлежности текущей ситуации к одному из классов. Результат распознавания определяется номером предиката $P_j^*(\vec{x})$, истинного в испытуемой точке. По значению истинного предиката данного класса блок формирования управления формирует управляющий сигнал по алгоритму оптимизации [3].

Библиографический список

1. Глухов, В.Н. Адаптивное управление процессом термообработки / В.Н. Глухов // Материалы координационного совещания по проблемам адаптации и XI семинара по адаптивным системам. ИПУ АН СССР. – Фрунзе, 1982.

2. Абрамов, О.В. Допуски и номиналы систем управления / О.В. Абрамов, В.В. Здор, А.А. Супоня. – М.: Наука, 1976.

3. Терехова, Т.Г. Геометрический подход к разделению испытываемых объектов по группам надежности / Т.Г. Терехова и др. // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Вып. 53. – Харьков, Вища школа, 1980.

К содержанию

УДК 004.771 + 004.056

АДАПТИВНАЯ ОЦЕНКА РИСКА В ОБЛАЧНЫХ ИНФРАСТРУКТУРАХ

А.Е. Баринов, О.В. Рябцева

Описано понятие облачных вычислений, их классификация. Рассматриваются преимущества использования облачных инфраструктур. Рассматриваются применения и развитие облачных вычислений. Анализируются нормативные документы в области информационной безопасности облачных вычислений. Подробно рассмотрен стандарт безопасности облачных вычислений (NIST Cloud Computing StandardsRoadmap), принятый в NIST.

Ключевые слова: облачные вычисления, информационная безопасность, защита данных, оценка риска.

Из века индустриального в век информационный – именно под таким девизом происходит развитие общества на сегодняшний день. Процесс информатизации мира открывает большие возможности в каждой области деятельности человека. Вычислительные машины полностью заполнили нашу жизнь, сейчас уже невозможно представить обычное рабочее место без этого устройства. С каждым годом количество техники только увеличивается, повсеместно происходит компьютеризация предприятий. Доступ к Интернету может получить практически каждый человек, устройства становятся мобильнее, а рост количества технических ресурсов, подключенных к сети, неустанно увеличивается. Вместе с этим возникают новые трудности: поскольку технологии стремительно развиваются, повышая рост объема информации, предоставление ИТ-ресурсов становится более затруднительным процессом. Пользователи, выполняющие те или иные манипуляции с помощью интернет-технологий, предполагают наличие безопасной и надежной компьютерной инфраструктуры. Это порождает необходимость основательного изменения образа предоставления услуг.

Облачные вычисления – это модель обеспечения удобного повсеместного сетевого доступа по требованию к совместно используемому пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов, которые можно быстро предоставить и внедрить с минимумом административных усилий или взаимодействия с сервис-провайдером. Другими словами, это быстрое предоставление услуг и доступ к ресурсам в любом месте и в любое время. Одним из основополагающих качеств облачных технологий является тот факт, что одни и те же ресурсы используются различными пользователями.

В зависимости от выбранной подписки пользователю предоставляется тот или иной набор услуг. Выделяют три основные модели обслуживания:

1. Программное обеспечение как услуга (Software as a Service, SaaS) – модель, при которой пользователю предоставляется доступ как к аппаратным ресурсам, так и к приложению, находящемуся на этих ресурсах. Исчезает необходимость хранить программное обеспечение на пользовательских ресурсах и делать их резервную копию. Кроме того, возникает возможность доступа к приложению с любого устройства. Пользователю предоставляется минимум прав для управления приложением.

2. Платформа как услуга (Platform as a Service, PaaS) – модель, при которой пользователю предоставляются все необходимые компоненты из облака для разработки и эксплуатации программного обеспечения. Появляется возможность создания на базе облачной инфраструктуры собственных или приобретенных дополнений, над которыми потребитель имеет контроль.

3. Инфраструктура как услуга (Infrastructure as a Service, IaaS) – модель, при которой пользователю предоставляется набор аппаратных ресурсов, которые он может использовать в соответствии со своими потребностями.

Информационные сервисы представляются так, что технологии, которые обеспечивают взаимодействие и надежную работу, приобретают скрытый характер для пользователя. Поэтому использование облачных технологий несет в себе новые проблемы обеспечения безопасности для тенантов и конечных пользователей.

Защита данных является важной проблемой, особенно для ресурсов облачного типа, предоставляемых дистанционно широкому кругу клиентов. Решение использования одних и тех же компьютеров и программного обеспечения для разных целей разными пользователями является экономически обоснованным, но данный подход требует повышенного внимания к безопасности и разграничению прав, а также к балансировке нагрузки на аппаратную часть.

Модели обслуживания взаимосвязаны между собой вложенностью типов подписки IaaS-PaaS-SaaS. Таким образом, проблемы информационной безопасности для разных моделей сервиса в облаке имеют взаимосвязанный характер. То есть при уязвимости на самом низком, аппаратном уровне (IaaS) проблемы будут наследоваться и на более высокие слои.

Существуют несколько ведущих организаций, которые занимаются вопросами безопасности в облаке:

— Альянс безопасности в облаке (Cloud Security Alliance, CSA);

— Европейское агентство сетевой и информационной безопасности (ENISA);

— Национальный институт стандартов и технологий (NIST).

Стандарт безопасности облачных вычислений (NIST Cloud Computing StandardsRoadmap), принятый в NIST, охватывает возможные потенциальные типы атак на сервисы облачных вычислений:

— компрометация конфиденциальности и доступности данных, передаваемых облачными провайдерами;

— атаки, которые исходят из особенностей структуры и возможностей среды облачных вычислений для усиления и увеличения ущерба от атак;

— неавторизированный доступ потребителя (посредством некорректной аутентификации или авторизации, или уязвимостей, внесенных посредством периодического технического обслуживания) к ПО, данным и ресурсам, используемым авторизированным потребителем облачного сервиса;

— увеличение уровня сетевых атак, таких как DoS, эксплуатирующих ПО, при разработке которого не учитывалась модель угроз для распределенных ресурсов интернета, а также уязвимости в ресурсах, которые были доступны из частных сетей;

— ограниченные возможности по шифрованию данных в среде с большим количеством участников;

— переносимость, возникающая в результате использования нестандартных API, которые усложняют облачному потребителю возможность перехода к новому облачному провайдеру, когда требования доступности не выполняются;

— атаки, эксплуатирующие физическую абстракцию облачных ресурсов и эксплуатирующие недостатки в записях и процедурах аудита;

— атаки на виртуальные машины, которые не были соответствующим образом обновлены;

— атаки, эксплуатирующие нестыковки в глобальных и частных политиках безопасности.

Также стандарт выделяет основные задачи безопасности для облачных вычислений. Однако наиболее специфическими для облачных инфраструктур являются следующие:

— защита от «цепных» (supply chain threats) угроз – включает в себя подтверждение степени доверия и надежности сервис-провайдера в той же степени, что и степень доверия используемого ПО и оборудования;

— задание доверенных границ между сервис-провайдером и потребителями для того, чтобы убедиться в ясности авторизованной ответственности за предоставление безопасности;

— поддержка переносимости, осуществляемой для того, чтобы потребитель имел возможность сменить облачного провайдера в тех случаях, когда у него возникает необходимость в части удовлетворения требований по целостности, доступности, конфиденциальности; это включает в себя возможность закрыть аккаунт в данный момент и копировать данные от одного сервис-провайдера к другому.

Возникновение «цепных» угроз обусловлено тем, что для предоставления услуг клиентам сервис-провайдеры используют достаточно большой и гетерогенный стек технологий.

Существует множество открытых баз описания уязвимостей в ПО, в частности CVE, DWF, а также множество баз, которые ведут непосредственно разработчики ПО. Несмотря на наличие формализованных стандартов описания уязвимостей, в частности CVRF, в указанных выше информационных базах большая часть информации подаётся в описательном виде. В итоге базы в принципе пригодны для поиска информации об интересующих уязвимостях, например, по ключевым словам или версии ПО, но не пригодны для автоматического анализа сканерами уязвимостей.

Оценке рисков программного обеспечения посвящено значительное количество научных исследований [8, 9]. Но в современных источниках не дается исчерпывающее решение, которое обеспечивает адаптивную оценку риска для каждого клиента облачной инфраструктуры, а также обеспечивающую объективную оценку риска для клиента, защищённую от вмешательства сервис-провайдера. Подход, описанный в [8], предполагает под собой оценку взаимного влияния программных компонентов на риск эксплуатации уязвимости и позволяет адаптивно рассчитать индекс безопасности для каждого клиента в зависимости от целей в обеспечении безопасности. Однако для его реализации требуется значительный ручной ввод экспертной информации, что повышает вероятность ошибочной оценки. Кроме того, в описываемом программном средстве отсутствует возможность интеграции с системой обнаружения уязвимостей. В [9] описывается модель взаимного влияния уязвимостей в облачных инфраструктурах, однако она предполагает под собой небольшой набор из 15 правил взаимного влияния уязвимостей в программных компонентах для стандартного стека ПО. Данная модель не предполагает под собой детерминированную оценку риска для различных по критичности для разного типа угроз активов пользователей, использующих один и тот же стек ПО.

В целях решения обозначенных выше проблем, связанных с автоматизированной генерацией сигнатур для сканеров уязвимостей и оценки рисков информационной безопасности для информационных активов, размещённых в облачных инфраструктурах, нами применяются технологий на основе машинного обучения.

Преимущества методов машинного обучения известны в различных областях информационной безопасности, в частности обнаружение вирусов, спама [10]. Также они широко применяются и в задачах интеллектуального анализа текстов [5], так как все методы машинного обучения призваны обобщать решение конкретной задачи на общий класс аналогичных задач и показывают практически лучшие результаты во всех задачах классификации и прогнозирования. Формирование признакового описания уязвимости проводится за счёт статистического анализа ключевых слов. В дальнейшем планируется разработать грамматики, содержащие ключевые слова и выражения, встречающиеся в описаниях уязвимостей.

Библиографический список

1. Довгаль, В.А. Облачные вычисления и анализ вопросов информационной безопасности в облаке / В.А, Довгаль // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Естественно-математические и технические науки. – 2015. – Вып. 2 (161). – С. 159–166. – URL: http://vestnik.adygnet.ru.

2. P.Y. Wang and M.Q. Hong, “A Secure Management Scheme Designed in Cloud”, 2016 IEEE 2nd International Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE International Conference on High Performance and Smart Computing (HPSC), and IEEE International Conference on Intelligent Data and Security (IDS), New York, NY, 2016, pp. 158–162. doi: 10.1109/BigDataSecurity-HPSC-IDS.2016.16.

3. Что такое облачные вычисления и как их можно использовать. [Электронный ресурс]. – Website of IBM, 2008. – URL: http://www.ibm.com/ru/cloud/pdf/Understanding_and_Leveraging_Cloud_Computing_RU-1_validated_Feb2_KI_rus_s5_hyperlinks.pdf.

4. Облачные вычисления [Электронный ресурс]. – Website of IBM. 2008. – URL: http://www.ibm.com/ru/cloud/.

5. Aggarwal C.C. Mining Text Data / C.C. Aggarwal, C. Zhai. – Springer, 2012. – 527 p.

6. NIST Cloud Computing Reference Architecture, National Institute of Standards and Technology, Special Publication 500-292, September 2011.

7. Ramakrishnan L., Campbell S., Canon R.S., Declerck T., Sakrejda I. Magellan: Experiences from a Science Cloud. In: ScienceCloud’11 (June 8, 2011, San Jose, California, USA). 2011. – URL: http://datasys.cs.iit.edu/events/ScienceCloud2011/p07.pdf.

8. D. Dasgupta and M. Rahman, “A framework for estimating security coverage for cloud service insurance”, in Proceedings of the 7th Annual Cyber Security and Information Intelligence ResearchWorkshop: Energy Infrastructure Cyber Protection (CSIIRW '11), Oak Ridge, Tenn, USA, October 2011.

9. I. Khalil, A. Khreishah, M. Azeem, Cloud computing security: a survey, Comput. (MDPI J.) 3 (1) (2014) 1–35. – URL: http://dx.doi.org/10.3390/computers3010001.

10. M.G. Schultz, E. Eskin, E.Z., and S.J. Stolfo, “Data mining methods for detection of new malicious executables”, in Proceedings of the IEEE Symp. on Security and Privacy, pp. 38–49, 2001. 112 International Journal “Information Technologies & Knowledge”. Vol. 8, No 2, 2014.

К содержанию

УДК 629.73.05/.06

ЦИФРОВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ УГЛОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Г.В. Зырянов

Рассмотрена задача переоборудования непрерывных систем и контуров угловой стабилизации ЛА в системы с цифровой реализацией их алгоритмов управления на БЦВМ.

Ключевые слова: системы угловой стабилизации, летательные аппараты, цифровые системы управления, БЦВМ.

Введение. Современные летательные аппараты (ЛА) различного назначения представляют собой *сложные* технические объекты, эффективное функционирование которых возможно только в составе систем автоматического управления (САУ). Поэтому при создании САУ ЛА применяются передовые системотехнические принципы проектирования, такие как децентрализованная *многоуровневая* организация управляющей части и цифровое управление на каждом её уровне. Это привело к появлению принципа «наведение-стабилизация», согласно которому САУ ЛА содержит подсистему верхнего и нижнего (исполнительного) уровня [1].

При этом верхний уровень, называемый *системой наведения* (СН), решает общую, траекторную задачу и формирует в реальном времени задающие (программные) воздействия на подчиненный ему нижний, исполнительный уровень – *систему стабилизации* (СС). Применительно к ЛА баллистического типа в составе СС обычно выделяют (в некотором смысле условно) систему угловой стабилизации (СУС) и систему стабилизации движения центра масс ЛА (ССЦМ) [1]. При этом к СУС относят *автоматы угловой стабилизации* (отдельно для каждой из осей вращения – тангаж, рыскание, крен), а к ССЦМ относят каналы стабилизации движения ЛА в продольном направлении (РКС – регулятор кажущейся скорости); в направлении нормали (НС – канал нормальной стабилизации) и в направлении бинормали (БС – канал боковой стабилизации). В то же время при другом, традиционном подходе к такому делению, подсистему ССЦМ относят к системе наведения СН.

Второй современной тенденцией является повсеместный переход к цифровой реализации большинства бортовых алгоритмов управления как верхнего, так и нижнего уровня. Это является не только желательным, но и стало практически возможным, благодаря громадным успехам в области микроэлектроники и микропроцессорной техники. При этом возникает ряд специфичных проблем, связанных с дискретным (по времени) характером работы цифровых вычислительных устройств (ЦВУ). Некоторые из них рассматриваются далее на примере канала стабилизации угла тангажа.

1. Система угловой стабилизации (СУС). Это функциональная подсистема системы управления движением летательного аппарата, предназначенная для отработки программ управления (задающих воздействий) угловым движением ЛА и обеспечения устойчивости полета по требуемой траектории. СУС представляет собой замкнутую многоканальную САР, цель которой состоит в сведении к нулю рассогласований между программными значениями параметров углового движения ЛА и их текущими измеренными значениями при соблюдении требований по точности регулирования и запасам устойчивости.

СУС строится однотипно для всех трех каналов, называемых каналами стабилизации движения по углам тангажа, рыскания и крена (вращения). Исполнительными элементами СУС являются рулевые приводы, формирующие силовые воздействия на регулирующие органы ЛА (рули), обеспечивая отклонения их на углы $\delta_т$, $\delta_р$, $\delta_{вр}$.

В общем случае типовая система СУС ЛА содержит следующие функциональные устройства:

- измерители (датчики) параметров углового движения;
- устройства формирования задающих воздействий;
- устройства вычисления сигналов управления (вычислители);
- исполнительные устройства (сервоприводы).

Функции датчиков параметров углового движения ЛА выполняют авиагоризонты, гировертикали, курсовые системы.

Автоматы стабилизации (регуляторы, автопилоты) углового движения и движения центра масс из-за большого числа возмущений, действующих на ракету, строятся на базе принципа регулирования по отклонению. В ракетной технике принято «автоматом стабилизации» называть комплекс бортовой аппаратуры, обеспечивающей нужный вид автоматического регулирования (стабилизация, программное изменение, слежение) параметров движения ЛА.

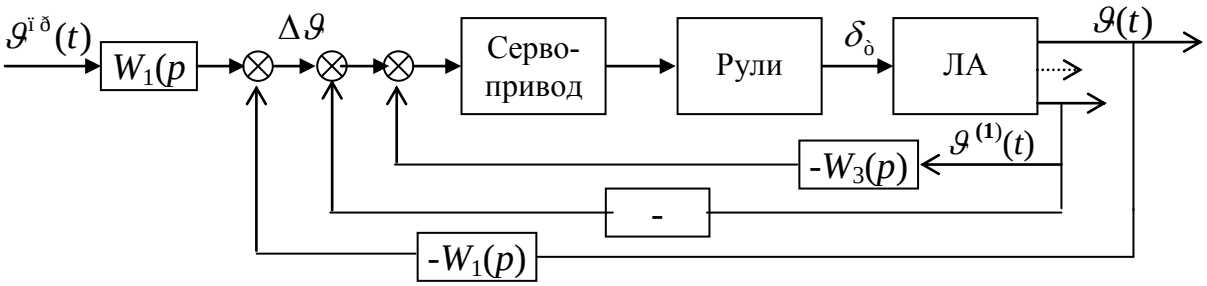
Вычислитель сравнивает фактическое значение каждой из координат с ее программным (предписанным) значением для текущего момента времени, определяет сигнал ошибки и вычисляет управляющее воздействие для каждого из каналов управления. Часто его роль сводится к алгебраическому суммированию и масштабному преобразованию поступающих на его входы сигналов.

Сформированные таким образом управляющие сигналы поступают на рулевые приводы управляющих органов ЛА, в результате чего обеспечивается движение по заданной траектории с требуемой точностью.

Обобщенная схема СУС (по каналу тангажа) представлена на рис.

Выбором передаточных функций $W_1(p)$, $W_2(p)$, $W_3(p)$ можно обеспечить требования к точности, быстродействию, колебательности, запасам устойчивости и к порядку астатизма рассматриваемого канала СУС.

В частном случае, назначив передаточные функции как $W_1(p) = K_1$, $W_2(p = K_2$, $W_3(p) = K_3 p$, получают статическую СУС ($\Delta\vartheta_{ст} \neq 0$), а при выборе $W_1(p) = K_1/p$ – канал стабилизации по углу будет астатическим ($\Delta\vartheta_{ст}=0$).



Обобщенная структура СУС (канал тангажа)

Значения передаточных коэффициентов автопилота K_1, K_2, K_3 обычно находят аналитически методами стандартных коэффициентов (МСК) или оптимизацией по критерию минимума интегральной квадратичной оценки [2]. Затем, если это необходимо, с целью обеспечения требований по точности, запасам устойчивости, показателю колебательности или величинам перерегулирования и времени регулирования, можно применить известные частотные методы В.В. Солодовникова или В.А. Бесекерского [3]. Для этого основную (единичную!) обратную связь во внешнем контуре размыкают (условно) и для разомкнутого контура (с учетом реальных динамических свойств сервопривода, датчиков, фильтров и др.) методом желаемых ЛАХ определяют передаточную функцию $W_{кор}(p)$ для дополнительного корректирующего звена в цепи ошибки $\Delta\vartheta$.

2. Контур стабилизации БПЛА. Другой класс образуют ЛА, наводимые на подвижные цели [4]. Они входят в состав *контура наведения* как динамические звенья, параметры и свойства которых меняются в широких пределах. При этом реакция ЛА на входную команду со стороны контура наведения представляет собой слабо демпфированный колебательный процесс с большим перерегулированием. Это приводит к колебательной форме траектории полета БП ЛА и большим промахам. Для повышения свойств управляемости и улучшения характеристик таких ЛА применяют стабилизирующие (отрицательные) *обратные связи* по различным наборам параметров движения (нормальные перегрузки, угловая скорость и ускорение). Они в своей совокупности образуют *автопило*т (АП), который совместно с ЛА называют *контуром стабилизации* (КС). В связи с этим считается, что основным предназначение КС является улучшение качества реакции маневренного ЛА на команду наведения. При этом в зависимости от метода наведения выбирают различные варианты параметров движения, датчиков и мест их подключения. КС входит в состав контура наведения как расширенный и улучшенный по своим свойствам объект управле-

ния, выходом которого чаще всего считают нормальную перегрузку или угловую скорость по соответствующему каналу.

Обобщенная структура КС аналогична схеме на рис., но со своим набором выходных сигналов и передаточных функций $W_i(p)$. Так, например, на современных ЛА классов «поверхность – воздух» и «воздух – воздух» применяются КС по каналам тангажа и курса как с одной (по угловой скорости), так и с двумя обратными связями (по угловой скорости и линейному ускорению). При этом схема КС с двумя обратными связями наиболее распространена и используется для стабилизации как статически устойчивых, так и статически неустойчивых ЛА. Для расчета $W_i(p)$ используются те же методы, что и при синтезе каналов СУС.

3. Цифровая реализация алгоритмов управления. Современным подходом при разработке систем управления движением (СУД) ЛА является переход к цифровым способам реализации алгоритмов управления и стабилизации. Это связано с множеством преимуществ цифровых систем перед аналоговыми, например, такими как надежность, стабильность, компактность, помехоустойчивость, точность реализации сложных алгоритмов и универсальность применения. Поэтому на борту ЛА цифровые вычислительные средства в виде специализированных микро-ЭВМ и комплексов (БЦВК) находят повсеместное применение как на верхних (наведение), так и на нижних (стабилизация) уровнях управления [5].

При переходе к цифровому управлению возникает ряд трудностей теоретического и практического плана, обусловленных дискретным (во времени) характером работы цифровых вычислительных устройств (ЦВУ). Некоторые из них рассматриваются далее на примере системы стабилизации угла тангажа.

Назовем ряд задач, для решения которых используется бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ) в процессе подготовки пуска и в течение полета летательного аппарата. На БЦВМ возлагается задача обслуживания целого ряда зависимых и независимых каналов управления. При этом БЦВМ выполняет функции многоканального регулятора, обслуживающего отдельные подсистемы, образующие в совокупности комплексно-автоматизированную систему управления. Кроме того, во время предстартовой подготовки БЦВМ используется для проверки самого ЛА и его системы управления.

Во время полета ЛА на входы БЦВМ поступают сигналы с различных датчиков, которые характеризуют угловое и пространственное положение аппарата. Часть датчиков, такие как датчики углов и акселерометры, установлены на гиростабилизированной платформе, другие, например датчики угловой скорости ДУС и датчики поперечных ускорений, крепятся непосредственно на корпусе ЛА.

В запоминающем устройстве БЦВМ хранятся программные законы изменения для линейных и угловых координат ЛА, а также алгоритмы обра-

ботки информации по каждому из каналов угловой стабилизации и стабилизации движения центра масс. Машина сравнивает фактические значение переменных с их программными значениями в текущий момент времени, определяет сигнал ошибки и вычисляет управляющее воздействие для каждого канал управления. Сформированные в БЦВМ управляющие сигналы преобразуются в непрерывные и поступают на рулевые приводы управляющих органов ЛА, в результате чего обеспечивается движение по заданной траектории с требуемой точностью.

При разработке ЦСУ всегда возникают следующие две задачи: а) выбор необходимой величины периода повторения программы вычислений (период дискретизации по времени T_0) и б) определение дискретного варианта алгоритма управления. При решении этих задач возможны два подхода: 1) методы теории дискретных САУ; 2) метод аналогового прототипа – метод переоборудования непрерывной САУ в цифровую. Второй из подходов получил широкое распространение благодаря его простоте, понятному физическому смыслу и эффективности. Это актуально и по причине того, что, как правило, в большинстве случаев известны хорошо зарекомендовавшие себя непрерывные алгоритмы управления [6].

Одним из важнейших параметром ЦСУ является ω_0 – *частота дискретизации* сигналов по времени и соответствующий ей период повторения программы (шаг дискретизации) $T_0 = 2\pi/\omega_0$. Однако все существующие методы расчета цифровых корректирующих устройств (ЦКУ) предполагают значения ω_0 и T_0 *предварительно* заданными (известными). В то же время очевидно, что для разгрузки БЦВМ желательно, чтобы величина T_0 была как можно больше, а алгоритм работы ЦКУ – более простым. Известно несколько *приближенных* методов решения этой задачи, отличающихся трудоемкостью, точностью и величиной получаемого T_0.

Как правило, в основу известных методов положены частотные представления. Например, при известной частоте среза $\omega_{ср}$ ЛАХ эквивалентного разомкнутого контура СУС или КС с передаточной функцией $W_0(p)$ (см. п. 1, п. 2) выбирают частоту дискретизации $\omega_0 \approx (5 \div 8)\omega_{ср}$. При этом передаточные функции дискретных корректирующих звеньев и фильтров $W_{кi}(z)$ получают из $W_{кi}(p)$ дробно-линейной подстановкой (преобразование Тастина) вида $p=2(z-1)/T_0(z+1)$. В других методах, например в [7], для выбора T_0 предлагается использовать формулу $T_0 \le 2\delta\varphi_з/\omega_{ср}$, где $\varphi_з$ – запас устойчивости по фазе (в радианах!), а δ – допустимая относительная величина *уменьшения* (по сравнению с непрерывным вариантом) запаса устойчивости по фазе, например при 10 % уменьшении $\delta=0{,}1$ и т.д.

Далее будет рассмотрен итерационный подход к выбору T_0, обеспечивающий получение наименьшего порядка передаточной функции цифрового корректирующего звена $W_к(z)$ при заданных ограничениях на частотные показатели качества переходного процесса в ЦСУ.

В предлагаемом ниже *итерационном* методе синтеза ЦКУ используются *преобразованные* относительно u передаточные функции $W_i(u)$, которые получают из $W_i(z)$ дробно-линейной подстановкой вида $z = (2+uT_0)/(2-uT_0)$, а вместо ω – псевдочастота $\lambda=(2/T_0)\mathrm{tg}(\omega T_0/2)$, причем $\lambda \approx \omega$ при $\omega<2/T_0$.

Данный вариант метода предполагает выполнение четырех условий:

1) псевдочастота среза для скорректированной разомкнутой цифровой системы $\lambda_{ср} < 2/T_0$;

2) псевдочастотная асимптотическая ЛАХ скорректированной системы *в окрестности* $\lambda_{ср}$ имеет наклон – 20 дБ/дек;

3) $W_0(p)$ не содержит колебательных и форсирующих звеньев с частотами сопряжения ω_{ci} в окрестности $\lambda_{ср}$ или правее ее;

4) $W_0(p)$ не имеет правых нулей и полюсов.

Особенность метода состоит в том, что для $\lambda>\lambda_{ср}$ *желаемая* ЛПЧХ системы *не строится*, а вместо этого на *каждом шаге* расчета меняется вид $W_{цку}(u)$ и значение T_0 так, чтобы обеспечить требования к *показателю колебательности M*. Необходимые проверки на очередном шаге расчета осуществляются с помощью *приближенного* неравенства В.А. Бесекерского относительно «малых» постоянных времени $T_i^{н}$ в $W_0(p)$, для которых $T_i^{н} < T_0/2$. При этом *не нужно* знать $W_{дз\ пнч}(u)$ для *дискретного звена приведенной непрерывной части*, и это делает задачу синтеза *последовательного* ЦКУ незначительно сложнее аналогичной задачи для непрерывной системы. Порядок расчета $W_{цку}(u)$ и $\max(T_0)$ такой:

1) строится асимптотическая ЛАХ $L_0(\omega)$, соответствующая $W_0(p)$;

2) по требованиям точности и запаса устойчивости (как для непрерывной системы!) строится НЧ часть «симметричной» желаемой ЛАХ и *начальная* часть ее *среднечастотной асимптоты* с наклоном, равным –20 дБ/дек до $\lambda_g \geq \lambda_{ср}(1+M^1)$. Здесь $\lambda \approx \omega$, а значение λ_g задает *нижний* предел величине $2/T_0$, которой соответствует *верхний* предел для $T_0^{\max} = 2/\lambda_g$;

3) в диапазоне $\lambda \in (0;\ \lambda_g)$ строится *частичная* асимптотическая $L_{цку}(\lambda)=L_{ж}(\lambda) - L_{ж}(\lambda)$ и определяется соответствующее выражение для $W_1(u)$, в котором порядок числителя всегда *больше* порядка знаменателя;

4) ориентируясь на наиболее простое, физически реализуемое ЦКУ, его передаточную функцию сначала назначают в виде произведения $W_{цку}(u)=W_1(u)\cdot W_2(u)$, где второй (*дополнительный*) сомножитель вида $W_2(u) = \prod 1/(1+uT_i^{д})$ вводится для выравнивания порядков числителя и знаменателя $W_{цку}(u)$;

5) постоянные времени $T_i^{д}$ и «малые» постоянные времени $T_i^{н}$ в составе $W_0(p)$ включаются в левую часть условия В.А. Бесекерского:

$$\frac{T_0}{2} + \sum_i T_i^{н} + \sum_i T_i^{д} \leq \frac{1}{\lambda_{ср}} \frac{M}{M+1}. \qquad (1)$$

Здесь значения $T_i^{д}$ и $T_0/2$ выбирают так, чтобы это условие выполнялось для всех $T_i^{н} < T_0/2$. Если это удается сделать и значение T_0 не слишком мало, то расчет ЦКУ и выбор T_0 закончен. Иначе, выражение для $W_{цку}(u)$ *усложняют* еще одним *дополнительным* сомножителем вида $W_i(u) = (1+uT_{i\max}^{н})/(1+uT_{i\max}^{д})$. Он *приближенно* компенсирует влияние на запас по фазе *наибольшей* из числа «малых» постоянных времени непрерывной части $T_{i\max}^{н}$, а $T_{i\max}^{д}$ «подменяет» ее в неравенстве (1). Далее, значения $T_0/2$, $T_i^{д}$ и $T_{i\max}^{д}$ снова выбирают из условия (1), но «скомпенсированная» таким образом постоянная $T_{i\max}^{н}$ из дальнейших проверок исключается. Если при этом удается назначить $T_0/2 > T_i^{н}$, то расчет ЦКУ закончен. Иначе эта процедура применяется к следующей по величине «малости» постоянной $T_i^{н}$. Тогда выражение для $W_{цку}(u)$ усложнится еще на один дополнительный множитель и т.д. При этом значения $T_i^{д}$ и $T_{i\max}^{д}$ в *дополнительных* сомножителях можно изменять на любом шаге расчета.

- Необходимо заметить, что если третье и четвертое условия метода не выполняются, то левая часть формулы (1) должна быть модифицирована в соответствии с рекомендациями, приводимыми в [3].

Заключение. В рамках метода аналогового прототипа рассмотрена задача переоборудования систем и контуров угловой стабилизации БПЛА на вариант реализации алгоритмов управления на БЦВМ. Сравниваются различные методы выбора периода (шага) дискретизации по времени. Предлагается итерационный метод в частотной области, обеспечивающий выполнение требований к показателям качества цифровых САР при компромиссном выборе частоты дискретизации и сложности алгоритмов цифровой коррекции. При этом не требуется находить передаточную функцию дискретного звена приведенной непрерывной части.

Библиографический список

1. Разоренов, Г.Н. Системы управления летательных аппаратов / Г.Н. Разоренов, Э.А. Бахрамов, Ю.Ф. Титов. – М.: Машиностроение, 2003.

2. Методы классической и современной теории автоматического управления: Т. 2: Синтез регуляторов и теория оптимизации САУ / под. ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.

3. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб.: Профессия, 2003.

4. Вейцель, В.А. Радиосистемы управления / В.А. Вейцель, А.С. Волковский, С.А. Волковский. – М.: Дрофа, 2005.

5. Куо, Б. Теория и проектирование цифровых систем управления / Б. Куо. – М.: Машиностроение, 1976.

6. Бесекерский, В.А. Цифровые автоматические системы / В.А. Бесекерский. – М.: Наука, 1976.

7. Зырянов, Г.В. О применении метода аналогового прототипа при синтезе цифровых САУ / Г.В. Зырянов // Информационные, информационно-управляющие и радиоэлектронные устройства и системы. Тем. сб. научн. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 44–50.

К содержанию

УДК 004.056 + 004.7.056

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ КИБЕРАТАК СИСТЕМЫ БОТНЕТ

В.К. Исмагамбетова, А.Д. Плетенкова, В.Ю. Бердюгин

Компьютерные сети, состоящие из зараженных вредоносными программами – ботами компьютеров, используются для совершения атак на информационные системы. Ботнеты используются для различных целей: атака типа «отказ в обслуживании», рассылка спама, кража информации. Для обнаружения вторжений и защиты от системы ботнет проведен анализ ряда методов.

Ключевые слова: защита от ботнет, антивирусные инструменты, система обнаружения вторжений, система приманок, многоагентная система защиты.

Развитие информационных технологий и внедрение их в различные сферы деятельности человека приводят к появлению новых видов киберпреступлений.

В настоящее время одним из главных инструментов киберпреступников стали ботнеты. Ботнет – своеобразная «зомби-сеть», созданная вирусом через уязвимости в программном обеспечении из-за невнимательности, неопытности пользователя, что позволяет злоумышленнику удаленно управлять зараженным компьютером, без ведома его владельца.

В 2016 году внимание специалистов по кибербезопасности привлекла система ботнет Mirai. Ее особенность – взлом не компьютеров, а иных «умных» устройств, включая камеры, термостаты и прочее с последующим использованием этих девайсов в качестве ботов для осуществления DDoS-атак. Первая версия Mirai включала около 400–500 тысяч подключенных устройств.

Ботнет-атаки представляют угрозу как для простых граждан (например, списание средств с их банковских счетов), так и коммерческих организаций, и государственных органов. В ряде случаев такие атаки могут представлять угрозу государственной безопасности.

Список возможностей ботнетов сам по себе довольно большой, но в основном все они исходят из нижеприведенных:

- Downloader – присутствует в большинстве вирусов. Обновляет старые версии бота, загружает через сеть практически любой контент (новые боты, трояны). Кроме того, на все компьютеры одновременно могут устанавливаться троянские программы, которые крадут все пароли, когда-либо введенные на данном компьютере.
- Keylogger – считывание введенных на клавиатуре символов с последующей отправкой злоумышленнику.
- DDoS (Distributed Denial of Service «отказ в обслуживании») – атака ресурса сети Интернет или компьютера путем множественных запросов от ботов с целью отказа в принятии и обработки запросов легитимных пользователей.
- Spam – рассылка спам-сообщений на электронные адреса пользователей. Более 95 % электронной почты в сети Интернет является спамом. Большинство этих сообщений спама, на самом деле, отправлены из ботнетов [1].
- Proxy – позволяет использовать любой компьютер из ботнета как прокси-сервер с целью сокрытия реального адреса злоумышленника.

Существует незаконное коммерческое применение ботнет. Ряд компаний его покупает или берет в аренду для рассылки спама и т.п.

Киберпреступники используют ботнет в целях получения финансовых средств, для ведения недобросовестной конкуренции, коммерческого шпионажа. Целью может быть и внесение хаоса в деятельность органов государственной власти.

Выявление и пресечение преступлений с использованием ботнет осуществляют государственные органы, в составе которых есть специализированные подразделения (например, Управление компьютерной и информационной безопасности Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Управление «Р» и Управление «К» Министерства внутренних дел Российской Федерации). Так, в ноябре 2015 года сотрудники Управления «К» МВД России и отдела «К» ГУ МВД России по Нижегородской области совместно с оперативниками ЦИБ ФСБ России пресекли деятельность группы лиц, похищавших средства со счетов клиентов одного из крупнейших российских банков. Преступники использовали вредоносную программу для смартфонов, работающих на операционной системе «Андроид», что позволило им в короткие сроки создать бот-сеть, состоящую из более чем 16 тысяч скомпрометированных мобильных устройств.

Вместе с тем, данные явления приобрели такие масштабы, что сформировалась необходимость обучения технических специалистов и рядовых пользователей методам противодействия ботнету.

Для обнаружения вторжений и защиты от системы ботнет специалистами в сфере информационной безопасности разрабатываются различные ме-

тоды. Проблемами борьбы с ботнетом занимаются специализированные организации, например, «Лаборатория Касперского», ФГУП НИИ «Квант». Для эффективного применения таких методов необходимо знать их «плюсы» и «минусы». Некоторые из них будут проанализированы в данной работе.

Действующие техники обнаружения вторжений и вредоносного программного обеспечения можно объединить в следующие группы:

- решения, функционирующие на узлах;
- сетевые решения [2].

Антивирусные инструменты являются распространенным методом распознавания вредоносного программного обеспечения, который функционирует на узлах. Они полезны для традиционного обнаружения вирусов в течение длительного времени.

Еще одним методом обнаружения вторжения на узлах является мониторинг системных вызовов.

Вместе с тем при применении данных методов время от времени возникают проблемы обнаружения ботнетов. Данные методы основаны исключительно на анализе узла и имеют следующие проблемы:

- антивирусные инструменты основаны на поиске сигнатур, что требует объемную, точную и часто обновляемую базу сигнатур.
- системы обнаружения на узлах находятся на том же уровне привилегий, что и боты на некотором узле.

Примером решения вопросов выявления вторжения в сетях является система обнаружения вторжений. Это, в свою очередь, большая группа отдельных методов (например, анализ аномалий, анализ изменения состояний и многие другие), позволяющих собирать и анализировать информацию из различных точек защищаемой сети для обнаружения вторжений [3]. Они основаны на большой базе сигнатур для определения попыток вторжения в сетевой трафик.

Системы обнаружения вторжений, основанные на анализе аномалий, могут преодолевать ограничение, когда новая атака не имеет сигнатур. Это достигается путем описания нормального трафика, и отклонение от описания будет считаться аномалией.

Большое количество ложных срабатываний является основной проблемой решений на основе анализа аномалий.

Вместе с тем, для эффективной борьбы с системой ботнет необходимо ее исследование. Одним из способов является сбор экземпляров ботов и их отслеживание методом приманки.

Приманки углубленно изучают текущую деятельность ботнетов. Этот метод является эффективным инструментом в сборе информации о ботнете, но он все же имеет свои минусы. В основном приманки используют для выявления атак только ограниченного количества известных эксплойтов, а также они используются для захвата вредоносных программ, которые распространяются с помощью сканирования удаленных уязвимостей [4].

Поэтому система приманок не может захватить вредоносные программы, пользующиеся другими методами распространения. Основной принцип работы приманок заключается в том, что они могут только ждать и надеяться, что вредоносное программное обеспечение само свяжется с ней.

Некоторые вредоносные программные обеспечения могут изменять свое поведение, чтобы избегать сканирования систем-приманок. Приманки не могут сообщать о заражении машины, которая функционирует в корпоративной сети и не является машиной-ловушкой. Эти ограничения снижают эффективность систем обнаружения.

Поэтому для защиты от ботнетов нужно использовать систему защиты с уровнем сложности не меньше, чем у самих ботнетов. Система должна уметь анализировать сетевые данные в разных сетях, обнаруживать сетевые атаки, выявлять вредоносное поведение и взаимодействовать между собой для эффективного выполнения перечисленных задач. Необходимость выявлять производимую ботнетом атаку, блокировать ее, анализировать зараженные машины, выявлять управляющий трафик ботнета, формировать сигнатуру ботнета и по ней обнаруживать ботов – главная идея многоагентной системы.

Многоагентная система имеет множество агентов обнаружения атак, множество агентов блокирования атак, множество агентов координирования, множество агентов кластеризации трафика и формирования сигнатур, множество агентов обнаружения ботов и агентов мониторинга. Каждый из них имеет модуль кооперации, который помогает взаимодействовать агентам между собой, передавая данные и команды управления.

Агент обнаружения атаки содержит модуль обнаружения атак, помогающий обнаружить атаку, сформировать список атакующих узлов и передать его для обработки другим агентам.

Агент блокирования атаки, принимая список узлов, замеченных в проведении атаки, формирует запрещающее правило фильтрации трафика атаки и применяет его в модуле блокирования атаки.

Агент кластеризации трафика атакующей машины, используя модуль кластеризации, агрегирует весь трафик за определенный период и кластеризует его, после чего передает получившиеся кластера агенту формирования сигнатур.

Агент формирования сигнатур с помощью модуля кросс-кластерной корреляции проводит кросс-кластерную корреляцию и генерирует сигнатуру для распознавания ботов посредством модуля формирования сигнатур.

Агент обнаружения ботов состоит из одноименного модуля.

Агент мониторинга состоит из следующих модулей: модуль обработки данных, модуль предоставления интерфейса управления и мониторинга и модуля кооперации.

И последний агент координирования, отвечающий за обеспечение кооперации агентов, состоит из модуля обмена сообщениями [4].

В многоагентной системе обнаружение происходит на начальном этапе взаимодействия и выполнения атак ботнета. Обеспечение защиты на этапе выполнения атаки рискованно, так как ущерб в каком-то объеме узлам и сетям уже нанесен. С другой стороны, мы получаем возможность определить адреса скомпрометированных узлов и выявить трафик взаимодействия. Это в итоге позволяет обнаруживать ботов по всей сети и формировать сигнатуры ботнета по управляющему трафику.

Таким образом, в настоящее время разработаны различные методы обнаружения вторжений, которые могут использоваться для защиты от ботнет. Однако эти методы имеют различную эффективность.

Традиционные техники обнаружения вторжений и вредоносного программного обеспечения полезны для выявления определенных признаков ботнетов. Вместе с тем, для методов, основанных на анализе локальных узлов, характерны следующие недостатки:

- большое количество ложных срабатываний, пропусков атак и слабые возможности по обнаружению новых атак;
- невозможность определить вторжения на начальном этапе;
- трудность определения атакующего и цели атаки;
- сложность и затратность обнаружения атаки в реальном времени.

Системы приманок являются эффективными для сбора данных о ботнете, но работают с немногими типами распространения.

Наиболее эффективной в настоящее время является многоагентная система. Она не дает ложных срабатываний при аномалиях трафика сети, не требует частого обновления базы сигнатур (в отличие от систем, работающих на локальных узлах), работает с многими типами распространения (в отличие от систем приманок).

Библиографический список

1. Косенко, М.Ю. Вопросы обеспечения защиты информационных систем от ботнет атак / М.Ю. Косенко, А.В. Мельников // Вопросы кибербезопасности. – 2016. – № 4(17). – С. 20–28.

2. Котов, В.Д. Современное состояние проблемы обнаружения сетевых вторжений / В.Д. Котов, В.И. Васильев // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2012. – Т. 16. № 3 (48). – С. 198–204.

3. Корниенко, А.А. Системы обнаружения вторжений: современное состояние и направления совершенствования / А.А. Корниенко, И.М. Слюсаренко // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2004. – № 1. – С. 21–34.

4. Косенко, М.Ю. Многоагентная система обнаружения и блокирования ботнетов путем выявления управляющего трафика на основе интеллектуального анализа данных: дис… канд. тех. наук / М.Ю. Косенко. – Челябинск, 2017. – 149 с.

К содержанию

УДК 004.056 + 342.7:004.056 +351.74:004.056

ОРГАНИЗАЦИЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ЛИЦ, СКЛОННЫХ К РАЗГЛАШЕНИЮ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Е.А. Костюченко, В.Ю. Бердюгин

Деятельность по обеспечению информационной безопасности, особенно в правоохранительной сфере, должна осуществляться специалистами, обладающими определённым набором личных и деловых качеств. В этой связи особую актуальность приобретает своевременное выявление среди сотрудников, обеспечивающих информационную безопасность, лиц, склонных к разглашению конфиденциальной информации. Профессиональный психологический отбор гражданина на службу осуществляется для определения способности по своим личным и деловым качествам выполнять служебные обязанности сотрудника, а также для выявления факторов риска девиантного (общественно опасного) поведения. В процессе психологического отбора проводится определение категорий профессиональной психологической пригодности кандидатов.

Ключевые слова: информационная безопасность, правоохранительные органы, органы внутренних дел, источники угроз информационной безопасности, несанкционированный доступ, группы риска, персональные данные, организационные методы защиты информации.

В соответствии с Доктриной информационной безопасности Российской Федерации источники угроз информационной безопасности делятся на внешние и внутренние [1].

Применительно к информационным системам правоохранительных органов внешними источниками угроз являются: разведывательная деятельность специальных служб иностранных государств, международных преступных сообществ, организаций и групп по сбору сведений, раскрывающих задачи, планы деятельности, техническое оснащение, методы работы и места дислокации специальных подразделений и правоохранительных органов Российской Федерации.

К внутренним источникам угроз можно отнести:

- неправомерные действия сотрудников правоохранительных органов с целью уничтожения, блокирования, модификации либо копирования защищаемой информации;
- нарушение персоналом установленного регламента сбора, обработки, хранения и передачи информации, содержащейся в картотеках и автоматизированных БД;

• специальные программно-технические воздействия, вызывающие разрушение, уничтожение, искажение информации или сбои в работе средств информатизации;

• утечка информации по техническим каналам.

О реальности указанных угроз свидетельствуют участившиеся факты привлечения к уголовной ответственности сотрудников правоохранительных органов, разгласивших конфиденциальную информацию либо совершивших компьютерные преступления.

Например, 5 марта 2015 года решением Московского областного суда за государственную измену к 15 годам лишения свободы приговорён майор полиции Ушаков, который с 2011 года продавал конфиденциальную информацию сотрудникам ЦРУ США [2]. В январе 2015 года представителями СМИ выявлен факт свободной продажи в Москве базы данных Федеральной службы по контролю за оборотом наркотических и психотропных веществ (ФСКН), в которой содержались конфиденциальные сведения в отношении 153 тысяч наркозависимых лиц 27 регионов России. По оценке экспертов, утечка произошла в результате нарушения должностных инструкций сотрудниками ФСКН [3].

25 января 2017 года арестован и приговорён к уголовной ответственности руководитель одного из подразделений центра информационной безопасности (ЦИБ) ФСБ Сергей Михайлов, а также глава отдела по расследованию киберпреступлений «Лаборатории Касперского» Руслан Стоянов. Фигурантами уголовного дела о взломе персональных аккаунтов высокопоставленных российских чиновников и известных бизнесменов, стали пять человек. Группа компьютерных взломщиков, именующих себя «Шалтай-Болтай» или «Анонимный интернационал», стала известна несколько лет назад. Группа специализируется на перехвате переписки и взломе аккаунтов высокопоставленных чиновников, крупных фирм и СМИ и дальнейшей публикации или продаже через интернет полученных данных [4].

Очевидно, что указанные выше сотрудники не обладали личными качествами, необходимыми для обеспечения защиты информации, их личная ответственность была на низком уровне, что свидетельствует об актуальности тщательного изучения кандидатов на службу в правоохранительные органы.

По мнению экспертов [5], к профессионально важным личным качествам, для деятельности, связанной с защитой информации, относятся:

- организованность, самодисциплина;
- адекватная самооценка;
- ответственность;
- пунктуальность;
- решительность;
- самообладание, эмоциональная уравновешенность, выдержка;

- способность организовывать свою деятельность в условиях большого потока информации и разнообразия поставленных задач;
- способность рационально действовать в экстремальных ситуациях;
- стрессоустойчивость;
- аналитичность (способность выделять отдельные элементы действительности, способность к классификации) мышления;
- оперативность (скорость мыслительных процессов, интеллектуальная лабильность) мышления;
- сохранение бдительности в режиме ожидания;
- умение работать в команде.

Указанные качества важны для специалистов по информационной безопасности, так как они обязаны не только выстраивать систему мер по защите информационных систем, но и осуществлять контроль над действиями сотрудников, допущенных к защищаемой информации. Им также необходимо уметь действовать в критических ситуациях, осуществлять контроль рисков.

В той же степени указанное относится и к специалистам, ведущим деятельность в коммерческих предприятиях, где сосредоточена информация, составляющая коммерческую тайну [6]. Либо в организациях и государственных учреждениях, где обрабатываются персональные данные.

Требования к результатам освоения основных образовательных программ, отражённые в федеральных государственных образовательных стандартах, гласят, что современный специалист по защите информации в правоохранительной сфере должен четко представлять признаки противоправной деятельности в информационной сфере, владеть технологиями противодействия деструктивным и негативным информационно-психологическим воздействиям [7].

Критериями определения категорий профессиональной пригодности являются уровень развития личных и деловых качеств кандидатов, необходимых для выполнения служебных обязанностей сотрудника органов внутренних дел Российской Федерации, наличие или отсутствие факторов риска [8].

Студенты, осваивающие учебные программы «Безопасность информационных технологий в правоохранительной сфере» и «Информационная безопасность», обучаются по открытым аналогам закрытых специальностей. В будущей работе в правоохранительных органах, иных государственных учреждениях, коммерческих организациях им предстоит защищать конфиденциальную информацию. Критериями определения профессиональной пригодности должен являться уровень развития личных качеств кандидатов, необходимых для выполнения обязанностей специалиста по защите информации. В порядке эксперимента нами было проведено тестирование среди студентов 4-го курса (30 человек), обучающихся по специальностям «Безопасность информационных технологий в правоохранительной сфере», «Информационная безопасность».

Первым был проведен тест «Шкала совестливости», предназначенный для измерения степени уважения к социальным нормам и этическим требованиям. Для лиц с высоким значением фактора совестливости характерны такие особенности личности, влияющие на мотивацию поведения, как чувство ответственности, добросовестность, стойкость моральных принципов. В своем поведении они руководствуются чувством долга, строго соблюдают этические стандарты, всегда стремятся к выполнению социальных требований; высокая добросовестность обычно сочетается с хорошим самоконтролем [9]. По результатам этого теста только 62,5 % опрошенных показали результаты в рамках нормы.

Следующий тест был направлен на оценку стрессоустойчивости. Это совокупность личностных качеств, позволяющих человеку переносить значительные интеллектуальные, волевые и эмоциональные нагрузки (перегрузки), обусловленные особенностями профессиональной деятельности, без особых вредных последствий для деятельности, окружающих и своего здоровья [10]. В ходе тестирования выяснилось, что необходимым уровнем стрессоустойчивости обладает лишь половина опрошенных.

Последним был проведен тест на определение степени внушаемости, то есть склонности субъекта к некритической (непроизвольной) податливости воздействиям со стороны других людей, их советам, указаниям, даже если они противоречат собственным убеждениям субъекта. Лица, с повышенным порогом внушаемости, легко заражаются настроениями, взглядами и привычками других людей. Они часто склонны к подражанию. Внушаемость зависит как от устойчивых свойств человека – высокого уровня нейротизма, слабости нервной системы, так и от ситуативных его состояний – тревоги, неуверенности в себе или же эмоционального возбуждения [11]. Внушаемость и эмпатические способности связаны не только с характером активности человека, но и с его самочувствием, которое желательно выразить именно в терминах чувств и эмоций [12]. По итогам теста обнаружено, что только 75 % опрошенных обладают необходимым иммунитетом против внешних негативных информационно-психологических воздействий.

В целом положительный результат по всем тестам показали лишь 20 % будущих специалистов, при этом отрицательный – 10 %.

Таким образом, результаты исследования показали, что вопрос изучения личных и деловых качеств сотрудника в сфере информационной безопасности сохраняет свою актуальность, причем не только в правоохранительных органах, где подобная система отбора успешно используется, но и в иных государственных и коммерческих организациях и учреждениях. Также целесообразно рассмотреть возможность применения этих методик не только при приёме на работу, но и в процессе обучения, с целью воспитания необходимых для специалиста информационной безопасности, положительных личностных качеств, так как они в совокупности с по-

лученными знаниями делают специалиста сферы информационной безопасности конкурентоспособным на рынке труда.

Библиографический список

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации от 5 декабря 2016 [Электронный ресурс]. – URL: https://rg.ru/2016/12/06/doktrina-infobezobasnost-site-dok.html.
2. Новикова Виктория. Майор МВД продал секретную информацию ЦРУ за 37 000 евро [Электронный ресурс]. – URL: http://www.spr.ru/novosti/2015-03/mayor-mvd-prodal-sekretnuyu-informatsiyu-tsru-za-37-000-evro.html.
3. Из ФСКН утекли в свободную продажу секретные базы данных [Электронный ресурс]. – URL: http://www.novayagazeta.ru/inquests/66903.html.
4. Арестованных офицеров ФСБ обвинили в сотрудничестве с ЦРУ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.interfax.ru/russia/547817
5. Профессиональная этика юриста: сб. документов / сост. С.Г. Шеретов. – Алматы: НИЦ КОУ, 2008. – 284 с.
6. Федеральный закон от 29.07.2004 N 98-ФЗ (ред. от 12.03.2014) «О коммерческой тайне» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_48699/.
7. Рясов, Е.В. Особенности обеспечения информационной безопасности в правоохранительных органах. Безопасность информационного пространства / Е.В. Рясов, В.Ю. Бердюгин. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016. – 383 с.
8. Постановление Правительства РФ от 06.12.2012 N 1259 (ред. от 06.03.2015) «Об утверждении Правил профессионального психологического отбора на службу в органы внутренних дел Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_138821/.
9. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп / Н.П. Фетискин, В.В. Козлов, Г.М. Мануйлов. – Издательство Института психотерапии, 2002.
10. Словарь по профориентации и психологической поддержке. Наука и образование [Электронный ресурс]. – URL: http://technomag.edu.ru/doc/42344.html.
11. Ильин, Е.П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2000.
12. Елисеев, О.П. Конструктивная типология и психодиагностика личности. Учебное пособие / О.П. Елисеев. – СПб., 1994.

К содержанию

УДК 004.67 + 621.391.26

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО И МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА МАТРИЧНЫХ ПУЧКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА В ШУМЕ

Д.Д. Салов, О.Л. Ибряева

В статье применен метод матричных пучков для обнаружения сигнала в шуме. Показано, что классический метод не способен определить время начала сигнала, в то время как модифицированный метод помимо определения времени прихода сигнала также оценивает его частоту.

Ключевые слова: обработка сигнала, метод матричных пучков, обнаружения сигнала в шуме, определения времени прихода, оценка частоты.

В данной работе рассматривается задача определения параметров и времени прихода зашумленного сигнала с неизвестными параметрами. Данная задача появляется во многих областях, таких как спектральный анализ сигналов ядерного магнитного резонанса [1], в идентификации радиолокационных объектов [2], в сейсмологии [3], медицине [4] и др.

Для решения данной задачи был применен классический метод матричных пучков [5] и его модифицированный аналог [6]. Насколько нам известно, ранее нигде метод матричных пучков не использовался для определения времени прихода сигнала, потому что (как показано в данной статье) классический ММП плохо справляется с этой задачей. Можно заметить, что существует множество алгоритмов решения задачи обнаружения сигнала, но они либо работают преимущественно с синусоидальными сигналами (преобразование Фурье, обобщенный «кросс-коррелятор» [7–9]), либо требуют знания законов распределения как самого сигнала, так и его шумовой составляющей (метод максимального правдоподобия [10, 11]).

Предложенный в этой статье метод не требует такой априорной информации и работает с сигналами достаточно общего вида суммой затухающих синусоид. Количество синусоид не предполагается известным заранее. Для оценки эффективности представленных выше методов предложен модельный сигнал длительностью 0,1 с. Он представляет собой последовательность затухающих синусоид, возникающих в случайные моменты времени. Данный модельный сигнал представлен на рис. 1.

На рассматриваемом отрезке сигнала затухающая синусоида частотой 30 кГц возникла 10 раз (некоторые синусоиды частично перекрылись друг с другом). Амплитуда и фаза синусоид различны, частота и коэффициент затухания всех синусоид одинаковы.

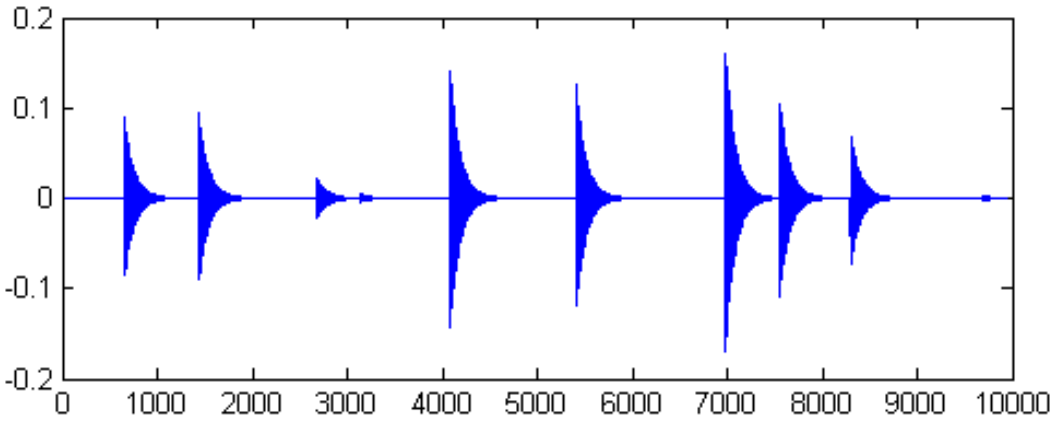


Рис. 1. Случайная последовательность синусоид

Частота дискретизации сигнала – 100 кГц. Зашумленный сигнал (в качестве шума взяты отсчеты нормально распределенной случайной величины) представлен на рис. 2. Отношение сигнал/шум (SNR) для данного сигнала будем вычислять по формуле 1:

$$SNR = 10\log\frac{\frac{1}{M}\sum_{s=1}^{M}\frac{1}{N}\sum_{k=\eta_s}^{\eta_s+N} y_k^2}{\sigma^2}, \qquad (1)$$

где M – число импульсов на рассматриваемом временном отрезке сигнала, N – число отсчетов, за которое синусоида затухает до уровня 5 % от энергии в момент возникновения импульса, η_s – номер отсчета, соответствующий времени возникновения затухающей синусоиды, y_k – значения выходного сигнала в отсутствии шума, а σ – дисперсия шумового сигнала.

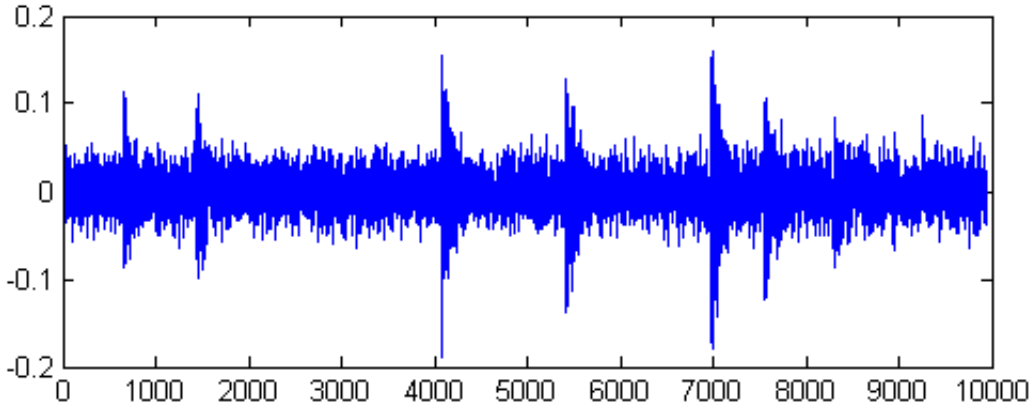


Рис. 2. Зашумленный сигнал

Для сигнала на рис. 2 значение SNR составило 7 дБ. Со сдвигом на 1 отсчет, предложенным в статье методом были обработаны сегменты сиг-

нала длиной 0,5 мс каждый. Значение параметра ε было выбрано равным 0,01. Найденные значения частоты показаны на рис. 3. Видно, что на участках с полезным сигналом модифицированным методом матричных пучков была обнаружена частота около 30 кГц. Важно, что на участках сигнала без полезной составляющей никаких частот не было найдено. Таким образом, предложенный метод позволяет найти время прихода сигнала и даже оценить его частоту.

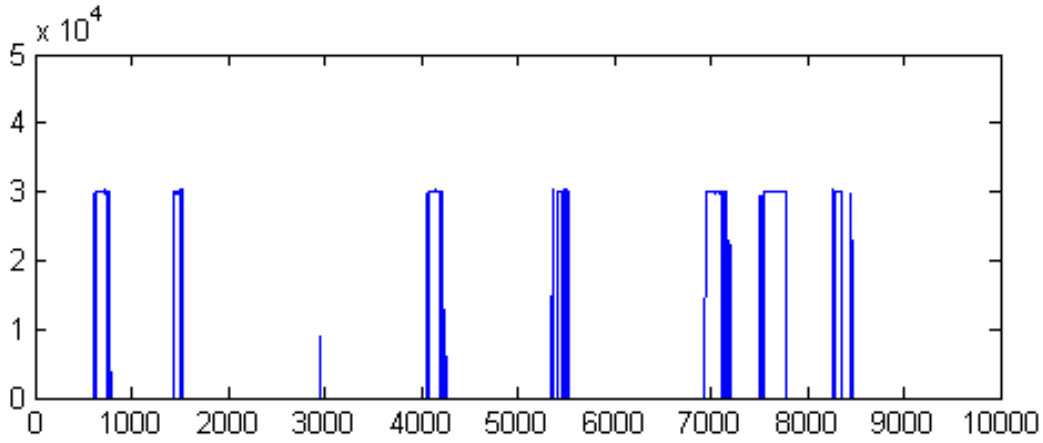


Рис. 3. Зависимость найденной частоты от отсчетов сигнала

Заметим, что классический метод матричных пучков будет подстраивать шум под сумму синусоид и находить различные частоты на протяжении всего сигнала.

Сравним классический и модифицированный ММП. Для этого рассмотрим отрезок сигнала с 4100 по 4150 отсчет, в котором присутствует затухающая синусоида с частотой 30 кГц и «чисто шумовой» отрезок сигнала с 6000 по 6050 отсчет. Результаты сравнения сигналов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты обработки сигнала
с полезной составляющей с частотой 30 кГц

	Классический метод матричных пучков	Модифицированный метод матричных пучков
Полюса	–0,3138 + 0,9596i 0,8366 + 0,4215i	–0,3130 + 0,9354i
Частоты (кГц)	30,223 7,428	30,140

Таблица 2

Результаты обработки сигнала без полезной составляющей (шум)

	Классический метод матричных пучков	Модифицированный метод матричных пучков
Полюса	0,0518 + 0,7307i 0,7149 + 0,5868i 0,1290 + 0,0000i	–
Частота (кГц)	23,874 10,938 0	–

Заключение. Как можно видеть, для первого отрезка сигнала классический метод помимо 30 кГц нашел лишнюю частоту. Для второго отрезка классический метод также нашел ряд частот, подстроив под данный шум сумму комплексных экспонент.

Таким образом, ясно, что классический ММП не позволит определить время прихода полезного сигнала, но его модифицированный аналог прекрасно с этим справляется. Что говорит о перспективности применения модифицированного метода матричных пучков в задачах обнаружения сигнала в шуме.

Библиографический список

1. Lin Y., Hodkinson P., Ernst M., Pines A. A Novel Detection-estimation Scheme for Noisy NMR Signals: Applications to Delayed Acquisition Data // Journal of Magnetic Resonance. 1997. Vol. 128, P. 30–41.

2. Коновалюк, М.А. Идентификация объектов сложной формы в сверхкоротоимпульсной радиолокации / М.А. Коновалюк, Ю.В. Кузнецов, А.Б. Баев // III Всероссийская конференция «Радиолокация и связь» (Москва, 26–30 октября 2009 г.). – М.: Изд-во ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, 2009. – С. 932–936.

3. Персичкин, А.А. О методике оценки параметров сейсмических сигналов / А.А. Персичкин, А.А. Шпилевой // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2015. – № 10. – С. 122–125.

4. Bhuiyan M., Malyarenko E.V., Pantea M.A., Capaldi D., Baylor A.E., Maev R.Gr. Time-frequency Analysis of Clinical Percussion Signals Using Matrix Pencil Method // Journal of Electrical and Computer Engineering 2015. Vol. 2015. P. 340–347. DOI: 10.1155/2015/274541.

5. Hua Y., Sarkar T.K. Matrix Pencil Method for Estimating Parameters of Exponentially Damped Undamped Sinusoids in Noise // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. 1990. Vol. 38, No. 5. P. 814–824.

6. Ибряева, О.Л. Модификация метода матричных пучков, использующая совместное оценивание полюсов сигнала и обратных к ним / О.Л. Ибряева, Д.Д. Салов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Вычислительная математика и информатика». – 2017. – Т. 6, № 1. – С. 26–37. DOI: 10.14529/cmse170102.

7. Шостак, С.В. Решение задачи «обнаружение-измерение дальности» для малоподвижных объектов методом активной корреляции / С.В. Шостак, Е.Н. Бакланов, П.А. Стародубцев, А.П. Шевченко // Журнал Радиоэлектроники. – 2015. – № 3. – С. 101–117.

8. Логинов, А.А. Реализация алгоритма поиска сигнала заданной формы на фоне шумов / А.А. Логинов, О.А. Морозов, Е.М. Сорохтин, М.М. Сорохтин // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Физика твердого тела. – 2005. – № 1(18). – С. 141–145.

9. Ван Трис, Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции / Г. Ван Трис. – М.: Изд-во Сов. радио, 1977. – 650 с.

10. Stoica P., Moses R.L., Friedlander B., Soderstrom T. Maximum Likelihood Estimation of the Parameters of Multiple Sinusoids from Noisy Measurements // IEEE Transaction on Acoustics. Speech and Signal Processing. 1989. Vol. 37, No. 3. P. 378–392.

11. Yang X., Huang B., Gao H. A Direct Maximum Likelihood Optimization Approach to Identification of LPV Time-delay Systems // Journal of the Franklin Institute. 2016. Vol. 353. P. 1862–1881.

К содержанию

УДК 004.45 + 654.93

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ REST-СЕРВИСА НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМИРОВАНИЯ КЛИЕНТОВ ОХРАННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.С. Силкина, Г.И. Федосеев

В рамках данной статьи рассматривается разработка REST-сервиса на примере системы информирования клиентов охранного предприятия. Приведено описание архитектуры веб-сервиса, описаны решения, принятые для интеграции сервиса со структурой предприятия. Описаны механизмы работы ресурсов REST-сервиса. Определены ключевые свойства системы, оказывающие влияние на эксплуатацию в реальных условиях.

Ключевые слова: REST, веб-сервис, веб-приложение, информирование клиентов, охранное предприятие.

На сегодняшний день одним из самых популярных подходов к созданию веб-сервисов является REST [0]. В данной статье будет рассмотрен процесс создания REST-сервиса, разработанного для охранного предприятия. Основное назначение разрабатываемой системы – обеспечить передачу данных, касающихся самых разных аспектов: охраняемых объектов, произошедших событий, состояния лицевых счетов пользователей, истории платежей и т.п. Все эти данные хранятся в различных источниках. Так, например,

информация об объектах и событиях располагается только в базе данных пультового программного обеспечения. Данные о финансовых аспектах деятельности предприятия хранятся только в ERP-системах. Прямого доступа к этим хранилищам у разрабатываемой системы нет, что исключает ее воздействие на работу других аппаратно-программных средств охранного предприятия. Поэтому одним из назначений системы является сбор данных из доступных источников: программного интерфейса пульта и хранилища ERP-системы. Доступ к собранной таким образом информации осуществляется в соответствии с принципами REST. Для реализации веб-приложения использовался язык программирования Python, фреймворк Django-Tastypie и СУБД PostgreSQL.

Анализ требований к разрабатываемому приложению был выполнен с применением универсального языка моделирования UML [0]. Была спроектирована диаграмма вариантов использования, которая представлена на рис. 1. Как показано на диаграмме вариантов использования, с системой взаимодействуют пять актеров:

Клиент – программное обеспечение (клиентское приложение), взаимодействующее с API разрабатываемой системы.

Пульт – программное обеспечение, настроенное на ретрансляцию событий разрабатываемой системе.

Время – актер, обозначающий сторонний планировщик, запускающий импорт данных по расписанию.

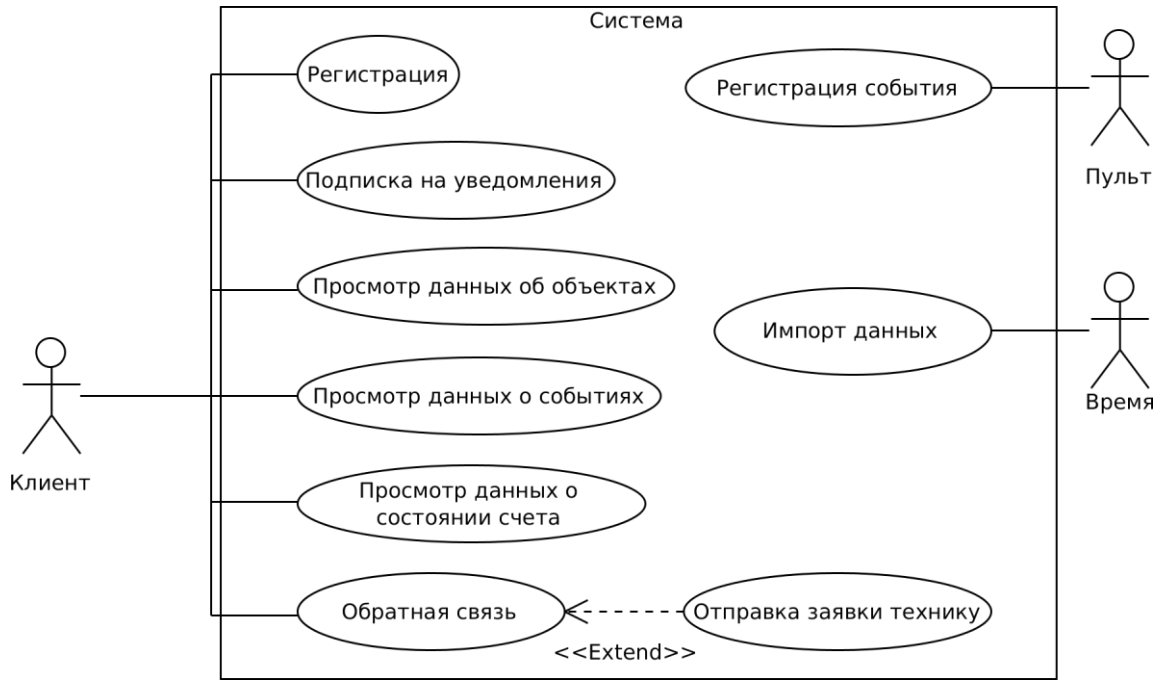


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

При дальнейшем анализе требований было выявлено, что, во-первых, пульт имеет свои собственные протоколы обмена информацией. Исполь-

зуемое пультовое ПО может передавать информацию разрабатываемой системе при помощи протокола Sur-Gard [0] и своего собственного XML-подобного протокола. Во-вторых, при взаимодействии с клиентским приложением данные могут быть переданы в формате JSON. В-третьих, оператор системы может взаимодействовать с системой посредством веб-интерфейса.

Исходя из функциональных и нефункциональных требований к разрабатываемой системе, были выявлены относительно независимые компоненты, обращающиеся к общей базе данных. Схема взаимодействия компонентов изображена на рис. 2.

«Обработчик пакетов, присылаемых пультом» – это компонент, который преобразует пакеты, формируемые программным обеспечением пульта, использующим протоколы передачи данных на базе TCP [0], в записи базы данных. Содержит логику смены состояний охраняемого объекта, происходящей при регистрации нового события. Данные, содержащиеся в пакетах, могут быть представлены в следующих форматах:

- Sur-Gard – строковое представление, состоящее из кодов событий, объектов, спецсимволов и т.п.
- XML, структура которого определена производителем пультового программного обеспечения.

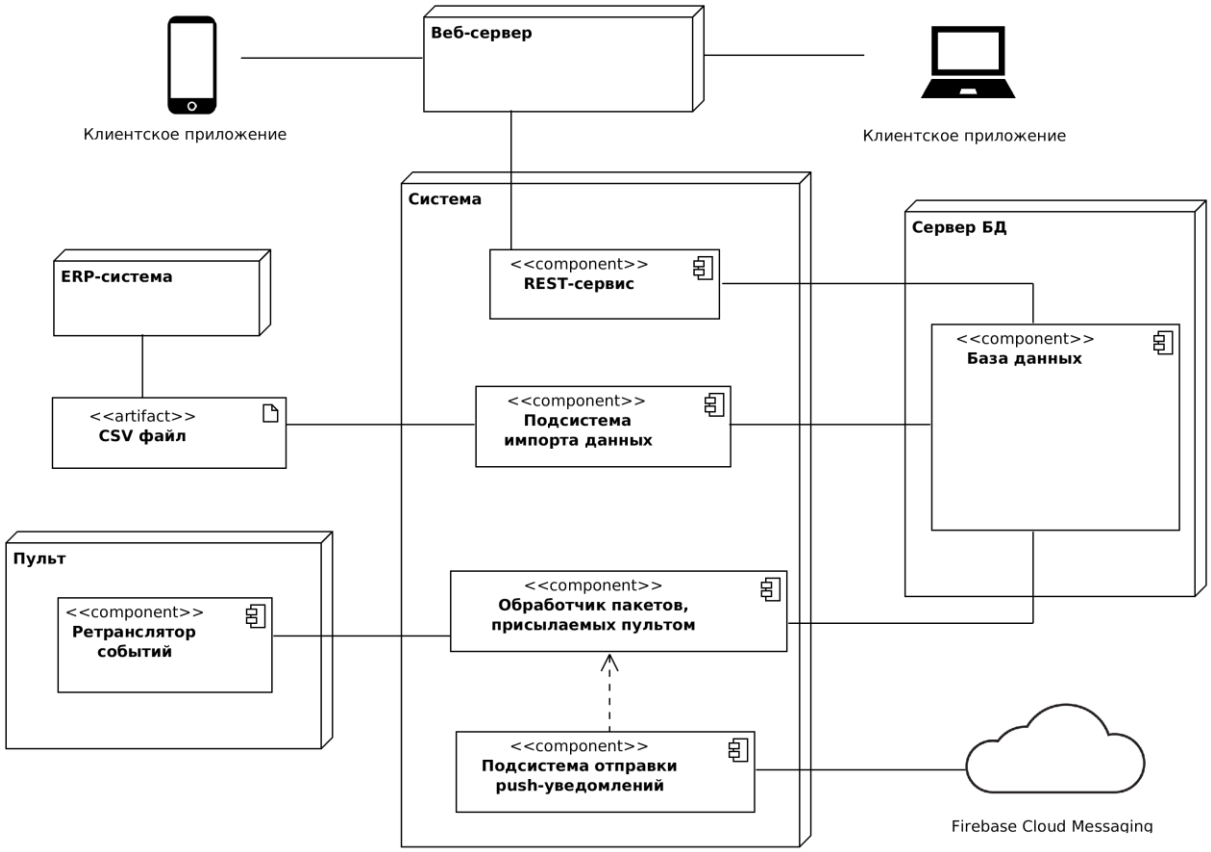


Рис. 2. Компоненты системы

После регистрации нового события компонент «подсистема отправки push-уведомлений» находит все устройства пользователей, интересы которых это событие затрагивает, после чего рассылает на них соответствующие push-уведомления при помощи сервиса Firebase Cloud Messaging.

«Подсистема импорта данных» содержит ряд функций, преобразующих CSV [0] файлы в записи базы данных. Имеет консольный интерфейс для обеспечения пакетной автоматизированной обработки файлов, но также может использоваться и через административный сайт.

Компонент «REST-сервис» предназначен для взаимодействия преимущественно с клиентским (например, веб- или мобильным) приложением. Компонент реализует логику отображения ресурсов [0], отражающих состояние системы. Также данный компонент обеспечивает разграничения доступа пользователей клиентского приложения к ресурсам. Входными данными является HTTP-запрос на определенный URL, выходными данными – код ответа HTTP, тело ответа в формате JSON [0]. В табл. приведены ресурсы, отвечающие требованиям к системе.

Таблица

Ресурсы REST-сервиса

Ресурс	Методы	Назначение
User	GET	Получение информации о пользователе
	POST	Регистрация пользователя
	PATCH	Редактирование профиля пользователя
Review	POST	Добавление отзыва
	GET	Просмотр оставленных ранее отзывов
Maintenance	POST	Создание новой заявки технику
	GET	Просмотр активных заявок
Account	GET	Просмотр информации о балансе, номере договора и т.п.
SecObject	GET	Просмотр информации об охраняемых объектах
ObjectLog	GET	Получение информации о событиях на охраняемых объектах

Далее рассмотрим подробнее реализацию ресурса ObjectLog. На рис. 3 приведена схема ресурса ObjectLog.

Рассмотрим механизм получения информации о событиях. На рис. 4 приведен поток данных, связанный с событиями. Этот поток может быть разделен на 2 независимые части: первая часть отвечает за сохранение информации о событиях в базе данных, вторая часть – за получение информации о событиях по запросу к API. При получении информации о событиях используется ресурс ObjectLog, управление которому передается после расшифровки URL. Последовательность операций, выполняемых ресурсом ObjectLog, представленная на рис. 5, типична для любого другого ресурса Tastypie.

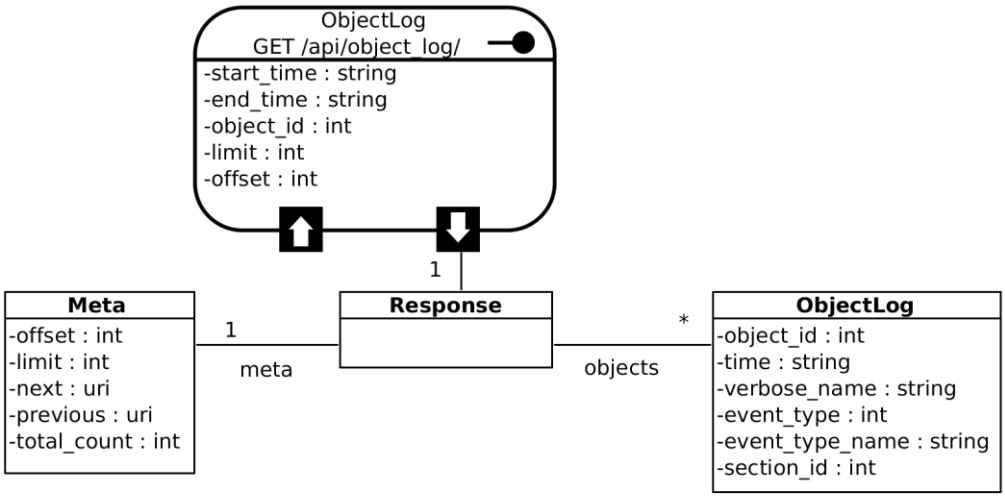


Рис. 3. Ресурс ObjectLog

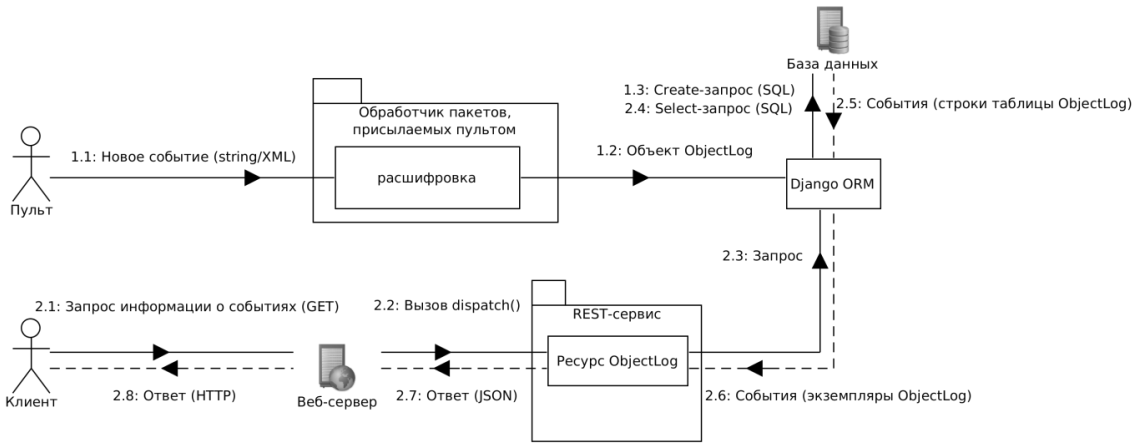


Рис. 4. Поток данных о событиях

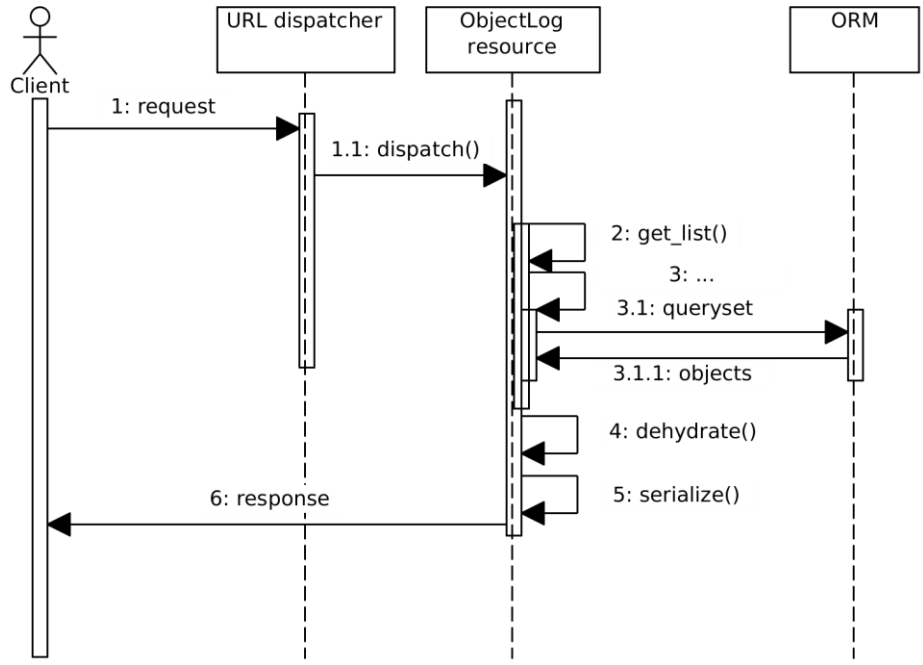


Рис. 5. Диаграмма последовательности для ресурса ObjectLog

Все ресурсы вызывают метод *dispatch,* который определяет, каким способом обрабатывать запрос, полученный от клиента, на основании URL и метода передачи данных (GET, POST, DELETE и др.). В нашем примере для ресурса ObjectLog далее вызывается метод *get_list*, который возвращает список событий. Метод *apply_filters* на основании заголовка и параметров HTTP-запроса формирует запрос к ORM, который выполняет запрос к базе данных и возвращает список объектов класса ObjectLog. Метод *dehydrate* преобразует полученные объекты в словари, выполняет необходимые замены полей, добавляет вычисляемые поля, скрывает лишние атрибуты. Метод *serialize* для нашего примера преобразует полученные словари в JSON формат. Ответ сервера для нашего примера приведен на рис. 6.


```
{
    "meta": {
        "limit": 2,
        "next": "/api/object_log/?object_id=7&limit=2&offset=2",
        "offset": 0,
        "previous": null,
        "total_count": 197
    },
    "objects": [
        {
            "section_id": 0,
            "event_type_name": "Постановки",
            "time": "2017-01-13T20:42:11+05:00",
            "verbose_name": "Постановка на охрану",
            "id": 131485,
            "object_id": 7,
            "event_type": 1
        },
        {
            "section_id ": 0,
            "event_type_name": "Снятия",
            "time": "2017-01-13T18:30:29+05:00",
            "verbose_name": "Снятие с охраны",
            "id": 131483,
            "object_id": 7,
            "event_type": 2
        }
    ]
}
```


Рис. 6. Листинг ответа сервера

Заключение. В статье были рассмотрены архитектура и реализация системы информирования клиентов охранного предприятия, предоставляющей REST API. Описанная организация веб-приложения позволяет реализовать следующие ключевые характеристики:

1. Кроссплатформенность клиентов

С REST сервисом, который возвращает данные в формате JSON, могут взаимодействовать любые мобильные и веб-клиенты. В настоящий момент для описанной системы реализованы клиентские приложения на базе iOS и Android.

2. Безопасность работы предприятия

Система взаимодействует только с собственной базой данных, а информация от пульта и ERP-системы поступает в одностороннем порядке и по инициативе последних. Таким образом, инфраструктура предприятия остается независимой от разработанной системы.

3. Безопасность клиентов

Для каждого ресурса действуют собственные правила авторизации, ограничивающие доступ к информации.

4. Слабая внешняя связанность компонентов

Поведение системы может быть модифицировано посредством замены или добавления отдельных компонентов, без модификации остальных компонентов.

5. Двусторонняя связь

Помимо обмена данными по инициативе клиента с использованием REST API сервер может в любое время отправлять данные клиентам благодаря технологии Push.

6. Масштабируемость

Система может обрабатывать события, поступающие с нескольких пультов одновременно, также возможно использование балансировщика нагрузки для веб-сервиса.

7. Возможность повторного использования

Система с минимальными изменениями может быть перенастроена для работы в других охранных предприятиях.

Описанная в статье система в настоящее время используется в одной из охранных организаций Челябинска для информирования клиентов о состоянии охраняемых объектов и о состоянии счета. На данный момент около ста пятидесяти клиентов пользуются данным REST-сервисом, и число пользователей продолжает расти.

Библиографический список

1. Webber J., Parastatidis S., Robinson I. REST in Practice: Hypermedia and Systems Architecture. O'Reilly Media, 2010. – 448 с.

2. Rumpe B. Modeling with UML Language, Concepts, Methods. Springer International Publishing, 2016. – 281 p.

3. Спецификация протокола Sur-Gard [Электронный ресурс]. – URL: http://www.lavina-pult.ru/helpdesk/integraciya_SurGard.pdf.

4. Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с.

5. RFC 4180, спецификация формата CSV [Электронный ресурс]. – URL: http://tradeincome.ru/useful-content/RFC 4180 rus.pdf.

6. RFC 7159, спецификация формата JSON [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7159.txt.

К содержанию

УДК 519.852

СЛЕДЯЩИЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

И.М. Соколинская

Статья посвящена новой редакции параллельного следящего алгоритма Pursuit. Этот алгоритм использует фейеровские отображения для построения псевдопроекции на многогранник. Алгоритм отслеживает изменения в исходных данных и корректирует процесс вычислений. Предыдущая версия алгоритма предполагала использование следящей области кубической формы с количеством ячеек K по одному измерению. Общее количество ячеек в этом случае составляет Kn, где n – размерность задачи. Это приводит к высокой вычислительной сложности алгоритма. Новая версия алгоритма использует следящую область крестообразной формы с n лучами, содержащую только nK ячеек. Алгоритм ориентирован на кластерные вычислительные системы, оснащенные процессорами Intel Xeon Phi**.**

Ключевые слова: нестационарная задача линейного программирования, фейеровские отображения, следящий алгоритм, массовый параллелизм, кластерные вычислительные системы, архитектура MIC, Intel Xeon Phi.

В работах [1, 2] авторами был предложен следящий алгоритм Pursuit решения нестационарных задач линейного программирования большой размерности, ориентированный на кластерные вычислительные системы. Нестационарные задачи линейного программирования большой размерности с быстро меняющимися входными данными достаточно часто встречаются в практике современного экономико-математического моделирования. Одним из примеров таких задач является задача управления портфелем ценных бумаг с использованием методов алгоритмической торговли [3, 4]. В подобных задачах количество переменных и неравенств в системе ограничений может составлять десятки и даже сотни тысяч, а период изменения исходных данных находиться в пределах сотых долей секунды. Разработанный авторами алгоритм Pursuit в своей начальной версии предполагал использование следящей области кубической формы с количеством ячеек K по одному измерению. Общее количество ячеек в этом случае составляет Kn, где n – размерность задачи. Это приводит к высокой вычислительной сложности алгоритма на задачах большой размерности. В настоящей работе описывается новая версия алгоритма Pursuit, в которой используется следящая область крестообразной формы с n лучами, содержащая только nK ячеек. Базовой частью алгоритма Pursuit является подпрограмма вычисления псевдопроекции на многогранник. Псевдопроектиро-

вание использует фейеровские отображения для замены операции проектирования на выпуклое множество [6]. Авторами выполнена реализация этого алгоритма на языке C++ с использованием технологии параллельного программирования OpenMP 4.0 [7] и векторных команд Intel C++ Compiler для Xeon Phi [8]. Эффективность реализации алгоритма для сопроцессора Xeon Phi с архитектурой MIC [9] была исследована на модельной масштабируемой задаче линейного программирования. Результаты этих экспериментов приведены в данной статье.

Постановка задачи

Задана задача линейного программирования:

$$\max\left\{\langle c,x\rangle \mid Ax\le b, x\ge 0\right\} \tag{1}$$

Определим фейеровское отображение $\varphi:\mathbb{R}^n\to\mathbb{R}^n$ следующим образом:

$$\varphi(x)=x-\sum_{i=1}^{m}\alpha_i\lambda_i\frac{\max\left\{\langle a_i,x\rangle-b_i,0\right\}}{\|a_i\|^2}\cdot a_i. \tag{2}$$

Пусть M – многогранник, задаваемый ограничениями задачи линейного программирования (1). Такой многогранник всегда является выпуклым. Известно [5], что φ будет однозначным непрерывным M-фейеровским отображением для любой системы положительных коэффициентов $\{\alpha_i>0\}\ (i=1,\ldots,m)$, таких, что $\sum_{i=1}^{m}\alpha_i=1$, и коэффициентов релаксации $0<\lambda_i<2$. Полагая в формуле (2) $\lambda_i=\lambda$ и $\alpha_i=1/m\ \ (i=1,\ldots,m)$, получаем формулу:

$$\varphi(x)=x-\frac{\lambda}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{\max\left\{\langle a_i,x\rangle-b_i,0\right\}}{\|a_i\|^2}\cdot a_i, \tag{3}$$

которая используется в алгоритме *Pursuit*. Обозначим:

$$\varphi^s(x)=\underbrace{\varphi\ldots\varphi(x)}_{s}.$$

Под *фейеровским процессом*, порождаемым отображением φ при произвольном начальном приближении $x_0\in\mathbb{R}^n$, будем понимать последовательность $\left\{\varphi^s(x_0)\right\}_{s=0}^{+\infty}$. Известно, что указанный фейеровский процесс сходится к точке, принадлежащей множеству M:

$$\left\{\varphi^s(x_0)\right\}_{s=0}^{+\infty}\to\bar{x}\in M. \tag{4}$$

Кратко обозначим это следующим образом: $\lim_{s\to\infty}\varphi^s(x_0)=\bar{x}$.

Под *φ-проектированием (псевдопроектированием)* точки $x\in\mathbb{R}^n$ на многогранник M понимается отображение $\pi_M^{\varphi}(x)=\lim_{s\to\infty}\varphi^s(x)$.

Описание модифицированного алгоритма

Без ограничения общности мы можем считать, что все процессы происходят в положительной области координат. Пусть n – размерность пространства решений. В новой версии алгоритма используется крестообразная следящая область. Такая область состоит из n-мерных ячеек кубической формы, имеющих одинаковые размеры. Ребра всех ячеек сонаправлены с координатными осями. Среди этих ячеек выделяется ячейка, называемая *центральной*. Остальные ячейки образуют осесимметричную крестообразную фигуру вокруг центральной ячейки. Пример крестообразной следящей области для двумерного случая приведен на рис. 1. Пусть K – количество ячеек по одному измерению. В примере на рис. 1 $K = 7$. Симметричность следящей области предполагает, что K принимает только нечетные значения. Общее количество ячеек в крестообразной следящей области можно вычислить по следующей формуле:

$$P = n(K-1)+1. \qquad (5)$$

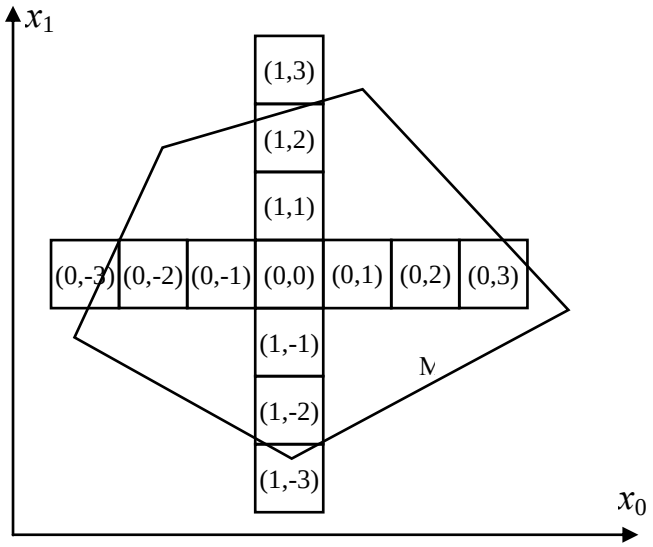


Рис. 1. Крестообразная следящая область при n = 2

Каждая ячейка в крестообразной следящей области однозначно идентифицируется *маркером* – парой целых чисел (χ,η) таких, что $0 \le \chi < n$, $|\eta| \le (K-1)/2$. С неформальной точки зрения χ задает столбик ячеек, сонаправленный координатной оси с индексом χ, а η задает порядковый номер ячейки в столбце относительно центральной ячейки. Далее χ будем называть *измерением*, а η *–индексом* ячейки. Соответствующая маркировка ячеек для двумерного случая приведена на рис. **1**2.

Нулевой вершиной кубической ячейки будем называть вершину, находящуюся ближе всего к началу координат. Пусть $(g_0,\ldots,g_{n-1})$ – декартовы координаты нулевой вершины центральной ячейки. Обозначим через s

длину ребра ячейки. Тогда декартовы координаты $(y_0,\ldots,y_{n-1})$ нулевой вершины ячейки (χ,η) определяются следующей формулой:

$$y_j = \begin{cases} g_\chi + \eta s, \text{ если } j = \chi \\ g_j, \text{ если } j \neq \chi \end{cases} \quad (6)$$

для всех $j = 0,\ldots,n-1$.

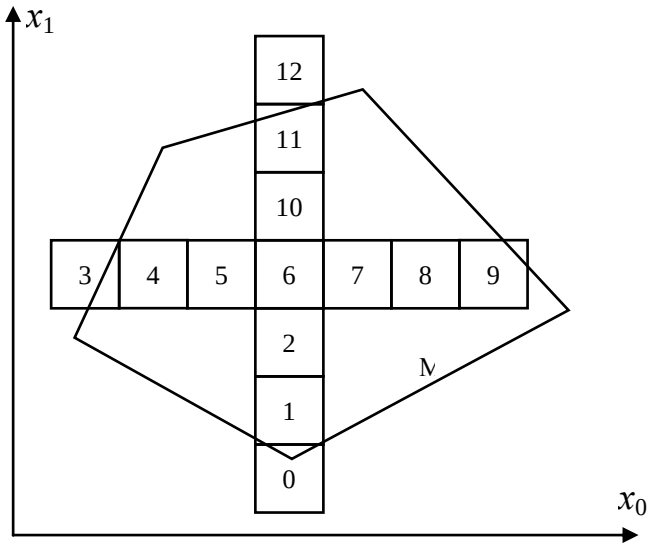


Рис. 2. Линейная нумерация ячеек при $n = 2$ и $K = 7$

Неформально работа алгоритма с крестообразной следящей областью может быть описана следующей последовательностью действий.

Первоначально выбирается крестообразная следящая область с количеством ячеек по одному измерению K, длиной ребра ячейки s и нулевой вершиной центральной ячейки в точке g таким образом, что центральная ячейка имеет непустое пересечение с многогранником M.

В качестве начального приближения выбирается точка z = g.

В условиях динамического изменения входных данных (A, b, c) для всех ячеек, принадлежащих крестообразной следящей области, вычисляется псевдопроекция из точки z на пересечение ячейки с многогранником M. Если пересечение пусто, то такие ячейки отбрасываются.

Если получено пустое множество псевдопроекций, то мы увеличиваем размер ячейки следящей области в w раз и переходим на шаг 0.

Если получено непустое множество псевдопроекций, то для каждого измерения находим ячейку, на которой в точке псевдопроекции достигается максимум целевой функции. Остальные ячейки отбрасываются. Для оставшихся ячеек находим их центр масс. В качестве следующего приближения выбираем точку z, совпадающую с найденным центром масс.

Если расстояние от центра масс до центральной ячейки следящей области меньше $\frac{1}{4}s$, то длина s ребра ячейки уменьшается в 2 раза.

Если расстояние от точки максимума до центра следящей области больше $\frac{3}{4}s$, то длина *s* ребра ячейки увеличивается в 1,5 раза.

Выполняется параллельный перенос крестообразной следящей области таким образом, чтобы ее центральная ячейка оказалась в центре масс, найденном на шаге 0.

Переходим на шаг 0.

Псевдопроекции на шаге 0 для различных ячеек следящей области могут вычисляться параллельно без обменов данными между MPI-процессами. При этом будет задействовано *P* MPI-процессов, где *P* определяется по формуле (5). Для распределения ячеек по MPI-процессам мы используем линейную нумерацию ячеек. Каждой ячейке крестообразной следящей области присваивается уникальный номер $\alpha \in \{0,\ldots,P-1\}$. Порядковый номер α может быть однозначно преобразован в маркер (χ,η) по следующим формулам[1]:

$$\chi = \left\| \alpha - K + 1 \right| - 1 \left| \div \left((K-1)/2 \right) \right.; \tag{7}$$

$$\eta = \operatorname{sign}(\alpha - K + 1) \cdot \left(\left(\left(\left| \alpha - K + 1 \right| - 1 \right) \bmod \left((K-1)/2 \right) \right) + 1 \right). \tag{8}$$

Обратный переход от (χ,η) к α выполняется с помощью формулы:

$$\alpha = \eta + \operatorname{sign}(\eta)\, \chi (K-1)/2 + K - 1. \tag{9}$$

На Ошибка! Источник ссылки не найден. изображена линейная нумерация ячеек, соответствующая маркировке на рис. 1.

Реализация новой версии следящего алгоритма

В данном разделе описываются изменения в реализации новой версии следящего алгоритма относительно описания, приведенного в работе [2].

Схема головной подпрограммы

Общая схема головной подпрограммы следящего алгоритма приведена на Ошибка! Источник ссылки не найден.. В цикле *until* с меткой 1 выполняется постоянная корректировка приближенного решения задачи линейного программирования (1), которое вычисляется в векторе $z = (z_0,\ldots,z_{n-1})$ в соответствии с описанием идеи алгоритма в разделе 0. В качестве начального значения *z* может быть взята произвольная точка.

Головная подпрограмма следящего алгоритма оформляется в виде независимого процесса, который выполняется до тех пор, пока переменная *stop* не примет значение *true* (истина). Начальную установку переменной *stop* в значение *false* (ложь) осуществляет головной процесс, соответствующий основной программе. Он же присваивает переменной *stop* значение *true*, когда вычислительный процесс нужно остановить.

В теле цикла *until* выполняются следующие действия. На шаге 2 организуется *K* параллельных потоков управления (нитей), которые независи-

[1] С помощью символа ÷ здесь обозначается целочисленное деление.

мо друг от друга вычисляют псевдопроекции из точки z на пересечение i-той ячейки с многогранником M $(i=0,\ldots,P-1)$. Напомним, что P равно количеству MPI-процессов и в соответствии с формулой (5) равно количеству ячеек в крестообразной следящей области. Схема подпрограммы π вычисления псевдопроекции детально описана в соответствующем разделе.

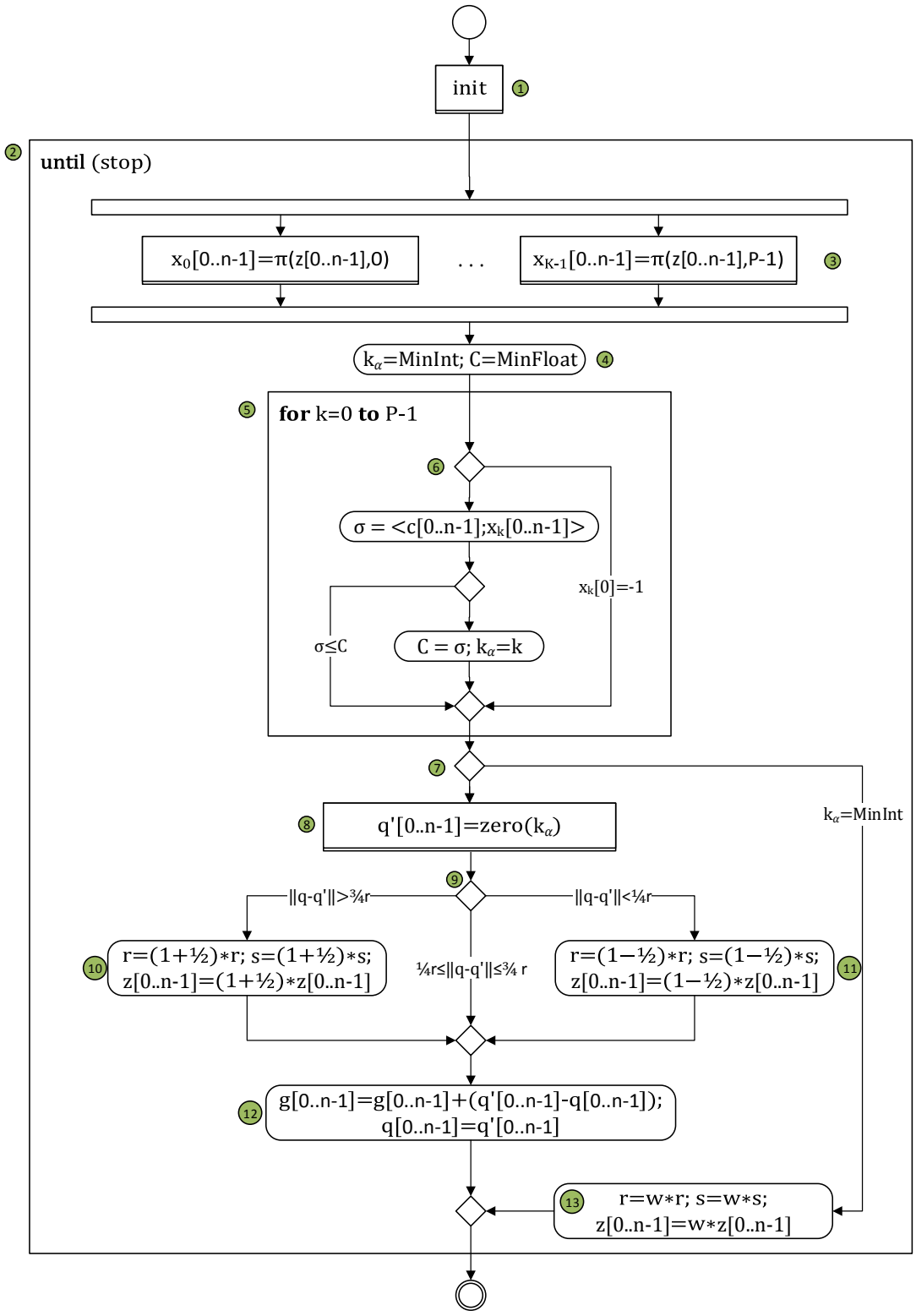


Рис. 3. Головная подпрограмма следящего алгоритма

В цикле *for* с меткой 3 для каждого измерения $\chi = 0,\ldots,n-1$ вычисляется порядковый номер α'_χ ячейки данного измерения, на которой достигается максимум *C* целевой функции. Это делается во вложенном цикле с меткой 5. Для корректной работы цикла 5 переменной α'_χ на шаге 4 присваивается начальное значение *MinInt*, соответствующее минимальному машинному значению целого типа. На шаге 6 по значениям χ и η вычисляется порядковый номер α ячейки с маркером (χ,η) по формуле (9). Подпрограмма π, вычисляющая точку $x_\alpha = (x_0,\ldots,x_{n-1})$ псевдопроекции точки z на пересечение многогранника M с ячейкой с номером α, присваивает координате x_0 значение -1 в том случае, когда точка x_α псевдопроекции не принадлежит многограннику M. Эта ситуация возникает в случае, когда пересечение многогранника M с ячейкой с номером α является пустым. Если же x_α принадлежит многограннику, то в силу предположения о том, что все процессы находятся в положительной области координат, значение x_0 не может быть отрицательным. Указанное условие проверяется на шаге 7. Случаи $x_0 = -1$ из рассмотрения исключаются. Если при выполнении цикла 5 оказывается, что ни одна из ячеек текущего измерения следящей области не имеет непустого пересечения с многогранником M, то в переменной α'_χ сохраняется значение *MinInt*. Этот факт проверяется на шаге 10.

Далее в цикле 9 вычисляется новое приближенное решение z' задачи (1). В переменной *k* будет вычисляться количество измерений, по которым следящая область имеет непустые пересечения с многогранником M. Для этого на шаге 8 ей присваивается нулевое значение. На шаге 10 из рассмотрения исключаются измерения, не имеющие пересечения с многогранником M. На шаге 11 значение z' вычисляется как сумма тех точек псевдопроекций, на которых был достигнут максимум целевой функции для соответствующего измерения.

Если на шаге 12 выясняется, что $k = 0$, это означает, что следящая область не имеет непустого пересечения с многогранником M. В этом случае длина s ребра ячейки следящей области увеличиваются в w раз, где w – положительная константа, являющаяся параметром алгоритма, и осуществляется переход к новой итерации цикла с меткой 1. Если же на шаге 12 оказывается, что $k > 0$, то новое приближение z' вычисляется как центр масс точек, отобранных в цикле с меткой 9.

На шаге 13 анализируется, насколько новое приближение z' далеко отстоит от предыдущего приближения *z*. Если расстояние между новым и предыдущим приближениями превышает $\frac{3}{4}s$, то длина s ребра ячейки увеличивается в 1,5 раза. Если расстояние между новым и предыдущим приближениями меньше $\frac{1}{4}s$, то длина s ребра ячейки уменьшается в 2 раза. Если же отклонение лежит в пределах от $\frac{1}{4}s$ до $\frac{3}{4}s$, то корректировка значения s не производится. Величины $1/4$ и $3/4$ являются параметрами алгоритма. На ша-

ге 14 следящая область сдвигается по вектору $(z' - z)$, и в качестве текущего приближения z берется точка z', после чего вычисления продолжаются.

Заключение

В работе описана новая версия следящего алгоритма *Pursuit*, предназначенного для решения нестационарных задач линейного программирования большой размерности на современных кластерных вычислительных системах. Отличительной особенностью новой версии является то, что в ней используется следящая область крестообразной формы, состоящая из nK ячеек, где n – размерность задачи, K – количество ячеек по одному измерению. Предыдущая версия алгоритма предусматривала использование следящей области, состоящей из K^n ячеек, что порождало очень высокую вычислительную сложность алгоритма. В плане дальнейших исследований – исследовать эффективность предложенного алгоритма на кластерных вычислительных системах с использованием технологии MPI.

Библиографический список

1. Соколинская, И.М. Решение нестационарных задач линейного программирования большой размерности на кластерных вычислительных системах / И.М. Соколинская, Л.Б. Соколинский // Суперкомпьютерные дни в России (Москва, 28–29 сентября 2015). Труды международной конференции. – МГУ, 2015. – С. 420–427.

2. Соколинская, И.М. Параллельная реализация следящего алгоритма для решения нестационарных задач линейного программирования / И.М. Соколинская, Л.Б. Соколинский // Вестник ЮУрГУ. Серия «Вычислительная математика и информатика». – 2016. – Т. 5, № 2. – С. 15–29. – DOI: 10.14529/cmse160202.

3. Дышаев, М.М. Представление торговых сигналов на основе адаптивной скользящей средней Кауфмана в виде системы линейных неравенств / М.М. Дышаев, И.М. Соколинская // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Вычислительная математика и информатика». – 2013. – Т. 2, № 4. – С. 103–108.

4. Ананченко, И.В. Торговые роботы и управление в хаотических средах: обзор и критический анализ / И.В. Ананченко, А.А. Мусаев // Труды СПИИРАН. – 2014. – № 3(34). – С. 178–203.

5. Еремин, И.И. Фейеровские методы для задач выпуклой и линейной оптимизации / И.И. Еремин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. – 200 с.

6. Ершова, А.В. О сходимости масштабируемого алгоритма построения псевдопроекции на выпуклое замкнутое множество / А.В. Ершова, И.М. Соколинская // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». – 2011. – № 37(254). – Вып. 10. – С. 12–21.

7. OpenMP Application Program Interface. Version 4.0. – July 2013. – URL: http://www.openmp.org/mp-documents/OpenMP4.0.0.pdf.

8. Supalov A., Semin A., Klemm M., Dahnken Ch. Optimizing HPC Applications with Intel Cluster Tools. Apress, 2014. 269 p. DOI: 10.1007/978-1-4302-6497-2.

9. Thiagarajan S.U., Congdon C., Naik S., Nguyen L.Q. Intel Xeon Phi coprocessor developer's quick start guide. White Paper. Intel, 2013. – URL:

https://software.intel.com/sites/default/files/managed/ee/4e/intel-xeon-phi-coprocessor-quick-start-developers-guide.pdf.

10. Kostenetskiy P.S., Safonov A.Y. SUSU Supercomputer Resources // Proceedings of the 10th Annual International Scientific Conference on Parallel Computing Technologies (PCT 2016). CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1576, CEURWS 2015. P. 561–573.

К содержанию

УДК 681.513.3

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ МНОГОКОНТУРНЫХ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ

В.О. Чернецкий

Рассматривается возможность параметрического синтеза регуляторов электромеханических следящих систем с учетом многих нелинейностей по моделям в виде развернутых структурных схем.

Ключевые слова: следящая система, параметрический синтез.

При необходимости достижения близких к предельно возможным характеристик следящих систем в процессе проектирования их регуляторов приходится учитывать совместное влияние на работу системы значительного числа сопутствующих нелинейностей. Известные методы синтеза регуляторов последовательного типа для подобных систем (например, [1]) основаны на использовании моделей в виде так называемых упорядоченных структур [2], представляющих собой параллельные соединения моделей Гаммерштейна. В случае необходимости использования в регуляторе обратных связей по доступным измерению переменным состояния системы подобные модели оказываются излишне громоздкими и имеют чрезмерное количество параметров, определение которых становится весьма трудоемкой задачей. Кроме того, в ряде случаев, особенно при наличии в системе внутренних контуров с насыщением, модели в виде упорядоченных структур не всегда в достаточной степени адекватны исходной системе. Подобных недостатков можно избежать, если в качестве модели использовать полученную исходя из физических соображений развернутую структурную схему системы. Возможности данного подхода рассмотрим на примере параметрического синтезы регулятора конкретной электромеханической системы.

В качестве примера на рис. 1 приведены экспериментальные частотные характеристики разомкнутой системы при двух амплитудах входного сигнала по первым гармоникам выходных сигналов датчиков тока, угловой скорости и угла. На рисунке они обозначены «Система» (на самом деле в процессе идентификации использовалось семейство частотных характери-

стик при пяти различных амплитудах входного сигнала). Их качественный анализ позволяет сделать предположение, что на работу системы влияют такие нелинейности, как насыщение в усилителе мощности, насыщение по моменту (обусловленное, скорее всего, реакцией якоря), трение в двигателе и нагрузке и люфт в редукторе. В связи с этим модель может иметь структурную схему, приведенную на рис. 2.

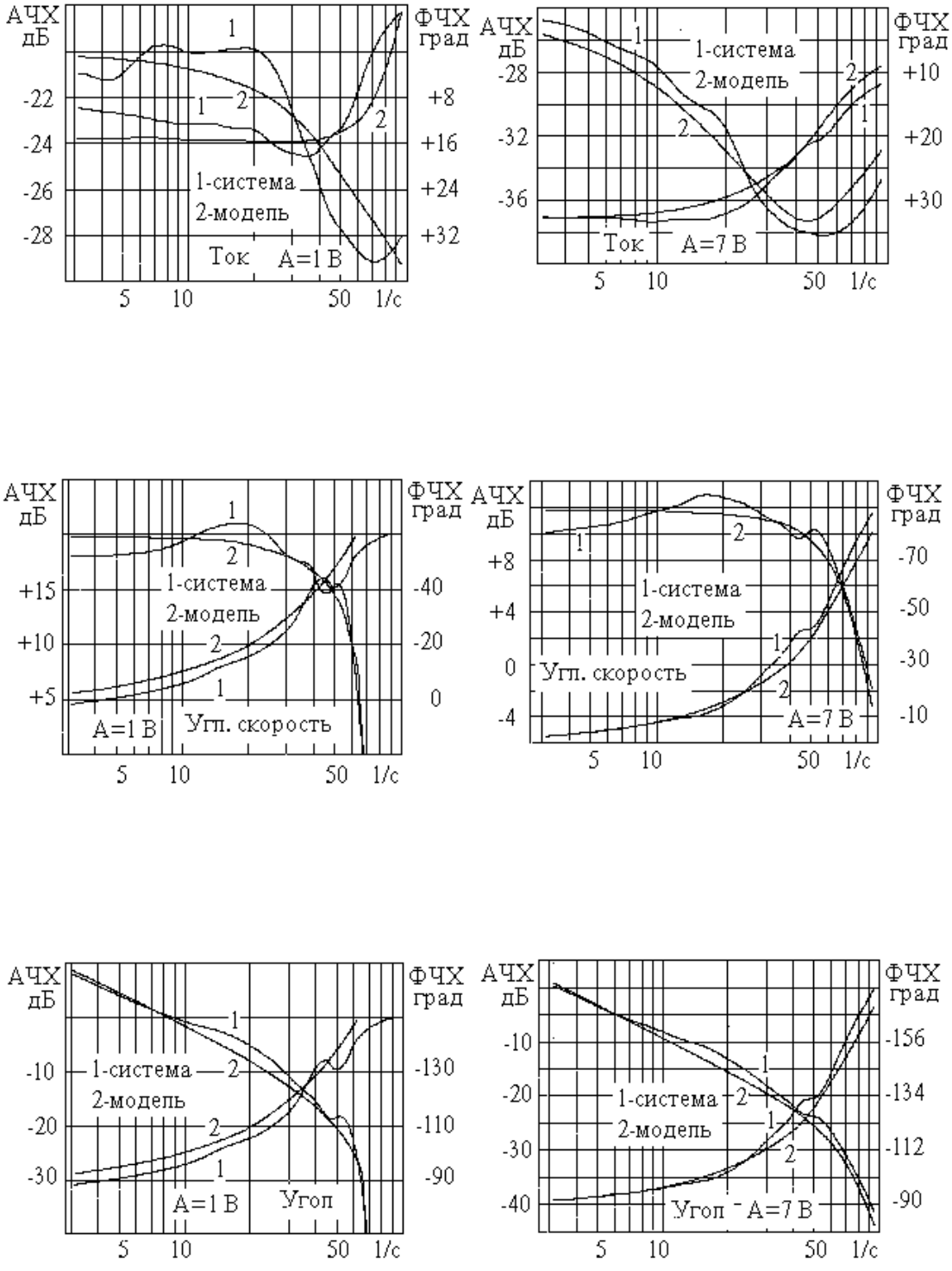


Рис. 1. Частотные характеристики разомкнутой системы

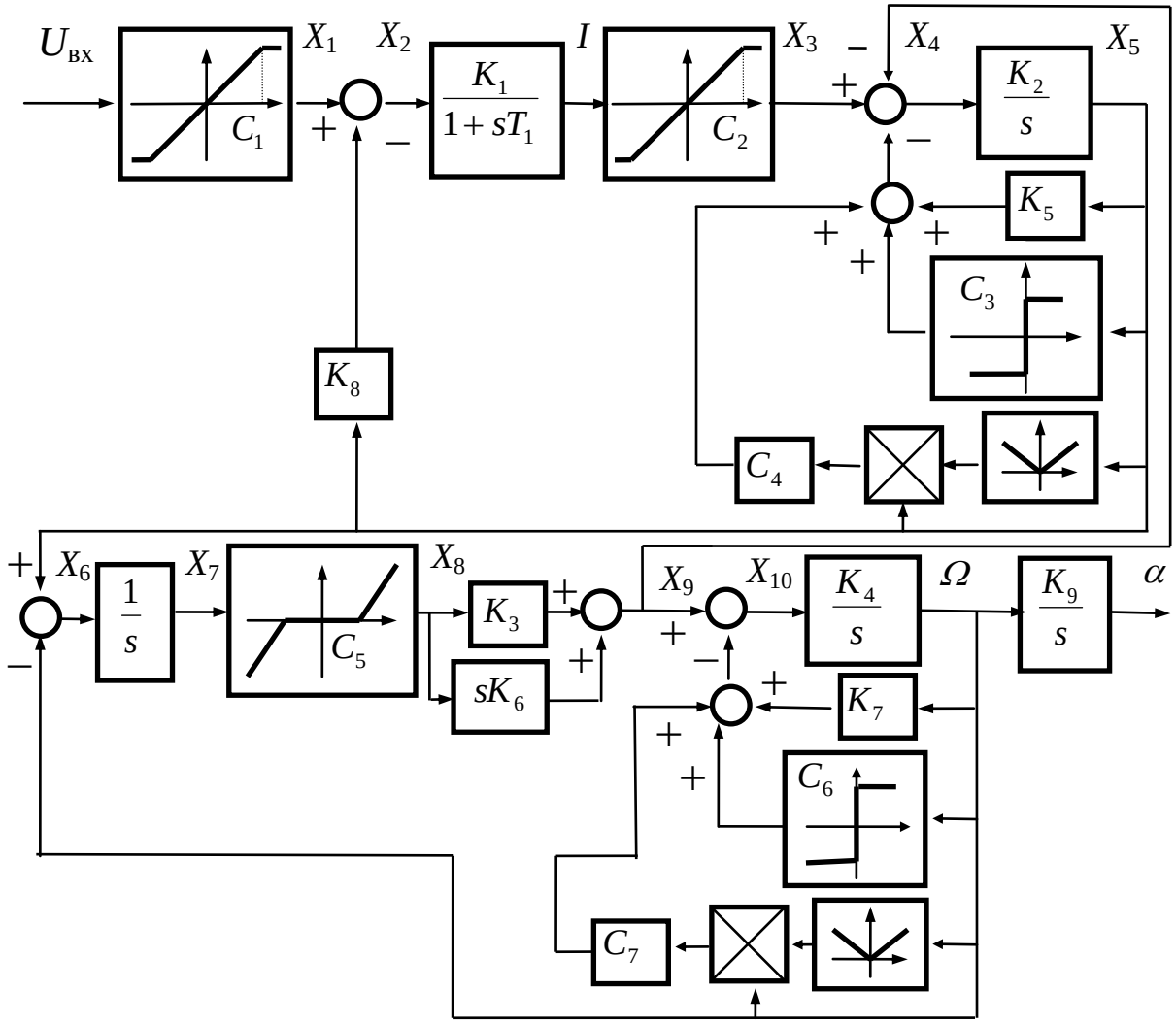


Рис. 2. Структурная схема модели разомкнутой системы

Определение параметров структурной схемы $C_1 \dots C_7$, $K_1 \dots K_9$, T_1 можно осуществить путем минимизации целевой функции:

$$Q = \frac{h_1}{r_1} Q_1 + \frac{h_2}{r_2} Q_2 + \frac{1}{r_3} Q_3, \tag{1}$$

где

$$Q_1 = \sum_{k=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} Mod^2 \left\{ \Phi_I^C(A_k, j\omega_i) - \Phi_I^M(A_k, j\omega_i) \right\}, \tag{2}$$

$$Q_2 = \sum_{k=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} Mod^2 \left\{ \Phi_\Omega^C(A_k, j\omega_i) - \Phi_\Omega^M(A_k, j\omega_i) \right\}, \tag{3}$$

$$Q_3 = \sum_{k=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} Mod^2 \left\{ \Phi_\alpha^C(A_k, j\omega_i) - \Phi_\alpha^M(A_k, j\omega_i) \right\}, \tag{4}$$

$$r_1 = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} Mod^2\left\{\Phi_I^C(A_k, j\omega_i)\right\}, \quad (5)$$

$$r_2 = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} Mod^2\left\{\Phi_\Omega^C(A_k, j\omega_i)\right\}, \quad (6)$$

$$r_3 = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} Mod^2\left\{\Phi_\alpha^C(A_k, j\omega_i)\right\}, \quad (7)$$

$\Phi_I^C(A_k, j\omega_i)$, $\Phi_\Omega^C(A_k, j\omega_i)$, $\Phi_\alpha^C(A_k, j\omega_i)$ и $\Phi_I^M(A_k, j\omega_i)$, $\Phi_\Omega^M(A_k, j\omega_i)$, $\Phi_\alpha^M(A_k, j\omega_i)$ – частотные характеристики системы и модели по первым гармоникам выходных сигналов датчиков тока, угловой скорости и угла при амплитуде входного сигнала A_k и частоте ω_i; h_1, h_2 – весовые коэффициенты.

Для вычисления частотных характеристик модели $\Phi_I^M(A_k, j\omega_i)$, $\Phi_\Omega^M(A_k, j\omega_i)$, $\Phi_\alpha^M(A_k, j\omega_i)$ проведем ее гармоническую линеаризацию и составим уравнение:

$$|Z| = |X_1|, \quad (8)$$

где

$$Z = X_2 + K_8 X_5, \quad (9)$$

$$|X_1| = \begin{cases} A_k, & A_k \le C_1 \\ \dfrac{2A_k}{\pi}\left[\arcsin\left(\dfrac{C_1}{A_k}\right) + \dfrac{C_1}{A_k}\sqrt{1-\dfrac{C_1^2}{A_k^2}}\right], & A_k > C_1 \end{cases}, \quad (10)$$

$$X_2 = I\frac{1 + j\omega_i T_1}{K_1}, \quad (11)$$

$$I = f_1(X_3, C_2), \quad (12)$$

$$X_3 = X_4 + K_5 X_5 + \frac{4C_3}{\pi|X_5|}X_5 + \frac{8C_4}{3\pi}|X_5|X_5 + X_9, \quad (13)$$

$$X_4 = \frac{j\omega_i}{K_2}X_5, \quad (14)$$

$$X_5 = X_6 + \Omega, \quad (15)$$

$$X_6 = j\omega_i X_7, \quad (16)$$

$$X_7 = f_2(X_8, C_5), \quad (17)$$

$$X_8 = \frac{X_9}{j\omega_i K_6 + K_3}, \quad (18)$$

$$X_9 = X_{10} + K_7\Omega + \frac{4C_6}{\pi} + \frac{8C_7}{3\pi}\Omega^2, \tag{19}$$

$$X_{10} = \frac{j\omega_i}{K_4}\Omega. \tag{20}$$

Чтобы избежать необходимости решения трансцендентных уравнений при вычислении $I = f_1(X_3, C_2)$ и $X_7 = f_2(X_8, C_5)$, аппроксимируем соответствующие коэффициенты гармонической линеаризации рядами второго-третьего порядков, после чего найдем:

$$f_1(X_3, C_3) = \begin{cases} X_3, & |X_3| \le C_2 \\ \dfrac{C_2 X_3}{|X_3|}\sqrt{\dfrac{C_2(4-\pi)}{4C_2 - \pi|X_3|}}, & C_2 < |X_3| < \dfrac{4C_2}{\pi} \end{cases}, \tag{21}$$

$$f_2(X_8, C_5) = |\hat{X}_7|\frac{X_8}{|X_8|}, \tag{22}$$

где $|\hat{X}_7|$ – вещественный корень уравнения $|X_8| = |X_7| - \dfrac{C_5^3}{|X_7|^2}$.

Уравнение (7) решается относительно $|\Omega|$, после чего вычисляются:

$$\Phi_I^{\text{“}}(A_k, j\omega_i) = \frac{I|X_1|}{A_k Z}, \tag{23}$$

$$\Phi_\Omega^{\text{“}}(A_k, j\omega_i) = \frac{\Omega|X_1|}{A_k Z}, \tag{24}$$

$$\Phi_\alpha^{\text{“}}(A_k, j\omega_i) = \frac{K_9\Phi_\Omega^{\text{“}}(A_k, j\omega_i)}{j\omega_i}. \tag{25}$$

Частотные характеристики гармонически линеаризованной модели с найденными в результате подобной идентификации параметрами приведены на рис. 1 (обозначены как «Модель»).

Оптимизация параметров регулятора, имеющего полностью заданную структуру, может быть осуществлена аналогичным образом путем минимизации целевой функции (4). Входящие в (4) значения $\Phi_\alpha^C(A_k, j\omega_i)$ в этом случае должны задаваться в виде требуемых частотных характеристик по первой гармонике выходного сигнала замкнутой системы с регулятором.

В качестве примера на рис. 3 приведена структурная схема системы с регулятором, для которого была проведена оптимизация параметров, а на рис. 4 – экспериментальные частотные характеристики системы, а также теоретические характеристики ее модели при двух амплитудах входного сигнала.

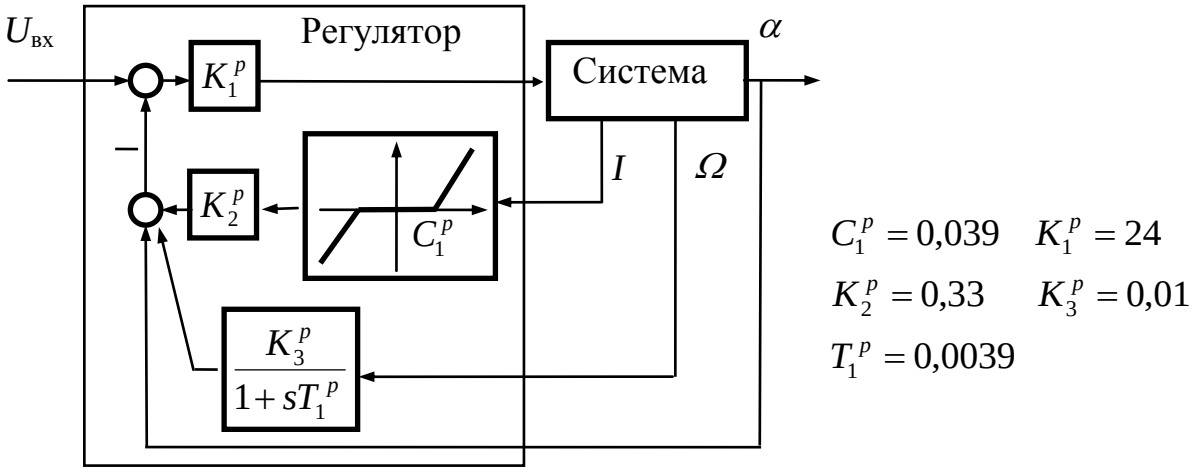


Рис. 3. Структурная схема системы с регулятором

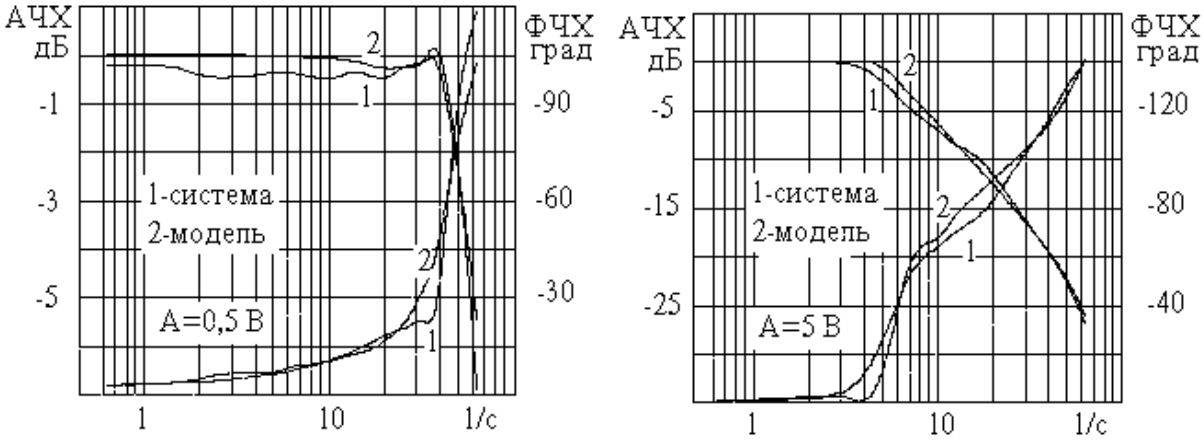


Рис. 4. Частотные характеристики системы с регулятором

Библиографический список

1. Садов, В.Б. Синтез нелинейной системы управления манипулятора / В.Б. Садов // Автоматическое управление и устройства в робототехнических системах: сб. науч. тр. – Челябинск: ЧПИ, 1986. – С. 7–10.

2. Сибрин, А.П. Структурные преобразования нелинейных систем / А.П. Сибрин // Управляющие и информационные системы и элементы: сб. науч. тр. – Челябинск: ЧПИ, 1982. – С. 26–40.

К содержанию

УДК 681.5.015

ГИБРИДНЫЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

В.П. Щербаков

В статье рассматривается методика идентификации параметров динамического объекта с использованием фильтра Калмана, алгоритма, построенного на идеях градиентного метода спуска, а также гибридного алгоритма идентификации, в состав которого входят перечисленные выше методы. Показана эффективность гибридного алгоритма оценки параметров динамического объекта в программном продукте Acsocad.

Ключевые слова: идентификация динамических объектов, Acsocad.

При эксплуатации подвижных технических объектов возникают задачи управления и стабилизации курса в реальном времени в условиях воздействия возмущений, характеристики которых далеко не всегда предсказуемы. Кроме того, параметры объекта с течением времени изменяются, например, за счет расхода топлива, изменения пространственного положения внутренних объектов и прочих причин.

Для решения подобных задач применяют методику, основанную на том, что к рулевой машине технического объекта добавляется регулятор, подключенный к сумматору, на вход которого подается сигнал требуемого курса, а через отрицательную обратную связь подается сигнал текущего курса судна, полученный с регистрирующего навигационного устройства. В общем виде структурная схема системы автоматического управления (САУ) для объекта второго порядка представлена на рис. 1.

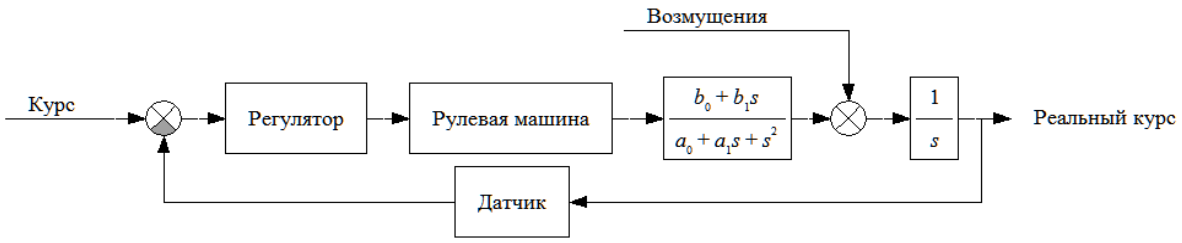


Рис. 1. Структурная схема системы в общем виде

Таким образом, одновременно рассматривается реальный технический объект, с которого при помощи регистрирующих устройств осуществляется получение сигнала руля на выходе рулевой машины и сигнала курса на выходе системы с учетом возмущений, а также математическая модель в виртуальном пространстве блока управления, который выполняет идентификацию параметров объекта и корректирует значения регулятора.

Выполнение компьютерного эксперимента. Как правило, оценка характеристик и качества спроектированной САУ реального технического объекта предварительно осуществляется при помощи компьютерного моделирования протекающих в ней процессов.

На рис. 2 рассматривается пример системы управления курсом, параметры регулятора которой уже предварительно выбраны, а рулевая машина представляет собой замкнутый сам на себя ограничитель сигнала ИМ с нижней границей -5 градусов и верхней границей +5 градусов. Это позволяет учесть реальные характеристики рулевой машины, которая не может, например, изменить положения руля более чем на 5 градусов в секунду. Сигнал руля поступает на передаточную функцию объекта, к выходу которой добавляются возмущения. Например, через 100 секунд после начала наблюдений начинает в течение 8 секунд действовать внешнее воздействие вида $sin(0{,}75(t\text{-}100))$, а через 150 секунд с начала наблюдений начинает в течение 4 секунд действовать внешнее воздействие вида $-0{,}5sin(1{,}5(t\text{-}150))$.

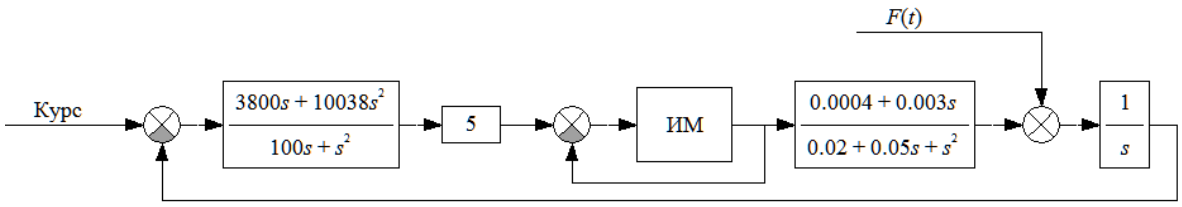


Рис. 2. Структурная схема системы с выбранными параметрами

В результате компьютерного моделирования получены сигналы руля, возмущения и курса, которые представлены на рис. 3.

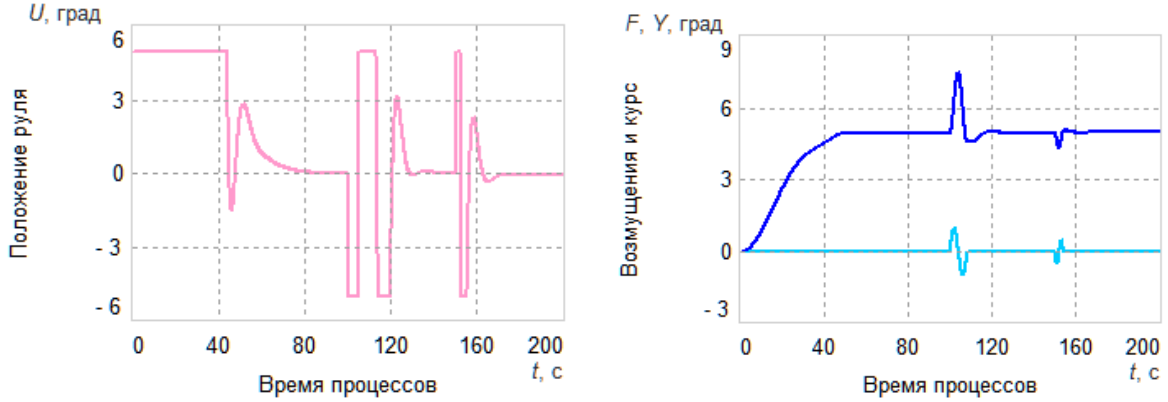


Рис. 3. Графики положения руля, возмущений (нижняя кривая) и курса

Моделирование процессов в продукте Acsocad осуществляется с шагом решения 0,01 с, однако с учетом того, что реальная аппаратура часто не позволяет получать информацию с шагом менее 0,1 с, в дальнейшем рас-

сматривается шаг получения экспериментальных данных 0,1 с. Далее по полученным сигналам руля и курса в продукте Acsocad выполняется идентификация различными методами и алгоритмами.

Применение фильтра Калмана (ФК). При отсутствии возмущений при помощи ФК оценены параметры объекта $b_0 = 0{,}000398$, $b_1 = 0{,}002936$, $a_0 = 0{,}019920$, $a_1 = 0{,}047240$. Среднеквадратичное отклонение (СКО) и максимальная абсолютная ошибка (МАО) составили 0,0012 и 0,007 град., графики реального и оценочного курса представлены на рис. 4.

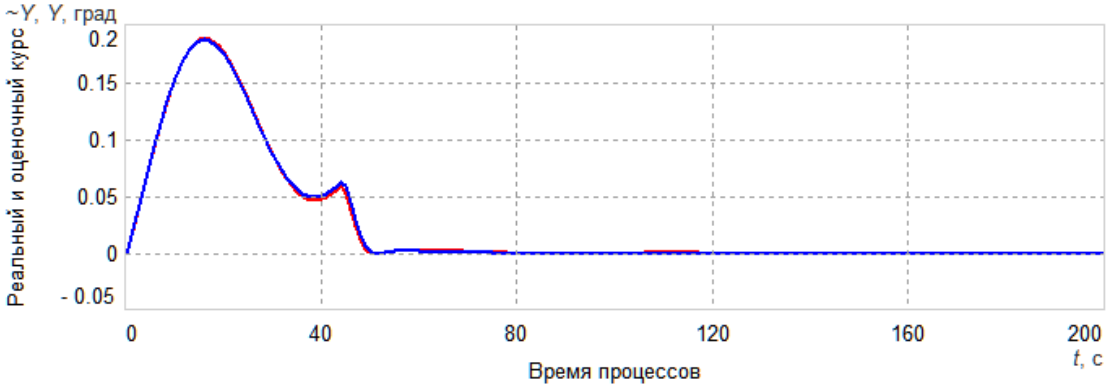


Рис. 4. Графики реального и оценочного курса ФК без возмущений

При воздействии возмущений оценены параметры объекта $b_0 = 0{,}000434$, $b_1 = 0{,}001773$, $a_0 = 0{,}021175$, $a_1 = 0{,}001090$. СКО и МАО составили 0,16 и 1,05 град., а графики реального и оценочного курса представлены на рис. 5.

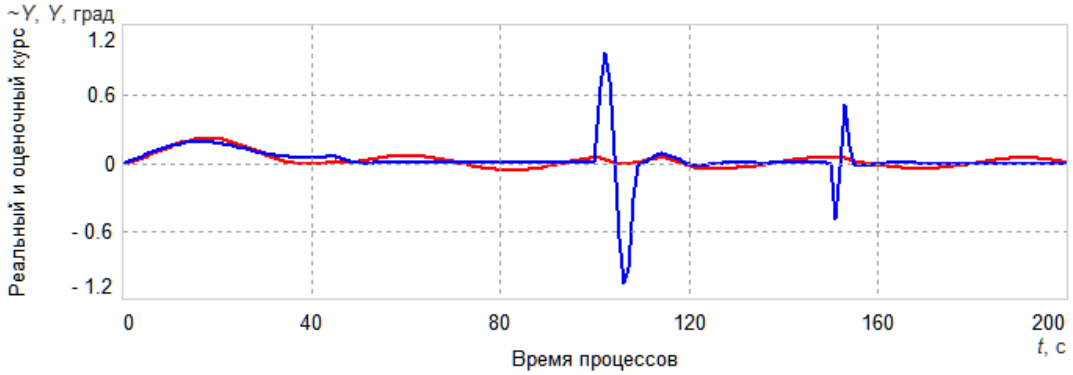


Рис. 5. Графики реального и оценочного курса ФК с возмущениями

Применение алгоритма комбинации методов (АКМ) с использованием идей градиентного метода спуска. АКМ построен на основе многократного перебора совокупности значений параметров (точек) различными методами, для которых СКО реального и оценочного сигнала минимально [1]. Из начальных точек, которые определяются, например, случайно, вы-

бираются 3 максимально отдаленные друг от друга с наименьшим значением СКО, которые и являются начальными точками для улучшенного метода градиентного спуска.

При отсутствии возмущений оценены параметры объекта $b_0 = 0{,}000385$, $b_1 = 0{,}003010$, $a_0 = 0{,}019522$, $a_1 = 0{,}049936$. СКО и МАО составили 0,0016 и 0,009 град., а графики курса практически совпадают с рис. 4.

При воздействии возмущений оценены параметры объекта $b_0 = 0{,}000542$, $b_1 = 0{,}002973$ $a_0 = 0{,}023783$, $a_1 = 0{,}020448$. СКО и МАО составили 0,15 и 0,98 град., а графики реального и оценочного курса изображены на рис. 6.

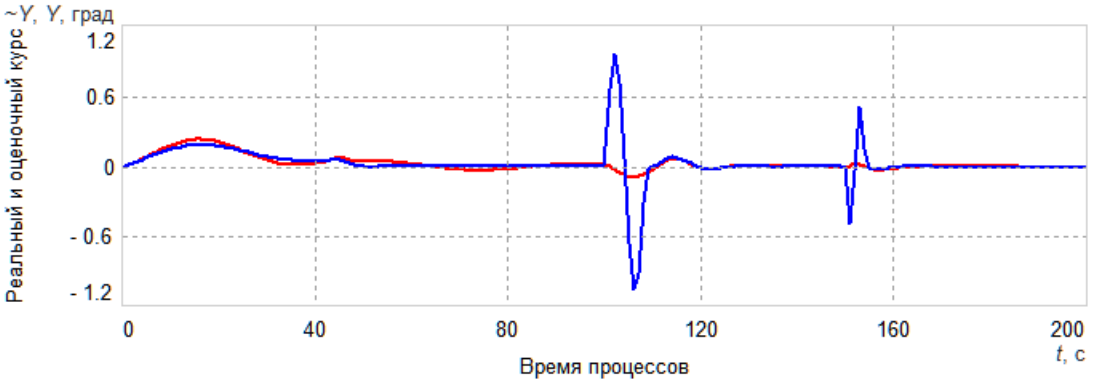


Рис. 6. Графики реального и оценочного курса АКМ с возмущениями

Применение гибридного алгоритма идентификации (АКМК). Суть АКМК состоит в том, что совокупность значений параметров на каждом шаге вычислений ФК является начальными точками для АКМ.

При отсутствии возмущений оценены параметры объекта $b_0 = 0{,}000399$, $b_1 = 0{,}003004$, $a_0 = 0{,}019965$, $a_1 = 0{,}049967$. СКО и МАО составили 0,0008 и 0,006 град., а графики реального и оценочного курса изображены на рис. 7.

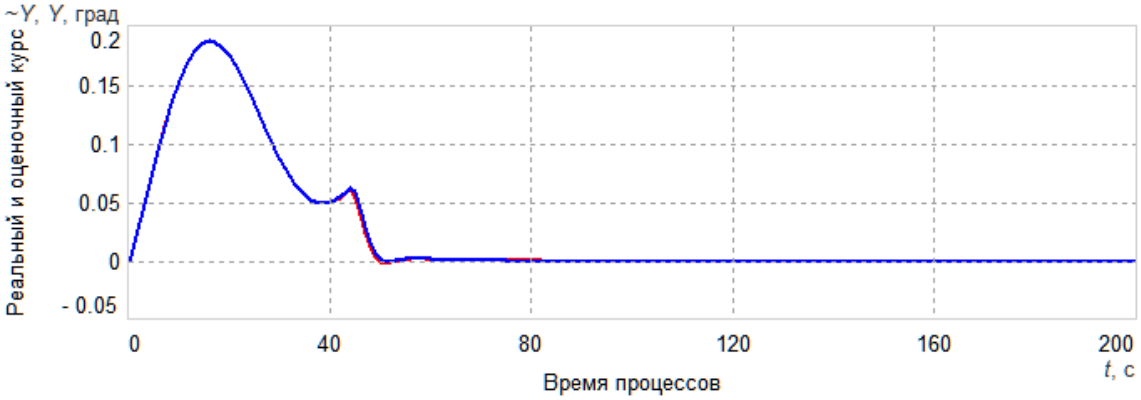


Рис. 7. Графики реального и оценочного курса АКМ без возмущений

При воздействии возмущений оценены параметры объекта $b_0 = 0{,}000544$, $b_1 = 0{,}002953$ $a_0 = 0{,}023799$, $a_1 = 0{,}020456$. СКО и МАО составили 0,15 и 0,98 град., а графики курса практически совпадают с рис. 6.

Заключение. Гибридный алгоритм идентификации позволяет эффективно объединить два различных подхода к идентификации, причем качество алгоритма (величина СКО) будет не хуже ФК. Кроме того, скорость вычислений АКМК существенно выше АКМ за счет не случайного, а качественного определения начальных точек при помощи ФК, которые являются опорными точками для улучшенного метода градиентного спуска.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

Библиографический список

1. Щербаков, В.П. Метод идентификации моделированием для получения частотной характеристики объектов и систем / В.П. Щербаков // Механика и процессы управления. Т. 2. Материалы XXXXI Всероссийского симпозиума. – М.: РАН, 2011. – С. 238–245.

К содержанию

ФАКУЛЬТЕТ ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

УДК 004.94+355.542.4:355.421

НОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА»

А.В. Наумов, В.В. Дудоров

Приведены некоторые подходы к совершенствованию процесса обучения будущих специалистов автобронетанковой службы МО РФ. Определена основная проблема при проведении занятий по военным дисциплинам в аудитории – невозможность смоделировать обстановку, максимально приближенную к боевой; рассмотрены пути решения проблемы с использованием компьютерных технологий и специализированных компьютерных классов для тактической подготовки экипажей боевых машин (БМП, БТР, танк) и подразделений уровня взвод – рота по подготовке к действиям и управлению боем.

Ключевые слова: компьютер, моделирование, тренажер, обучение, бой, тактика.

На смену традиционному стилю обучения приходят инновационные технологии, т.е. технологии, благодаря которым происходит интегративный процесс новых идей в образование [1]. В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, квалификационными требованиями по военно-учетной специальности выпускников факультета военного обучения ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» разработаны учебные программы для подготовки студентов по организации эксплуатации и ремонта бронетанкового вооружения и военной техники.

Одной из основных военно-профессиональных дисциплин программы является дисциплина «Тактическая подготовка». Изучение дисциплины направлено на формирование знаний и умений, необходимых для практических действий по выполнению обязанностей командира ремонтного подразделения в основных видах боя (действий). Объектом изучения учебной дисциплины «Тактическая подготовка» является общевойсковой бой как основная форма тактических действий, а также различные действия войск, непосредственно предшествующие бою и направленные на своевременную подготовку к нему подразделений. Предметом изучения являются: составные части и основные принципы ведения общевойскового боя; цели, основы и содержание существующих видов общевойскового боя и тактических действий войск; порядок работы командиров подразделений по организации боя и управлению подразделениями в ходе его ведения.

Цель изучения учебной дисциплины – всесторонняя подготовка выпускника к выполнению своих функциональных обязанностей по предназначению.

В настоящее время один из проблемных вопросов при проведении занятий по дисциплине «Тактическая подготовка» – моделирование и создание обстановки, максимально приближенной к боевой, т.е. такой обстановки в которой противник, по возможности автономно и постоянно, на всем протяжении выполнения поставленной задачи воздействует на подразделение. Создание мишенной обстановки и применение средств имитации позволяет в целом сформировать у обучаемых представление о воздействии противника на подчиненное подразделение только непосредственно в ходе практического выполнения поставленных задач (на завершающем этапе подготовки) и не позволяет реализовать данные функции на этапе планирования – основном этапе работы командира при подготовке к действиям.

Для достижения цели и задач дисциплины «Тактическая подготовка» и решения вышеизложенной проблемы в военном учебном заведении необходимо оборудовать специализированные компьютерные классы для тактической подготовки экипажей боевых машин (БМП, БТР, танк) и подразделений уровня взвод – рота по подготовке к действиям и управлению боем, в которых установить современные комплексные тренажеры. Один из них – «Класс для тактической подготовки экипажей боевых машин (БМП-3, танк Т90С) и управления боем» установлен и активно используется в учебном процессе в Омском автобронетанковом инженерном институте (филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва) (рис. 1).

Рис. 1. Класс для тактической подготовки экипажей боевых машин (БМП-3, танк Т90С) и управления боем, ОАБИИ

Комплексный тренажер должен быть предназначен для:

– организации полноценного процесса обучения с использованием усовершенствованных традиционных и новых методов, способов подачи интерактивного учебного материала;

– организации и проведения практических занятий по управлению боем в различных условиях, для получения навыков и умений с использованием программных и натурных тренажеров [2].

Необходимый состав:

– АРМ (автоматизированное рабочее место) руководителя – 1 комплект (рис. 2);

– АРМ заместителя руководителя по противоположной стороне – 1 комплект (рис. 2);

– АРМ помощника руководителя по родам войск – 1 комплект;

– АРМ помощника руководителя по тренажерному комплексу – 1 комплект;

Рис. 2. АРМ (автоматизированное рабочее место) руководителя

– УРМ (учебное рабочее место) командира отделения – 9 комплектов;

– УРМ командира взвода – 3 комплекта (рис. 3);

– УРМ командира роты – 1 комплект (рис. 3);

– Модуль компьютерный танка – 3 комплекта (рис. 4);

– Модуль компьютерный БМП (БТР) – 10 комплектов (рис. 5);

– Система коллективного отображения тактической обстановки с акустической системой – 1 комплект.

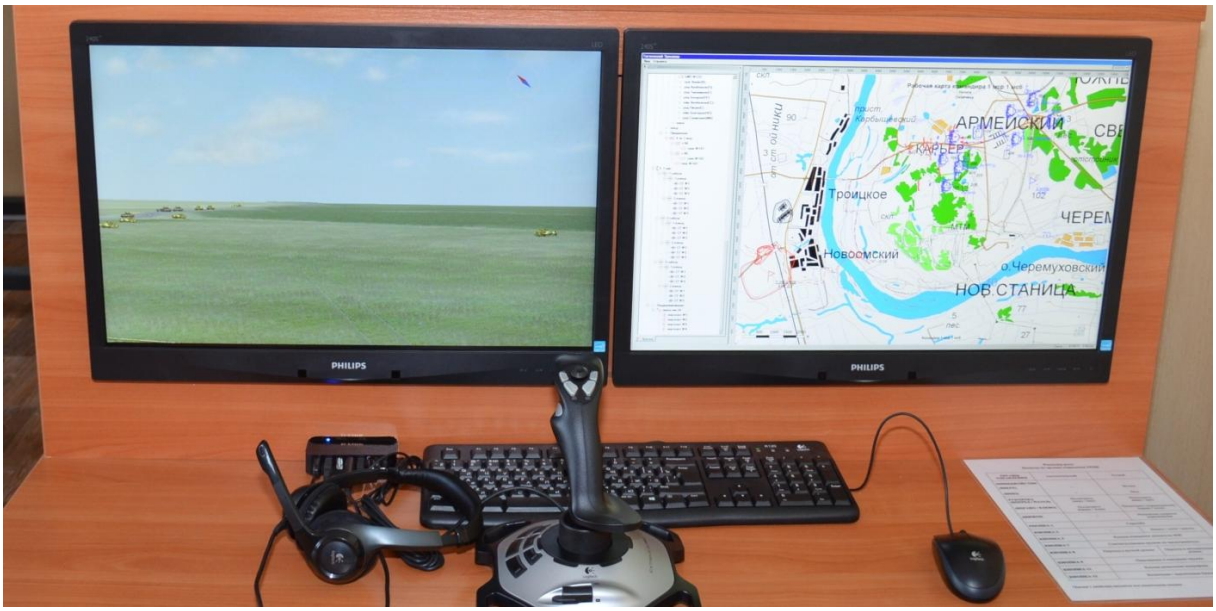


Рис. 3. УРМ (учебное рабочее место) командира

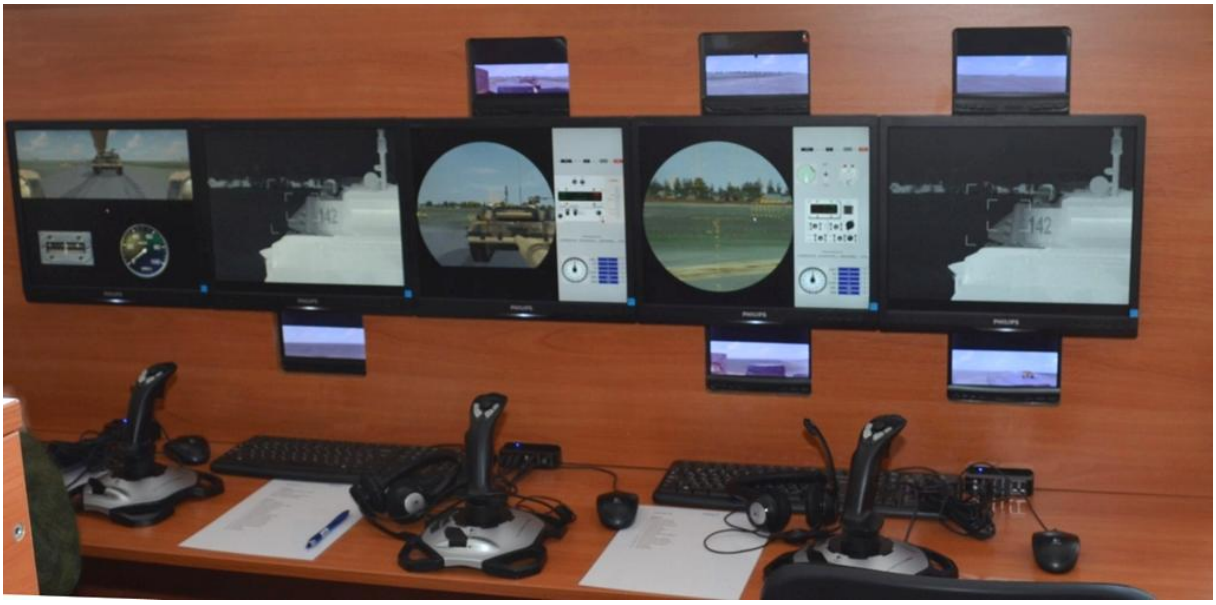


Рис. 4. Модуль компьютерный – танк

Одной из положительных сторон данного тренажерного комплекса является то, что при проведении повторных тренировок обучаемых действия противника не повторяются, а зависят от принятого решения и действий обучаемых – что соответствует развитию обстановки в реальном бою. В целом виртуальная имитация боя не может заменить реальные боевые действия, как бы приближенно ни выглядел учебный процесс (вплоть до имитации звуков боя). Выигрыш в другом – обучаемый приобретает основы навыка управления подразделениями без расхода дорогостоящего моторесурса техники.

Рис. 5. Модуль компьютерный – БМП (БТР)

В результате занятий на данном тренажерном комплексе обучаемые практически выполняют все этапы работы командира по подготовке к действиям и овладевают одной из наиболее важных составляющих компетенции – умением управлять боем танкового (мотострелкового) взвода (роты) [2]. Впоследствии каждый обучаемый может практически проверить целесообразность своего решения в виртуально смоделированном бою, т.к. программное обеспечение данного тренажерного комплекса позволяет моделировать действия противника в зависимости от действий обучаемых (рис. 6).

Рис. 6. Практические занятия на компьютерном тренажере

Таким образом, применение данного комплексного тренажера позволяет значительно повысить качество проведения занятий, сформировать более полное представление о бое, развивает мышление обучаемых, исключает шаблонность принятия решений в той или иной сложившейся обстановке [2].

Качество освоения любой дисциплины, а в частности, и «Тактическая подготовка», существенно возрастает, если при изучении предмета и выполнении индивидуальных заданий студенты широко и разносторонне используют компьютерную технику и различные элементы информационных технологий. В последние годы возрос спрос на выпускников, владеющих не только основами компьютерной грамотности, но и способностями применять средства вычислительной техники, различное программное обеспечение в практической деятельности [3]. Поэтому считаем, что каждый преподаватель при изложении своей дисциплины должен разрабатывать задания и задачи с учетом применения специализированных компьютерных программ, средств программирования и возможностей интернета.

Библиографический список

1. Барабанщиков, А.В. О закономерностях военно-педагогического процесса / А.В. Барабанщиков, В.Г. Демин. – М.: ВПА, 1967. – 68 с.

2. Апробация интерактивного метода обучения при формировании у курсантов способности управлять подразделением в бою. Педагогический эксперимент / А.Б. Бухтатов, Д.Н. Арешин, В.В. Игнатович [и др.]. – Омск: ОАБИИ, 2016. – 75 с.

3. Байденко, В.И. Компетенции: к освоению компетентностного подхода / В.И. Байденко. – М.: Исслед. центр проблем качества подгот. специалистов, 2004. – 30 с.

К содержанию

УДК 623.438

ПОВОРОТЛИВОСТЬ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ 8×8 С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТОМ

М.Н. Таземдинов, А.И. Хахалев

Предоставлен анализ путей повышения динамической поворотливости бронетранспортёра с комбинированной системой управления поворотом. Разработан метод оценки динамической поворотливости колёсной машины с различными системами управления поворотом, основанный на использовании методов статической динамики и имитационного моделирования. Установлено, что сравнение различных систем управления поворотом показало возможность повышения средней технической скорости, ограниченной заносом колёсной машины, использованием комплексной системы управления поворотом КСУП.

Ключевые слова: поворотливость, средняя техническая скорость, системы управления поворотом.

Эффективность колёсной машины (КМ) зависит от её подвижности, которая определяется совокупностью взаимосвязанных факторов, одним из которых является поворотливость [1, с. 3]. Как известно, поворотливость – свойство машины совершать повороты с максимальной кривизной на дороге и местности [3, с. 88]. Поворотливость разделяют на статическую и динамическую [4, с. 19]. Одним из основных критериев статической поворотливости является максимальная кривизна поворота. Обеспечить большую кривизну можно использованием поворота «по-гусеничному», то есть изменением соотношения скоростей вращения колёс разных бортов. Кроме этого, такая система позволяет увеличить полезный объём, который освобождается за счёт отсутствия поворачиваемых колёс. Это имеет особенное значение для боевых колёсных машин с целью увеличения внутреннего пространства [1, с. 237]. Примером является французская боевая колёсная машина AMX-10RC, стоящая на вооружении во Франции, странах Азии и Африки (см. рис. 1).

Ещё одним достоинством использования данного способа поворота является унификация узлов трансмиссии с гусеничной машиной для построения унифицированных семейств. Так, в AMX-10RC используется общая с БМП AMX-10P моторно-трансмиссионная установка (МТУ).

Одними из недостатков «по-гусеничному» колёсной машины являются высокие затраты мощности на его выполнение и износ шин, поэтому существуют образцы техники, в которых используется комбинированная система управления поворотом: изменением угла поворота управляемых колёс и изменением соотношения скоростей вращения колёс разных бортов.

Рис. 1. Боевая колёсная машина AMX-10RC

Такая система является компромиссным решением. Например, автомобиль AHED компании General Dynamics UK (рис. 2) имеет управляемые колёса двух передних осей, а реализация электромоторколёс позволяет выполнять бортовой поворот.

Рис. 2. Бронированный автомобиль AHED

На вооружении армии РФ стоит БТР-90 с бортовой раздачей мощности (рис. 3), который оборудован комбинированной системой управления поворотом, состоящей из управляемых колёс 2-х передних осей и гидрообъёмного механизма поворота (ГОМП), однако в настоящее время ГОМП используется только для выполнения поворота с максимальной кривизной на малых скоростях.

Кроме повышения статической поворотливости внедрением в эту систему алгоритмов динамической стабилизации можно добиться повышения

динамической поворотливости КМ, то есть способности машины к поворотам при движении с высокими скоростями [4, с. 19].

Рис. 3. Бронетранспортёр БТР-90

В данной статье представлен анализ путей повышения динамической поворотливости бронетранспортера БТР-90 с комбинированной системой управления поворотом (КСУП). Для сравнения предложенной системы с другими разработан метод оценки динамической поворотливости колёсной машины с различными системами управления поворотом, основанный на использовании методов статистической динамики и имитационного моделирования.

Показателем качества работы КСУП является стремление фактической кривизны к кривизне, задаваемой водителем:

$$К_р \rightarrow К_ф. \quad (1)$$

Задаваемая кривизна связана с кинематическим радиусом, который определяется положением рулевого колеса и зависит от конструкции рулевого управления:

$$К_{зад} = 1/R_k. \quad (2)$$

Фактическую кривизну с точностью, достаточной для реализации алгоритма динамической стабилизации посредством КСУП, заменим на расчётную кривизну, которая определяется по формуле:

$$К_р = \omega_z / V_c, \quad (3)$$

где ω_z – угловая скорость КМ относительно вертикальной оси, определяемая гироскопическим датчиком угловой скорости; Vc – поступательная

скорость центра масс машины, которая определяется по частоте вращения выходного вала главной передачи, измеряемой индуктивным датчиком.

При работе КСУП положение регулировочной шайбы, которая определяет значение относительного рабочего объёма насоса ГОМП, задаётся так, чтобы обеспечить минимальную разницу между указанными кривизнами. Динамическая поворотливость характеризуется степенью снижения средней скорости машины из-за встречающихся на пути поворотов [4, с. 19]. Снижение средней скорости вызвано опасностью заноса машины, поэтому сравнить динамическую поворотливость машины с различными системами управления поворотом можно по средней технической скорости, ограниченной заносом. Средняя техническая скорость – это реальная скорость машины в заданных условиях при идеальном безошибочном управлении или управлении идеальным водителем [2, с. 11].

Для получения средней технической скорости, ограниченной заносом, необходимо получить функцию максимальной кривизны пути, ограниченной заносом, от скорости движения КМ, $К_д = К_д (V)$.

В процессе теоретических исследований была проведена оценка динамической поворотливости КМ с тремя различными системами управления поворотом:

1) система управления поворотом с помощью изменения угла поворота управляемых колёс 2-х передних осей;

2) система бортового поворота с системой динамической стабилизации, которая работает по описанному выше закону, где задаваемая кривизна определяется положением штурвала;

3) комплексная система управления поворотом КСУП.

Расчёты были проведены для криволинейного движения по двум типам опорного основания: с высокими и низкими сцепными свойствами. Коэффициенты сцепления колёсного движителя с опорной поверхностью при полном скольжении соответственно равны 0,6 и 0,3 и не зависят от направления скольжения пятна контакта.

Кинематическая взаимосвязь углов поворота управляемых колёс во всех системах обеспечивала минимальное скольжение неуправляемых колёс при любой кривизне поворота. Определялись предельные значения кривизны поворота и скорости для установившегося движения, по которым далее строилась функция максимальной кривизны, ограниченной заносом, от скорости КМ. Для КМ с системами управления поворотом, которые используют алгоритм динамической стабилизации, определялась максимальная скорость установившегося криволинейного движения с заданной кривизной. Диапазон изменения кривизны определялся диапазоном, который можно обеспечить с помощью поворота управляемых колёс.

На рис. 4 и 5 представлены полученные зависимости кривизны поворота от критической скорости по сцеплению, которая ограничивается только параметрами взаимодействия колёс с опорным основанием.

Анализ выполненных расчётов позволяет сделать вывод о том, что КМ 8х8, оборудованная системой бортового поворота с динамической стабилизацией или КСУП, на малых и средних скоростях может поворачивать с большой кривизной. При этом на основаниях с высокими сцепными свойствами преимущество систем управления поворотом с динамической стабилизацией по сравнению с системой управления поворотом с управляемыми колёсами двух передних осей возрастает.

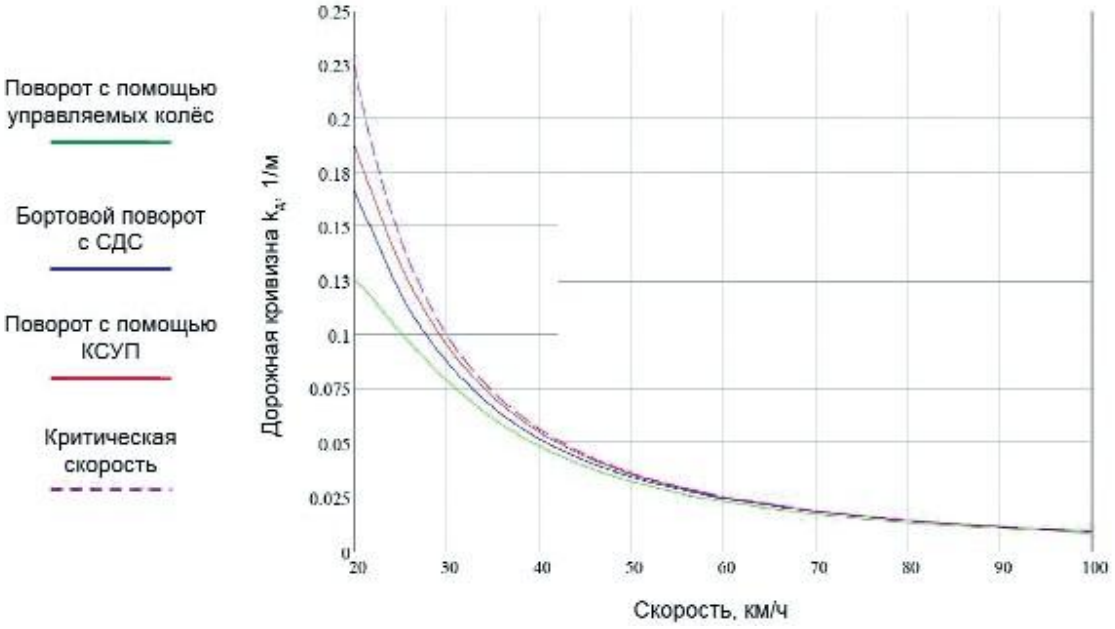


Рис. 4. Функция максимальной кривизны, ограниченной заносом, от скорости при криволинейном движении по основанию с высокими сцепными свойствами

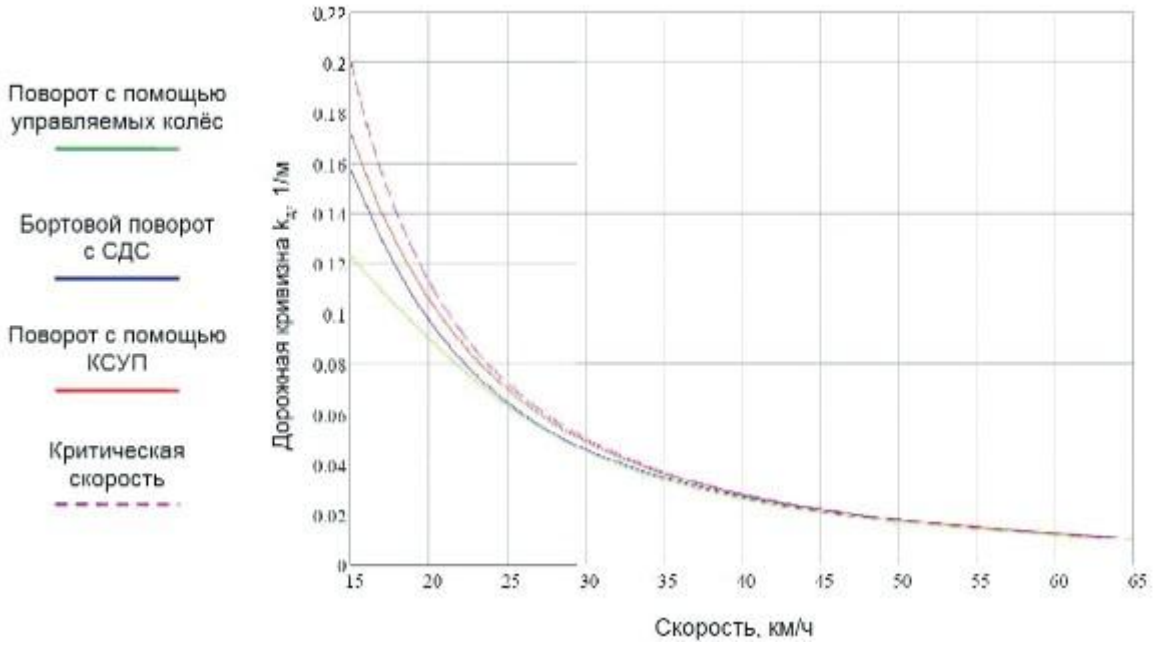


Рис. 5. Функция максимальной кривизны, ограниченной заносом, от скорости при криволинейном движении по основанию с низкими сцепными свойствами

Сравнение различных систем управления поворотом показало возможность повышения средней технической скорости, ограниченной заносом КМ, использованием КСУП. С увеличением сцепных свойств взаимодействия колеса с опорным основанием и кривизны выполняемого манёвра увеличивается преимущество по технической скорости выполнения манёвра колёсной машины с КСУП по сравнению с другими системами управления поворотом. Применение предложенной системы позволяет увеличить среднюю техническую скорость, ограниченную заносом, на 10 % по сравнению с поворотом управляемыми колёсами на основании с высокими сцепными свойствами.

Библиографический список

1. Теория движения боевых колесных машин / Д.А. Антонов, С.И. Беспалов, В.П. Лазаренко и др. – М.: Издание академии бронетанковых войск, 1993. – 385 с.

2. Дмитриев, А.А. Статистическая динамика транспортных и тяговых гусеничных машин / А.А. Дмитриев, В.А. Савочкин. – М.: Машиностроение, 1993. – 320 с.

3. Смирнов, Г.А. Теория движения колёсных машин: Учеб. для студентов машиностроит. спец. вузов / Г.А. Смирнов. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

4. Фаробин, Я.Е. Теория поворота транспортных машин / Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1970. –176 с.

К содержанию

УДК 37.016:358.119.1 + 377.169. 3

ПОДГОТОВКА ТАНКИСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ИНОСТРАННЫХ АРМИЯХ

Ю.Н. Зайчиков, В.А. Сидоров

Приведены данные по вопросам использования учебно-тренировочных систем и моделирующих комплексов при подготовке танкистов в иностранных армиях.

Ключевые слова: подготовка танкистов, иностранные армии, тренажеры для подготовки механиков-водителей, наводчиков, экипажей, ремонтников.

В зарубежных странах наряду с дальнейшим развитием и совершенствованием оружия и военной техники серьезное внимание уделяется вопросам создания (разработки и производства) учебно-тренировочных систем и моделирующих комплексов.

Работы по созданию тренажеров различного предназначения ведутся как всеми видами вооруженных сил, так и промышленностью. В процессе развития технических средств обучения виды вооруженных сил осуществляют деятельность по повышению эффективности процесса подготовки личного состава, снижению материальных и финансовых затрат, созданию единых баз данных для тренажеров различных типов и т.д.

Совершенствование процесса подготовки специалистов танковых войск ведется за рубежом прежде всего в направлении интенсификации обучения. При этом для обучаемых устанавливается напряженный режим, связанный с большими нагрузками. Однако в иностранной печати отмечается, что проблему подготовки специалистов следует решать не только путем интенсификации процесса обучения при увеличении продолжительности рабочего дня, но и за счет повышения эффективности процесса обучения. В последнем важное место отводится применению технических средств.

По мнению специалистов, тренажёры предназначены для привития практических навыков работы на боевой технике, закрепления знаний и поддержания профессиональных навыков путем периодических тренировок.

Имеются и разрабатываются в иностранных армиях тренажёры различных видов: одни предназначены для обучения отдельных специалистов (механиков-водителей, наводчиков, ремонтников и т.д.), а другие – экипажей в целом.

Создаются сложные комплексные динамические тренажёры с разветвленными программами обучения, которые обеспечивают наиболее полное приближение учебных занятий к боевой обстановке. Однако это не исключает применения и простых тренажёров, в том числе статических макетов.

Тренажёрам-имитаторам отводится важная роль, т.к. они могут имитировать работу материальной части, отдельные технические процессы и боевые действия.

Имитаторы боевых действий позволяют отрабатывать навыки управления боевыми средствами, а также подразделениями и частями, включая оценку обстановки и принятие решении. Как правило, они являются средствами коллективного обучения и представляют собой сложные системы. В их состав входит различная аппаратура, регистрирующая попадания в цель, приборы посредников, позволяющие вмешиваться в действия обучаемых и изменять задачи в ходе занятия, и другое оборудование.

К таким тренажёрам относятся лазерные системы «Талисси» (ФРГ) и «Симфайр» (Великобритания), аппаратно-программный комплекс CATT (США).

Система «Талисси» (рис. 1) предназначена для тренировки танковых экипажей. Во время тренировки в стрельбе наводчик должен обнаружить цель, определить дальность до неё штатными приборами, выбрать тип боеприпасов для ее поражения и выполнить другие операции, необходимые

при стрельбе. «Выстрел» имитируется лучом лазера, который направляется в цель при правильном прицеливании. Оптический приемник, находящийся на цели, принимает импульс, а по отраженному сигналу измеряется истинная дальность до цели. Если ошибка измерения дальности наводчика не превышает допустимого значения (±60 м), то посылается второй импульс, подтверждающий попадание. В противном случае стреляющему подается сигнал «недолет» или «перелет». «Выстрел» сопровождается звуком и вспышкой у дульного среза пушки, а при попадании в цель на ней имитируется разрыв снаряда.

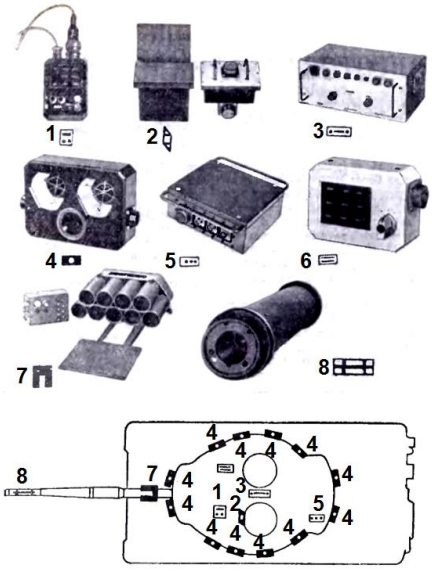


Рис. 1. Основные части системы «Талисси»
и их размещение на танке «Леопард»:
1 – блок программирования; 2 – герметизированный ввод;
3 – блок управления; 4 – оптический приемник; 5 – распределительный блок;
6 – блок контроля; 7 – пиротехнический имитатор;
8 – лазерный излучатель с баллистическим компенсатором и дальномером

Система «Симфайр» подобна системе «Талисси». Ее аппаратура также устанавливается на двух танках – атакующем и цели.

Тренировка с помощью системы «Симфайр» проходит следующим образом. Командир атакующего танка должен обнаружить цель и подать команду на открытие огня. Затем заряжающий выполняет все действия по заряжанию танковой пушки, а наводчик наводит орудие и производит «выстрел» (при этом имитируется дульное пламя и звук выстрела). Вместо снаряда из ствола пушки в течение 2 с посылаются лазерные импульсы, которые принимаются детектором, установленным на танке-цели. После этого от цели передается ответный радиосигнал. Он воспринимается приемником, который находится на атакующем танке, и по времени прохождения сигнала контролируется правильность измерения дальности. Если

орудие было наведено неправильно, на прицелах командира и наводчика появляется сигнал «промах», а на специальном табло в танке-цели – «нас обстреливают». В случае промаха наводчик уточняет наводку и производит следующий выстрел.

В случае, если все действия были совершены верно, в прицеле появляется сигнал «попадание». На пораженном танке-цели срабатывает пиротехнический имитатор и появляется облако дыма, а в боевом отделении зажигается сигнальная лампа «мы уничтожены».

В ФРГ для начальной огневой подготовки экипажей танков «Леопард» разработан стрелковый тренажёр. Его ЭВМ вычисляет баллистическую траекторию снаряда, исходя из положения орудия в момент выстрела, характеристик пушки и боеприпасов, условий стрельбы. Рассчитывается также точка встречи снаряда с целью. В состав тренажёра входит модель местности, на которой расположено большое число неподвижных и движущихся целей. Наводчик находится в учебной кабине, имитирующей танковую башню. При стрельбе наводчик видит в прицельном устройстве изображение траектории снаряда в виде светящихся точек. Положение траектории во времени и в пространстве соответствует реальной стрельбе. При попадании в цель вспыхивает светящаяся точка.

В тренажёре модель местности изготовлена так, что на ней можно тренировать личный состав в выполнении всех действии по борьбе с различными целями на дальностях 500–3000 м. При этом создаются различные световые эффекты, имитируется звук выстрела пушки и ее отдача, как в реальных условиях стрельбы. Инструктор на контрольном пульте наблюдает за результатами стрельбы и может влиять на ход процесса обучения. Регистрирующие устройства дают возможность анализировать состояние подготовки наводчиков.

Для обучения механиков-водителей в иностранных армиях широко используются простейшие тренажёры, представляющие собой отделение управления танка с органами управления и контрольно-измерительными приборами (рис. 2), а также сложные электронные тренажёры, создающие полный эффект присутствия. Подобные тренажёры разработаны для танков «Чифтен», АМХ-30, «Леопард» и других боевых машин. Принципиальная блок-схема одного из них показана на рис. 3. Частью его является макет танкодоступной местности (выполнена в масштабе 1:300), на которой размечены тренировочные трассы. По ним с помощью подвижной траверсы движется модель танка. Положение ее продольной и поперечной осей зависит от углов наклона местности. Датчики учитывают их в процессе имитации движения. Отображение местности впереди модели танка передается с помощью зеркала в объектив телекамеры, расположенной над моделью.

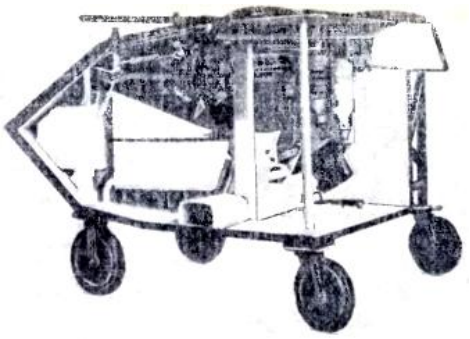


Рис. 2. Тренажёр для подготовки
механиков-водителей танка «Леопард»

Центральная часть тренажёра – учебная кабина, представляющая собой копию отделения управления. В нем находится обучаемый. Кабине сообщаются колебания, соответствующие колебаниям модели танка, и создается шум, имитирующий обстановку при движении танка. Это дополняется картиной, которую обучаемый видит перед собой на экране телевизора. Вычислитель учитывает условия местности, характеристики танка (мощность двигателя и т.п.) и действия обучаемого, анализирует их и соответствующим образом управляет движением модели танка на местности.

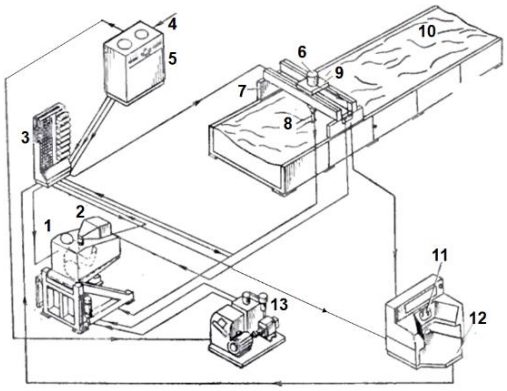


Рис. 3. Блок-схема тренажёра для подготовки механиков-водителей танков:
1 – учебная кабина; 2 – экран обучаемого; 3 – ЭВМ; 4 – сетевой ввод;
5 – источник питания; 6 – телекамера; 7 – траверса; 8 – модель танка
и оптическая насадка; 9 – ползун; 10 – макет местности: 11 – экран инструктора;
12 – пульт управления и контроля; 13 - гидравлическое устройство

В состав тренажёра входит пульт инструктора. На телевизионном экране пульта отображается участок местности перед моделью. Рядом с экраном находится планшет с картой, по которой можно следить за положением и направлением движения модели танка. С помощью переключателей пульта инструктор изменяет условия выполнения упражнения (например, «движение» по сухой, мокрой или обледеневшей дороге). Кроме того, можно имитировать неисправности в приводе механизмов поворота или

тормозов, отсутствие в баках топлива и т.п. Инструктор и обучаемый поддерживают между собой связь с помощью переговорного устройства. Регистрирующая аппаратура фиксирует во время выполнения упражнения все показатели, которые позволяют объективно оценивать достигнутый уровень подготовки механика-водителя.

Экономическая целесообразность применения таких тренажёров иллюстрируется в иностранной печати конкретными цифрами. Например, сообщается, что расходы за 1 час эксплуатации танка «Чифтен» составляют 50 фунтов стерлингов. В настоящее время на подготовку одного механика-водителя требуется в среднем 16 часов реального вождения танка, то есть 800 фунтов стерлингов. Английские специалисты утверждают, что наилучшие результаты в подготовке механика-водителя достигаются, если его обучать попеременно на тренажёре (8 часов) и танке (8 часов). При этом затраты составят всего 448 фунтов стерлингов.

В ФРГ для подготовки механика-водителя до 1972 года требовалось 12 часов вождения. В настоящее время обучение проводится комбинированным способом (7 часов на тренажёре и 4 часа на танках), в результате чего затраты на подготовку механика-водителя уменьшились с 16 200 до 6 400 марок. В качестве учебных машин для вождения используются танки «Леопард», с которых снята башня. Вместо башни установлена специальная кабина, а которой размещаются инструктор и два обучаемых. Инструктор может со своего места управлять подачей топлива, переключать передачи, тормозить, останавливать и поворачивать машину. В кабине имеется также второй приборный щиток. Башни, снятые с учебных танков, устанавливаются на специальных подставках и используются в качестве тренажёров для огневой подготовки экипажей. При этом, если необходимо, в ствол пушки монтируется 20-мм вкладной стволик.

Длительное время иностранные специалисты изыскивают методы и средства обучения личного состава войсковых ремонтных органов. Основная цель создания ремонтных тренажёров – показать процессы, происходящие в изучаемом устройстве или системе при возникновении типичных неисправностей. На таких тренажёрах производится обучение диагностике неисправностей и их устранением. Узлы и системы, работающие в комплексе с изучаемым устройством, а также влияние внешних условий в ряде случаев имитируются с помощью специальных электронных приставок (эквивалентов).

В зарубежной печати отмечается большая эффективность тренажёров при изучении сложных систем, в которых имеются гидравлические, оптические, электронные и электротехнические устройства. Считается, что с их помощью можно в относительно короткий срок, отведенный для подготовки ремонтника, продемонстрировать обучаемым различные процессы работы узлов и механизмов, не давая предварительно специальных знаний.

Все ремонтные тренажёры, которые применяются в иностранных армиях, состоят из действующих узлов и приборов, демонстрирующих свойства и типичные неисправности изучаемого комплекса. Так как во многих электронных приборах функциональные изменения внешне незаметны, то обычно предусматривается возможность подключения испытательной аппаратуры. При замене элементов конструкции электронными приставками-имитаторами должны сохраняться обратные связи. Имитация внешних условий обязательно предусматривается в тех случаях, когда изучаемый узел подвергается их воздействию и нуждается в соответствующих регулировках. Для лучшего понимания работы изучаемого устройства считается целесообразным применять специальные демонстрационные приборы, например осциллографы. Ремонтный тренажёр укомплектовывается стандартным и специальным инструментом в зависимости от сложности изучаемого вида ремонта.

Типичным представителем ремонтных тренажёров является тренажёр для подготовки войсковых специалистов по ремонту стабилизаторов танкового вооружения (рис. 4). Его создатели стремились продемонстрировать работу стабилизатора в различных условиях. Главное внимание обращалось на электронные и гидравлические узлы. Представление о работе стабилизатора дополняет установленная рядом модель танка, на которой демонстрируются некоторые неточности в поведении оружия и башни, например уводы, а также влияние внешних условий (колебания корпуса при движении по неровной местности и т.д.).

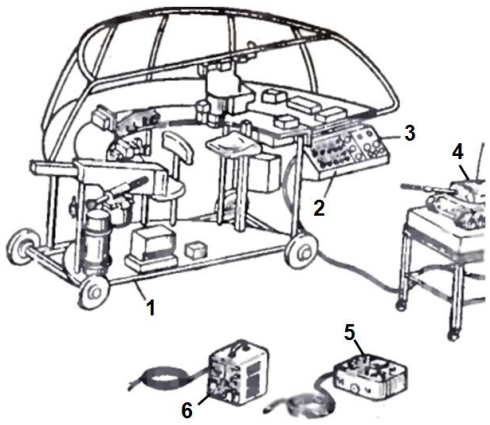


Рис. 4. Тренажёр для обучения ремонту стабилизаторов танкового вооружения: 1 – рама; 2 – пульт ввода неисправностей; 3 – устройство для имитации внешних условий; 4 – действующая модель танка; 5 – контрольное устройство; 6 – демонстрационный прибор

Пульт управления тренажёром позволяет инструктору задавать более 40 неисправностей, а также изменять условия работы стабилизатора (скорость движения танка, неровности местности). Наиболее типичными счи-

таются неисправности в электронных узлах стабилизатора, соединительных проводах и разъемах, в электрооборудовании гидравлический системы наведения. Предусмотрена имитация неисправностей, связанных с механическим износом, увеличение трения в подшипниках, изменение зазоров и т.д. Кроме стабилизатора, на тренажёре смонтировано всё электрическое и гидравлическое оборудование башни, поэтому его можно использовать для обучения ремонту этих систем.

В целях повышения эффективности боевой подготовки военнослужащих в ВС США осуществляется переход от отдельных тренажёрных комплексов к семействам средств, предназначенных для отработки вопросов боевого применения подразделений различных родов войск. Так, в интересах сухопутных войск активно ведутся работы по внедрению *аппаратно-программного комплекса CATT* (Combined Arms Tactical Trainer) (рис. 5), который объединяет ряд специализированных тактических тренажёров, предназначенных для обучения как отдельных военнослужащих, так и подразделений (частей) до уровня бригады включительно.

Рис. 5. Основной зал с тренажёрами комплекса CATT

Каждый из этих комплексов представляет собой систему управляемых человеком компьютерных имитаторов боевых машин. Данные имитаторы объединены в локальную сеть, в которой при помощи аппаратно-программных средств создаётся виртуальное боевое пространство.

Комплекс CATT на площади 120 х 45 м позволяет разместить 70 тренажёров боевой техники, 16 – техники общего назначения и 12 – для пехотинцев. На нем одновременно могут тренироваться до 700 человек.

Программное обеспечение комплекса CATT воспроизводит обстановку на территории площадью 35 тыс. кв. км. Наибольшее распространение из семейства CATT (рис. 6) получили тренажёры CCTT и AVCATT.

Комплексы для механизированных подразделений CCTT предназначены для подготовки и слаживания экипажей основного боевого танка «Абрамс» (рис. 7) и боевых бронированных машин (ББМ) «Брэдли». Они разработаны в двух вариантах – стационарном и подвижном (на базе

трейлеров), и предназначены для размещения в местах дислокации регулярных войск резервных компонентов.

Рис. 6. Вариант отображения генерируемой боевой обстановки на тренажёре комплекса CATT

Рис. 7. Имитатор боевого отделения танка M1A2 «Абрамс»

В состав этих средств подготовки личного состава СВ входят тренажёрные места экипажей, системы управления процессом тренировки и имитации сил и средств, разбора процесса тренировки. На рабочих местах управления процессом тренировки и имитации сил и средств руководитель занятия (оператор) может изменять ход сценария учебного задания (тренировки) путём введения дополнительных имитационных моделей или учитывать результаты практических действий обучаемых.

Командования сухопутных войск зарубежных стран рассматривают работы по созданию и внедрению технических средств для обучения танкистов как одно из важных мероприятий в подготовке танковых частей и подразделений к ведению боевых действий в различных условиях.

Библиографический список

1. Сухопутные войска. Особенности организации боевой подготовки в сухопутных войсках США с использованием тренажёрных средств // Зарубежное военное обозрение. – 2015. – № 1.
2. Сухопутные войска. Технические средства подготовки танкистов // Зарубежное военное обозрение. – 2014. – №2.
3. Сухопутные войска. Система подготовки офицеров вооружённых сил ФРГ // Зарубежное военное обозрение. – 2014. – № 9.
4. Сухопутные войска. Система подготовки офицеров в США // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – № 5.

К содержанию

УДК 623.438 + 355.533 + 358.119.1

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ТАНКОВЫХ ВОЙСК НА МАРШЕ

В.М. Кузнецов, А.В. Наумов

Приведены основные положения по организации технического обеспечения танковых подразделений на марше. Обращено внимание на качественную всестороннюю подготовку личного состава, вооружения и военной техники к маршу, а также на организацию технического обеспечения марша своими и приданными силами и средствами.

Ключевые слова: техническое обеспечение, марш, подразделение танковых войск.

Танковые подразделения могут совершать передвижение своим ходом (маршем) и перевозиться железнодорожным и морским (речным) транспортами. Основным способом передвижения танкового батальона (роты) является марш.

Марш – организованное передвижение подразделений своим ходом в колоннах по дорогам и колонным путям в целях выхода в назначенный район или на указанный рубеж в установленное время, в полном составе и в готовности к выполнению поставленной задачи [1].

На организацию технического обеспечения танковых подразделений при подготовке и в ходе марша наиболее существенное влияние оказывают: время, отводимое на подготовку к маршу; протяженность и состояние маршрута; место подразделения в походном порядке воинской части (батальона); характер боевых задач, которые предстоит выполнять после совершения марша; состояние ВВТ; укомплектованность и обученность под-

разделений технического обеспечения; наличие запасов ВТИ; природно-климатические условия, время года и суток и другие факторы [2]. Танковые подразделения всегда и в любых условиях должны быть готовы к совершению длительных и напряженных маршей. Однако их постоянная готовность не исключает подготовительного периода, в течение которого осуществляется подготовка к маршу [3].

Подготовка вооружения и военной техники подразделения при подготовке к маршу проводится с целью обеспечить надежную работу машин в ходе марша, исключить или свести к минимуму количество остановок на маршрутах движения по эксплуатационным причинам.

Организуя подготовку вооружения и военной техники к маршу, заместитель командира батальона (роты) на основании указаний командира батальона (роты) и старшего начальника определяет: объем, время и содержание работ по техническому обслуживанию машин; дополнительные мероприятия по их подготовке, потребность в которых вызывается техническим состоянием машин или условиями предстоящей эксплуатации; порядок и сроки восстановления имеющегося ремонтного фонда, а также порядок передачи машин, которые не могут быть отремонтированы (эвакуированы) своими силами и средствами, силам и средствам старшего начальника; порядок и сроки пополнения запасов боеприпасов в боевых машинах; порядок контроля готовности вооружения и техники к маршу.

В подготовительный период командиры подразделений и их заместители по вооружению должны принять все меры к тому, чтобы подготовка вооружения и военной техники проводилась в объеме, обеспечивающем не только надежную работу машин в ходе марша, но и их готовность к выполнению боевых задач после прибытия в назначенный район (на указанный рубеж).

В зависимости от пробега машин после очередного технического обслуживания, запаса хода до очередного ремонта и предполагаемого расхода моторесурсов при совершении марша при подготовке вооружения и техники к маршу проводится ТО-1 (ТО-2).

При ограниченных сроках подготовки к маршу в первую очередь выполняются только основные работы номерного технического обслуживания, а менее важные работы выполняются в ходе марша на привалах и в районах дневного (ночного) отдыха. К первоочередным работам следует отнести: пополнение машин боеприпасами и дозаправку горючим, проверку регулировок приводов управления, исправности вооружения, средств связи, приборов освещения и приборов ночного видения, а также проверку укомплектованности машин буксирными приспособлениями, средствами самовытаскивания и повышения проходимости, правильности укладки и крепления возимого на машинах имущества. Особое внимание обратить на ходовую часть вооружения и военной техники. Изношенные детали и узлы гусеничных и колесных движителей должны быть заменены.

Для обеспечения безотказной работы машин, имеющих большой пробег, может потребоваться проведение дополнительных работ, не предусмотренных объемом номерного технического обслуживания, например, замена гусениц, прокладок выпускных коллекторов, пакета дисков главного фрикциона, лент планетарных механизмов поворота, дюритовых патрубков и т. д., что увеличит время на подготовку машин к маршу, а также потребует привлечения не только личного состава подразделений технического обеспечения батальона, но и специалистов ремонтного подразделения старшего начальника.

Для сокращения времени на подготовку вооружения и техники к маршу заместитель командира батальона по вооружению должен правильно организовать работу личного состава отделения технической помощи батальона, а также тех сил и средств, которые выделяются старшим начальником.

Правильное использование личного состава отделения технической помощи батальона при выполнении работ ТО-1 и ТО-2 на танках позволяет сократить продолжительность обслуживания на 20–25 % по сравнению с продолжительностью обслуживания этих машин только с помощью индивидуального комплекта ЗИП.

Для обеспечения ракетами и боеприпасами при подготовке к бою создаются, а в ходе боя поддерживаются их запасы в установленных размерах. При подготовке к маршу запасы ракет и боеприпасов в первую очередь создаются по нормам войсковым. Запасы ракет и боеприпасов содержатся и перевозятся транспортом взвода обеспечения батальона, в боевых и других машинах, при вооружении и личном составе.

После создания запасов по нормам войсковым осуществляется доведение их размеров до общей потребности на бой. При необходимости запасы ракет и боеприпасов могут создаваться и в больших размерах (дополнительные запасы).

Создание установленных запасов ракет и боеприпасов к началу боя, их эшелонирование, содержание (хранение) и подготовка к применению организуются командирами подразделений в соответствии с решением заместителя командира батальона по вооружению и указаниями (распоряжениями) старших начальников.

Истребование недостающего количества ракет и боеприпасов осуществляется по донесениям и сводкам (заявкам) в вышестоящие довольствующие органы.

Запасы боеприпасов, создаваемые в подразделении, относятся к войсковым. Войсковыми называются запасы ракет и боеприпасов, установленные приказом министра обороны Российской Федерации. К концу суточного перехода общий размер войсковых запасов ракет и боеприпасов, как правило, не должен быть ниже 100 % от установленных норм содержания.

Техническая подготовка экипажей (механиков-водителей), личного состава подразделений технического обеспечения к маршу проводится в целях достижения высоких скоростей движения, повышения маршевой выучки подразделений, изучения особенностей предстоящего марша, совершенствования навыков в обслуживании и устранении неисправностей на машинах в ходе марша.

В зависимости от наличия времени с личным составом проводятся занятия по особенностям эксплуатации машин в ходе марша, вождению танков, БМП, БТР и автомобилей, их техническому обслуживанию в обстановке, соответствующей условиям совершения предстоящего марша. Занятия проводятся под руководством заместителей командиров рот по вооружению.

Во всех случаях независимо от знаний и практического опыта водительского состава, степени его подготовки к предстоящему маршу заместитель командира роты по вооружению должен обстоятельно проинструктировать механиков-водителей об особенностях вождения танков и организации технического обеспечения. При инструктаже необходимо указать: протяженность марша и маршрут движения, труднопроходимые участки маршрута и способы их преодоления; объем, места и порядок технического обслуживания машин на марше; организацию дозаправки техники; порядок оказания помощи экипажам (расчетам, водителям) неисправных и застрявших машин; порядок контроля за работой систем, узлов и агрегатов машин. Кроме того, в обязательном порядке даются указания по соблюдению дисциплины марша и правил безопасности при движении.

С личным составом подразделений технического обеспечения батальона заместителем командира батальона по вооружению проводятся занятия по вопросам оказания помощи экипажам (расчетам, водителям) при техническом обслуживании и устранении неисправностей при ремонте машин в районах привалов и дневного (ночного) отдыха, а также по их действиям в составе замыкания колонны батальона при совершении марша.

В период подготовки к маршу в подразделениях создаются необходимые запасы военно-технического имущества для обеспечения ремонта машин в ходе марша, а также в ходе предстоящих боевых действий. В составе этих запасов необходимо иметь те детали, узлы и агрегаты, которые наиболее часто будут выходить из строя в ходе марша.

Пополнение запасов осуществляется на основании общей заявки заместителя командира батальона по вооружению, составляемой им после обработки заявок заместителей командиров рот по вооружению.

При подготовке к маршу принимаются необходимые меры по всестороннему обеспечению личного состава подразделений технического обеспечения. С этой целью заместитель командира батальона по вооружению должен проверить у личного состава наличие средств индивидуальной защиты, индивидуальных перевязочных и противохимических пакетов, про-

тиворадиационных препаратов, средств обеззараживания воды и, при необходимости, принять меры по обеспечению ими личного состава. Кроме того, необходимо создать запасы дегазирующих и дезактивирующих веществ для специальной обработки ремонтируемых машин. Проверить работоспособность приборов РХР, а также индивидуальные дозиметры у личного состава.

При организации технического обеспечения марша заместитель командира батальона (роты) по вооружению для решения задач по восстановлению вооружения и техники в ходе марша должен определить вероятный выход ВВТ из строя по эксплуатационно-техническим причинам и сравнить с возможностями по их устранению.

Проанализировав полученные результаты по возможному выходу вооружения и военной техники из строя по техническим причинам, заместитель командира батальона (роты) определяет мероприятия по использованию сил и средств технического обеспечения батальона и необходимость привлечения сил и средств старшего начальника.

Определяя состав и задачи замыкания колонны походной колонны, заместитель командира батальона по вооружению исходит из того, что оно не должно отрываться от своей колонны на продолжительное время. Это обусловлено тем, что средства, выделяемые в замыкание колонны, должны оказывать помощь экипажам (расчетам, водителям) при выполнении работ по техническому обслуживанию машин на привалах и в районах дневного (ночного) отдыха (районах сосредоточения). Поэтому время работы батальонного замыкания колонны, как правило, не должно превышать времени до подхода колонны сзади идущего подразделения. Это время может составлять 15–20 минут.

В пределах указанного времени замыкание колонны батальона выполняет следующие задачи: оказание помощи экипажам (расчетам, водителям) в обнаружении причин остановки машин и устранение мелких неисправностей; выдачу необходимых запасных частей, инструмента, приспособлений и материалов и инструктаж экипажа (расчета, водителя) о порядке выполнения ремонтных работ; дозаправку остановившихся машин ГСМ; эвакуацию вышедших из строя машин с маршрутов движения и вытаскивание машин легкого застревания.

В состав замыкания колонны батальона включаются: отделение технической помощи и эвакуационное отделение; автомобиль с запасными частями, один–два автотопливомаслозаправщика из взвода обеспечения батальона и санитарный автомобиль или транспортер из батальонного медицинского пункта [2].

В ходе марша основными мероприятиями технического обеспечения в подразделении являются: контроль технического состояния и техническое обслуживание ВВТ, а также их восстановление.

Техническое обслуживание вооружения (если оно использовалось в ходе марша для отражения налетов авиации, борьбы с диверсионно-разведывательными группами и т.д.) и техники осуществляется на привалах и в районах дневного (ночного) отдыха.

На привалах обычно выполняется контрольный осмотр (КО) с устранением обнаруженных неисправностей. Особо важное значение имеет проведение КО на первом привале, так как в начале марша чаще всего выявляются те недостатки, которые были допущены при подготовке машин к маршу. При необходимости проводится дозаправка вооружения и техники горючим и смазочными материалами.

В выполнении работ КО и дозаправки принимают участие все члены экипажей боевых машин и водители автомобилей под руководством командиров подразделений и их заместителей по вооружению. При этом особое внимание должно быть уделено системам, агрегатам и узлам, обеспечивающим подвижность машин, и прежде всего состоянию ходовой части, отсутствию подтекания топлива, масла и охлаждающей жидкости, креплению деталей, узлов и механизмов.

После суточного перехода в районе дневного (ночного) отдыха вооружению и технике проводится ежедневное техническое обслуживание (ЕТО). Если из-за недостатка времени при подготовке к маршу не были закончены работы по ТО-1 или ТО-2 в полном объеме, то время пребывания подразделений в районе дневного (ночного) отдыха может быть использовано для завершения этих работ.

В целях сокращения времени на техническое обслуживание вооружения и техники, повышения качества работы и предоставления большего времени для отдыха личному составу в помощь экипажам (расчетам, водителям) привлекается личный состав отделения технической помощи батальона, а также часть сил и средств ремонтного подразделения старшего начальника. Специалисты из ремонтного подразделения в первую очередь используются для устранения отказов машин.

В зависимости от состояния машин заместитель командира батальона по вооружению должен определить, в какой последовательности и в какое время те или иные средства будут использоваться в ротах, а заместители командиров рот по вооружению – порядок их работы в своем подразделении.

Вышедшие из строя машины на маршрутах движения восстанавливаются силами и средствами замыкания колонны походной колонны. Работу замыкания колонны походной колонны батальона на марше возглавляет заместитель командира батальона по вооружению. Вместе с ним, как правило, находятся и заместители командиров рот по вооружению.

Замыкание колонны батальона помогает (при необходимости) экипажу (механику-водителю) установить неисправность, а заместитель командира батальона по вооружению, оценив характер неисправности, трудоемкость

ее устранения, потребные для этого силы и средства, принимает решение, кто должен выполнить ремонт. Если неисправность может быть устранена силами экипажа, то ему выдаются необходимые запасные части, инструмент, приспособления и материалы. Экипаж инструктируется о порядке выполнения ремонтных работ. Ему указывается срок ремонта, уточняется маршрут и место, куда он должен прибыть.

Если машина не может быть восстановлена своими силами и средствами, то она передается замыканию колонны старшего начальника. В этом случае заместитель командира батальона по вооружению дает экипажу указания, какие подготовительные работы выполнить до его подхода.

Место выхода машины из строя, трудоемкость ремонта и решение по ее восстановлению (своими силами и средствами или передаче средствам старшего начальника) заместитель командира по вооружению наносит на свою рабочую карту.

Эвакуация остановившихся машин с маршрутов, если они мешают движению, а также вытаскивание легкозастрявших (застревание по ступицу колеса или половину катка) машин осуществляется БРЭМ замыкания колонны батальона. В случае крайней необходимости с разрешения командиров подразделений остановившаяся машина может быть отбуксирована с дороги другой машиной роты. Остальные эвакуационные работы на марше выполняются средствами старших начальников.

Машины, отставшие в пути, после выполнения ремонтных или эвакуационных работ продолжают движение по маршруту, пристраиваясь к проходящей колонне. Места в колоннах своих подразделений они занимают на привалах или в районах дневного (ночного) отдыха. Обгон колонн в движении запрещается [3].

Обеспечение экипажей имуществом, необходимым для ремонта их машин, осуществляется за счет запасов, созданных в подразделениях к началу марша. Эти запасы перевозятся на автомобиле взвода обеспечения батальона и грузовой платформе БРЭМ, следующих в составе батальонного замыкания колонны. Пополнение израсходованных запасов производится в районе дневного (ночного) отдыха со складов старшего начальника по заявке, подаваемой старшему начальнику заместителем командира батальона по вооружению.

Управление техническим обеспечением батальона (роты) в ходе марша осуществляется заместителем командира батальона (роты) по вооружению.

Основным способом управления в ходе марша является личное общение (доклады подчиненных) в районах привалов, дневного (ночного) отдыха, а также использование средств управления комендантской службы. Радиосредства технического обеспечения работают только на прием, в готовности к работе на передачу с завязкой боя.

По прибытии в район привала, дневного (ночного) отдыха заместитель командира роты по вооружению обязан на основе докладов командиров

взводов, командиров экипажей и личного осмотра определить техническое состояние машин подразделения и дать указания экипажам по устранению выявленных неисправностей, после чего доложить командиру роты и заместителю командира батальона по вооружению о наличии и техническом состоянии вооружения и техники, расходе боеприпасов и топлива, а также о местонахождении и причинах выхода из строя остановившихся на маршруте машин. Затем в соответствии с указаниями он организует выполнение работ по подготовке личного состава, вооружения и техники к очередному суточному переходу. Ведет рабочую карту и журнал наблюдений на марше в таком же объеме и по тем же правилам, как в обороне и наступлении.

Обобщив полученную информацию, заместитель командира батальона по вооружению докладывает командиру батальона и старшему начальнику, а также информирует начальника штаба батальона о наличии и техническом состоянии вооружения и техники, количестве и местах выхода из строя машин, принятых мерах по их восстановлению и ходе ремонтно-восстановительных работ. В свою очередь, штаб информирует заместителя командира батальона по вооружению об изменениях обстановки и принятом командиром решении на следующие сутки.

В ходе марша возможен выход из строя вооружения и военной техники по техническим причинам, боевым повреждениям (если марш совершается в предвидении вступления в бой), в результате застреваний, большого расхода моторесурсов и горюче-смазочных материалов, высокой утомляемости экипажей (механиков-водителей). Поэтому достижение главной цели марша во многом будет зависеть от уровня подготовки личного состава, состояния вооружения и военной техники, ее готовности к длительной и напряженной работе в ходе марша.

Исходя из этого, командиры подразделений и их заместители по вооружению должны обращать самое серьезное внимание на всестороннюю подготовку личного состава, вооружения и военной техники к маршу, а также на организацию технического обеспечения марша своими и приданными силами и средствами.

Библиографический список

1. Боевой устав Сухопутных войск. Ч. 2. Батальон, рота. – М.: Воениздат, 2013. – С. 421–430.

2. Наставление по обеспечению боевых действий. Техническое обеспечение подразделений. Кн. 2. – М.: ГАБТУ МО РФ, 2014. – С. 128–136.

3. Техническое обеспечение. Учебник / И.В. Микишев [и др.]. – Омск: ОТИИ, 2008. – С. 185–216.

К содержанию

УДК 623.438.004.5

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ

А.М. Хуснутдинов, А.Н. Полянский

В работе отражена специфика организации технического обслуживания бронетанковой техники, даны ключевые определения, перечислены виды технического обслуживания, а также значение технического обслуживания для боеготовности. Кроме того, показаны недостатки в организации нынешней системы технического обслуживания.

Ключевые слова: техническое обслуживание, бронетанковая техника.

Высокопроизводительное использование бронетанковой техники (БТТ) возможно лишь при их исправном состоянии. В Вооруженных силах Российской Федерации (ВС РФ) исправное состояние БТТ особенно важно в связи со спецификой выполняемых функций ВС. Успешное выполнение боевых задач сильно зависит от технического состояния БТТ.

Своевременность технического обслуживания (ТО) обусловливается также особыми условиями работы БТТ. Движения по неровностям, неравномерные нагрузки на различные узлы и агрегаты, экстремальные погодные условия, действия в режимах перегрузок, – одним словом, БТТ работает в условиях, способствующих преждевременному износу агрегатов, механизмов и узлов. Что в конечном итоге приводит к выходу из строя БТТ.

В результате влияния этих факторов могут значительно снижаться показатели качества и надежности техники, возникать простои агрегатов по техническим неисправностям, если несвоевременно и недоброкачественно выполнять мероприятия, направленные на поддержание БТТ в исправном техническом состоянии. Работа на неисправной технике уменьшает производительность, снижает качество работы, повышает расход горюче-смазочных материалов (ГСМ), увеличивает затраты на содержание техники и уход за ней.

Поэтому своевременное и правильно организованное ТО приобретает ключевое значение при обслуживании БТТ.

Для начала следует понять, что такое БТТ. Так, в [1] дано следующее определение бронетанковой техники.

Бронетанковая техника (БТТ) – военная техника, включающая различные классы боевых машин, имеющих броневую защиту [1]. Основу БТТ составляют танки. Также к БТТ относятся БМП, БТР, боевые разведывательные машины, машины управления и некоторые типы машин обеспечения боевых действий войск (ремонтно-эвакуационные танковые тягачи и др.).

Отметим, что существует и другая классификация – так, к бронетанковому вооружению (БТВ) относятся: танки, боевые машины пехоты (БМП), боевые машины десанта (БМД), бронетранспортеры гусеничные и колесные (БТР), бронированные разведывательно-дозорные машины (БРДМ), боевые разведывательные машины (БРМ); к бронетанковой же технике (БТТ) относятся: бронированные ремонтно-эвакуационные машины (БРЭМ), танковые тягачи, танковые краны, машины технической помощи (МТП), танкоремонтные мастерские (типа ТРМ, МТО, МЭС), мотоциклы.

В данном случае под БТТ мы будем понимать более широкое понятие, отраженное в [1].

Согласно [2], техническое обслуживание (ТО) – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, хранению и транспортировании.

Для обеспечения работоспособности БТТ в течение всего периода эксплуатации необходимо поддерживать их техническое состояние комплексом мер, которые по назначению и характеру можно разделить на две группы: меры, направленные на поддержание агрегатов, механизмов и узлов в работоспособном состоянии в течение наибольшего периода эксплуатации; меры, направленные на восстановление утраченной работоспособности агрегатов, механизмов и узлов.

Первая группа составляет систему технического обслуживания (ТО) и носит скорее профилактический характер, а вторая – систему восстановления (ремонта).

В ВС России принята планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). Сущность этой системы состоит в том, что ТО осуществляется по плану, а ремонт – по потребности.

В рамках данной работы мы не будем рассматривать все системы ТО мира, однако подметим, что в армиях иностранных государств (США и др. члены НАТО) ответственность за ТО, хранение и эвакуацию возлагается на ремонтные подразделения. Система обслуживания и ремонта так же, как и в России, планово-предупредительная [3]. Все работы по обслуживанию выполняются личным составом ремонтных подразделений с привлечением экипажей обслуживаемых машин.

ТО проводится при подготовке, в ходе и после использования (боевого применения), а также при подготовке, в ходе и после транспортирования и хранения.

Каждый вид технического обслуживания (ТО) включает строго установленный перечень (номенклатуру) работ (операций), которые должны быть выполнены.

Система ТО содержит в себе элементы ТО по наработке и состоянию. В зависимости от периодичности, объема работ и состояния машины определены следующие виды ТО [4]:

Контрольный осмотр (КО). Проводит экипаж с целью обеспечения надежности работы и безопасности движения машины. Проверяется готовность к использованию систем, агрегатов, механизмов аппаратуры.

Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО). Проводит экипаж с участием специалистов подразделений ТО. ЕТО необходимо обеспечить последующую надежную работу при пробеге 250–300 км. ЕТО включает контроль технического состояния, дозаправку эксплуатационными материалами и пополнение боеприпасами, проверку комплектности, мойку и чистку.

ТО-1 и ТО-2 проводят экипажи при участии специалистов подразделений технического обслуживания и ремонта (ПТОР) после некоторой наработки или времени нахождения в эксплуатации. В пределах установленного пробега (наработки) ТО-1 и ТО-2 должны обеспечить надежность работы БТТ.

ТО-1 включает работы по ЕТО плюс дополнительные работы (контрольно-диагностические, настроечно-регулировочные).

ТО-2 включает работы по ТО-1 плюс дополнительные (смазочные) работы.

Сезонное техническое обслуживание (СО). Проводится два раза в год при переводе на зимнюю или летнюю эксплуатацию. Предназначено для подготовки машин к зимнему или летнему периоду эксплуатации и проводится два раза в год при использовании и кратковременном хранении. При СО проводятся работы номерных ТО, а также дополнительные работы, связанные с заменой сезонных эксплуатационных материалов и выполнением дополнительных операций, предписанных эксплуатационной документацией (ЭД).

Регламентированное ТО (РТО). Проводят специалисты с участием экипажей и представителей заводов-изготовителей через 5–7 лет длительного хранения с целью поддержания боеспособности в течение последующих 5–7 лет. Номенклатура заменяемых деталей и технология их замены разрабатываются заводами-изготовителями БТТ на основе проведенных испытаний.

Также при эксплуатации в особых условиях (высокогорье, преодоление водных преград) проводится ТО с привлечением специалистов пункта ТО.

Отметим, что нынешняя планово-предупредительная система разомкнута в плане управления и базируется на среднестатистическом подходе к техническому состоянию БТТ, предусматривая обязательное выполнение строго определенного перечня работ. На практике же необходимость во многих из них в результате различий в условиях эксплуатации может и не возникать, что является еще одним подтверждением в пользу дальнейшего совершенствования организации ТО.

Следует уточнить, что, конечно же, нельзя сводить все недостатки нынешней системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) только

лишь к недостаткам в организации. Так, например, в [5] утверждают, что актуальной является задача по совершенствованию существующей системы технического диагностирования и в частности объектов БТТ, т.к. в [6] на основе анализа износов деталей, поступающих на ремонтные заводы, отмечают, что более половины их направляется в ремонт преждевременно, с недоиспользованным на 25–95 % ресурсом. Необоснованная же разборка и сборка узлов зачастую снижает их работоспособность на 10–12 % [6], требует излишних затрат труда и средств, что обозначает актуальность задачи по совершенствованию существующей системы технического диагностирования и в частности объектов БТТ.

Однако в [5] также подчеркивают, что процессы диагностирования технического состояния объектов БТТ органически связаны с системой их обслуживания и ремонта. И что анализ мероприятий по поддержанию и восстановлению качества БТТ показывает, что техническое диагностирование (ТД) объекта БТТ проводится на всех этапах жизненного цикла изделия и неразрывно связано с проведением ТО и Р [5].

Следует отметить, что техническое обслуживание во многом носит скорее профилактический характер.

Поддержание БТТ в состоянии боевой готовности организуется бронетанковой службой. Она же планирует виды ТО и контролирует качество выполнения. Планирование ТО осуществляется на основе нормативов, установленных руководящими документами.

План определяет вид ТО, устанавливает сроки выполнения работ, необходимое количество исполнителей и их распределение, определяет количество оборудования и необходимые материалы. План ТО в части готовится начальниками служб (РАВ, БТС, АТ), подписывается ЗКВ и утверждается командиром части [4].

Также осуществляется контроль за выполнением работ в процессе ТО, который предусматривается в плане. Помимо всего осуществляется операционный контроль и итоговый контроль.

Заключение

Организация технического обслуживания бронетанковой техники остаётся одним из главных вопросов её эффективного использования. Необходимо также улучшение диагностирования систем техники для увеличения их работоспособности. Кроме того, не стоит забывать и об обучении обслуживающего персонала, который выполняет проверки при планово-предупредительных работах. Своевременное и качественное обслуживание увеличивает продолжительность эксплуатации БТТ. Правильная организация обслуживания подразумевает наличие ремонтной базы, обученного обслуживающего персонала, отлаженную логистику поставок запасных частей, наличие в запасе качественных ГСМ. Также на качество ремонта влияет правильность составления ежемесячных, квартальных и годовых планов ППР.

Библиографический список

1. Словарь военных терминов / сост. А.М. Плехов, С.Г. Шапкин. – М.: Воениздат, 1988.
2. ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения (с Изменениями N 1, 2).
3. Танки и танковые войска / под общ. ред. А.Х. Бабаджаняна. – 2-е изд., доп. – М.: Воениздат, 1980. – 432 с.
4. Голощапов, И.М. Эксплуатация бронетанкового вооружения и техники / И.М. Голощапов. – М.: Военное издательство, 1989. – 440 с.
5. Мунин, В.А. Повышение эффективности технического диагностирования систем электроспецоборудования и автоматики бронетанковой техники: автореф. дис. … канд. техн. наук / В.А. Мунин. – Омск, 2012. – 20 с.
6. Лейзерович, А.Ш. Задачи технической диагностики теплоэнергетического оборудования / А.Ш. Лейзерович, В.Б Рубинчик // Электрические станции. – 1986. – № 3. – С. 11–13.

К содержанию

УДК 623.438.3.004.67 + 358.119

ЗНАЧЕНИЕ РЕМОНТА БТВТ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А.Р. Меньк, А.А. Белов

В статье рассматривается значение ремонта БТВТ в современных условиях, опираясь на опыт Великой Отечественной войны и военных конфликтов, приведены некоторые примеры применения войсковых ремонтных органов в боевой обстановке.

Ключевые слова: сухопутные войска, бронетанковая техника, ремонт, эвакуация, восстановление.

Современные сухопутные войска оснащены первоклассной бронетанковой техникой. Поддержание этой техники в постоянной боевой готовности представляет собой весьма сложную и актуальную задачу.

При эксплуатации танков в их механизмах, узлах и агрегатах возникают различные неисправности, в результате чего машины могут выходить из строя. Машины выходят из строя и при боевых повреждениях.

Повреждения и неисправности в машинах устраняются при ремонте. Следовательно, своевременный и качественный ремонт является одним из постоянно действующих факторов, способствующих продлению жизни машин. Ремонт бронетанковой техники наряду с этим имеет большое экономическое значение. Чтобы оценить это значение, необходимо рассмотреть техническую целесообразность ремонта, а также показать его роль в системе технического обеспечения войск.

Ремонт машин целесообразен лишь в том случае, если повреждения и неисправности не возникают одновременно во всех узлах и агрегатах. Опыт эксплуатации бронетанковой техники показывает, что неисправности, возникающие в машинах, носят локальный характер. Даже боевые повреждения, как это следует из опыта Великой Отечественной войны и локальных конфликтов, в большинстве случаев носят местный характер. Так, например, у танков, БМП и САУ, имевших снарядные пробоины в бортовых листах корпуса, двигатель выходил из строя в 45–55 % случаев, а коробка передач и механизмы поворота – всего лишь в 15–20 % случаев.

В условиях современных боевых действий с применением ядерного и высокоточного оружия характер и степень боевых повреждений бронетанковой техники могут измениться. Однако и в этом случае повреждения будут носить локальный характер. Исключение могут составить только машины, находящиеся в непосредственной близости от эпицентра ядерного взрыва. В этом случае повреждения могут охватывать большинство деталей, узлов, агрегатов машины, поэтому ремонт таких машин с технической точки зрения будет нецелесообразен.

Неисправности, возникающие вследствие износа деталей, также появляются не одновременно в узлах и агрегатах. Таким образом, независимо от того, являются неисправности результатом износа или боевых повреждений, они носят местный характер. Это обусловливает техническую целесообразность ремонта бронетанковой техники, так как в этом случае машины могут быть быстро восстановлены и возвращены в строй.

Анализируя роль ремонта в системе технического обеспечения танковых войск, необходимо в первую очередь подчеркнуть его военное значение. Оперативно-тактические возможности частей и соединений сухопутных войск определяются главным образом наличием в строю основной боевой техники – танков, БМП и САУ. В ходе боевых действий войска несут потери личного состава и боевых техники, вследствие чего оперативно-тактические возможности частей снижаются. Следовательно, части и соединения сухопутных войск в ходе боевых действий для сохранения боеспособности будут нуждаться в постоянном пополнении боевыми машинами либо новыми, получаемыми с заводов промышленности, либо машинами, отремонтированными силами и средствами ремонтных органов.

Анализ большого количества данных по выходу из строя танков и САУ в различных операциях Великой Отечественной войны показывает, что из числа вышедших из строя танков и САУ 75–80 % машин восстанавливались и лишь 20–25 % не подлежали восстановлению. Следовательно, ремонт машин является одним из основных источников пополнения частей бронетанковой техникой и от его организации во многом зависит успех действий войск. Однако абсолютное количество БТВТ, подлежащих восстановлению в ходе боевых действий, еще не может полностью характеризовать военное значение ремонта.

Вторым, не менее существенным условием является темп восстановления машин.

Анализ характера повреждений бронетехники показывает, что 80–90 % подлежащих восстановлению машин требовали небольшого объема работ и могли вводиться в строй через один–два дня после повреждения. Благодаря этому темп восстановления поврежденных и неисправных машин максимально приближался к темпу накопления ремонтного фонда. Так, например, в войсках 4 гв. ТА в августе 1943 г. темп накопления ремонтного фонда превышал темп восстановления всего на три единицы в сутки, а в 1 гв. ТА эта разница составляла всего две единицы в сутки.

История войны богата примерами самоотверженной работы ремонтников и эвакуаторов машин. Личному составу ремонтных и эвакуационных частей и подразделений бронетанковых войск в ходе боёв и операций часто приходилось не только выполнять свои основные задачи по ремонту и эвакуации техники за боевыми порядками войск, но эвакуировать и ремонтировать танки и САУ под огнём противника. Во всех многочисленных случаях личный состав ремонтных и эвакуационных частей и подразделений проявлял упорство, отвагу и героизм, за что многократно награждался командованием частей, соединений и объединений.

Большое значение налаженного ремонта техники в боевых условиях трудно переоценить, об этом свидетельствует весь боевой опыт. Вот что говорил по этому поводу генерал-лейтенант инженерно-технической службы Александр Карпенко:

«В годы Великой Отечественной войны организация технического обслуживания боевых машин, их своевременного ремонта и эвакуации в динамике сражений представляла одну из важнейших проблем в общей сумме мероприятий по обеспечению боевой готовности. Значение этих вопросов определялось в первую очередь тем, что пополнение танковых войск новой боевой техникой осуществлялось главным образом в ходе подготовки к операции либо в период продолжительных оперативных пауз. В ходе боев поступление в части танков с заводов промышленности было явлением крайне редким. Поэтому восстановление поврежденной техники в ходе сражений и быстрый возврат ее в строй являлись наиболее существенным, а порой и единственным источником восполнения потерь в танках. В ряде случаев количество отремонтированных танков и САУ в два–три раза превышало число боевых машин, имевшихся к началу операции. Другими словами, каждый танк выходил по два–три раза из строя и столько же раз снова возвращался в боевые порядки».

Таким образом, значение ремонта БТВТ в военное время заключается в том, что в ходе боевых действий возможны восстановление и систематический ввод в строй значительного количества поврежденных машин. Это обеспечивает возможность частям и соединениям танковых войск действовать на большую глубину, продолжительное время сохраняя боеспособность.

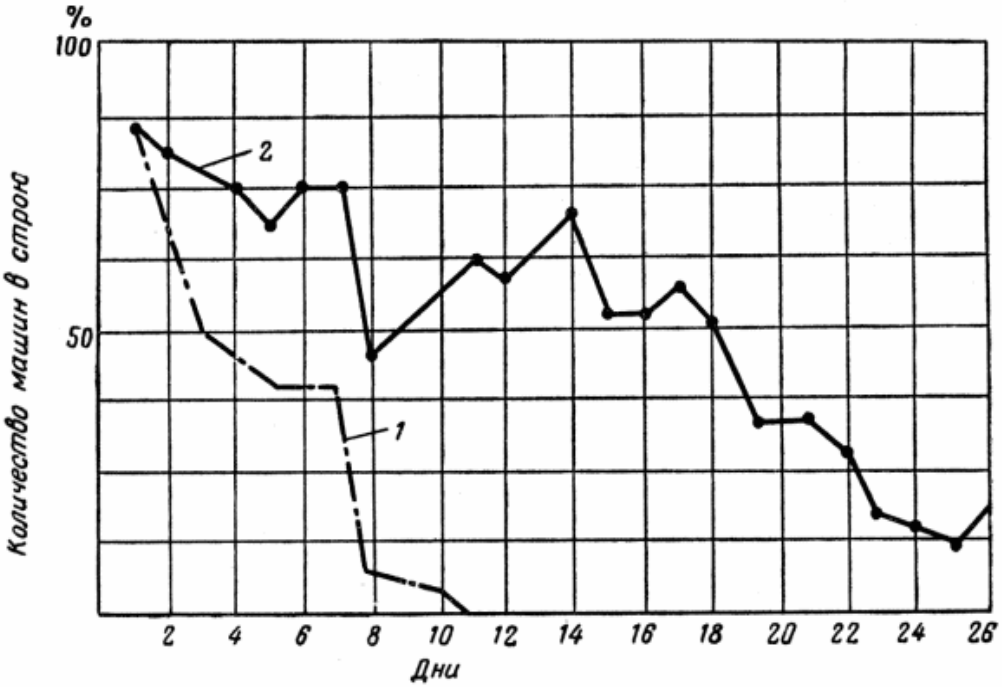
Наряду с большим военным значением ремонт БТВТ имеет и значительный экономический эффект. Он определяется в первую очередь тем, что ремонт увеличивает срок службы машин и таким образом позволяет уменьшить потребность в изготовлении новых образцов техники.

Не менее важным является и то, что благодаря ремонту экономятся огромные материальные и денежные средства, так как стоимость самого сложного ремонта машины значительно меньше стоимости ее изготовления.

Чтобы оценить экономическое значение ремонта БТВТ, достаточно рассмотреть некоторые статистические данные из опыта прошедшей войны.

В течение 46 месяцев Великой Отечественной войны ремонтные средства бронетанковых и механизированных войск выполнили около 430000 текущих, средних и капитальных ремонтов. Если учесть, что за каждый год из последних трех лет войны наша промышленность выпускала около 30000 танков, САУ и бронемашин, то, считая в условных единицах, только за счет ремонтов было введено в строй столько боевых машин, сколько промышленность могла бы изготовить в течение 15 лет. Таково экономическое значение ремонта БТВТ.

Характерны в этом отношении данные, приведенные на рис. Как видно из графика, благодаря правильно организованному ремонту часть вела непрерывные боевые действия в течение 25 суток. Если бы танки и САУ в ходе операции не ремонтировались, то часть сохранила бы боеспособность только в течение семи–восьми суток.



Влияние ремонта танков на боеспособность войск по опыту ВОВ:
1 – количество неповрежденных машин;
2 – количество машин с учетом восстановления

Опыт Великой Отечественной войны глубоко анализировался и использовался в развитии всей системы танкотехнического обеспечения в послевоенный период. В послевоенный период выполнен ряд комплексных мероприятий, направленных на совершенствование организационно-штатных структур ремонтно-восстановительных органов войсковых формирований, развитие типажа подвижных средств восстановления бронетанкового вооружения и техники БТВТ, процессов хранения, технического обслуживания, войскового ремонта, эвакуации, освоения новых образцов БТВТ в войсках.

Развитие организационно-штатной структуры войсковых ремонтно-восстановительных органов осуществлялось по следующим направлениям: специализация, увеличение производственных мощностей, улучшение технического оснащения и повышение их мобильности (подвижности). Учитывая опыт войны, упор делался на максимальное приближение войсковых ремонтных подразделений и частей к боевым порядкам.

В современных условиях с появлением новых видов оружия массового поражения (ОМП), высокоточного оружия (ВТО), с массовым применением противотанковых средств повышенной бронепробиваемости зависимость хода и исхода боевых действий от ремонта бронетанковой техники еще более возросла. Сухопутные войска полностью моторизованы, оснащены боевой и вспомогательной техникой. Все это привело к тому, что современные боевые действия стали стремительными и высокоманевренными. В этих условиях наличие и техническое состояние боевой техники и вооружения – это один из важнейших факторов достижения успеха при выполнении войсками боевых задач. Надежность работы машин в тяжелых и напряженных условиях современного боя, быстрейшее восстановление и возвращение в строй максимального количества поврежденной техники обусловливают поддержание боеспособности войск на высоком уровне в течение длительного времени. Именно эти задачи являются основными для ремонтных подразделений.

В настоящее время сформированы новые по своим организационно-штатным структурам подразделения эвакуации и технической помощи общевойсковых соединений и отдельные ремонтно-восстановительные батальоны бригад материально-технического обеспечения. На вооружение этих подразделений поступают новые средства технического обслуживания, эвакуации и войскового ремонта. Танкисты-ремонтники оснащаются самым передовым оборудованием для выполнения своих задач в современном бою.

Библиографический список

1. Шевченко, А.А. Эвакуировать и восстановить / А.А. Шевченко // «Красная звезда». – 6.09.2012.

2. Радзиевский, А.И. Танковый удар / А.И. Радзиевский. – М.: Воениздат, 1977.
3. Бабаджанян, А.Х. Танки и танковые войска. Ч. 1. Бронированные машины / А.Х. Бабаджанян. – М.: Воениздат, 1970.
4. URL: http://www.proekt-technica.ru.

К содержанию

УДК 378.035.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММЕ СЕРЖАНТОВ ЗАПАСА ВУС-824182, 825182

А.А. Белов, А.Б. Покрышкин

В статье рассмотрено совершенствование процесса создания рабочей программы дисциплины «Методическая подготовка». В результате предложены изменения рабочей программы дисциплины «Методическая подготовка». Процесс создания рабочей программы военной дисциплины основан на компетентностно-ориентированном подходе.

Ключевые слова: компетентностно-ориентированный подход, военно-профессиональные компетенции, программы военной подготовки сержантов, солдат запаса.

Более чем в 60 федеральных государственных образовательных организациях высшего образования с сентября 2014 года студенты без отрыва от учебного процесса начали военную подготовку по военно-учетным специальностям солдат (матросов), сержантов (старшин) с последующим зачислением в запас Вооруженных сил Российской Федерации.

Новая система военной подготовки студентов реализуется практически во всех ведущих российских вузах с использованием имеющегося опыта подготовки на военных кафедрах офицеров запаса.

Качество военной подготовки студентов достигаться за счет ее двухэтапности: теоретического обучения на военных кафедрах и прохождения учебных (практических) сборов.

Продолжительность подготовки студентов по военно-учетным специальностям на должностях рядовых составляет 1,5 года, сержантов – 2 года, а начать обучение смогут студенты 2-го курса, годные к военной службе по состоянию здоровья и прошедшие профессиональный и психологический отбор [3].

Впервые задача изменения военной подготовки студентов была поставлена Президентом Российской Федерации В.В. Путиным в Послании Федеральному Собранию в декабре 2013 года.

В разделе послания о военной подготовке студентов он отметил, что в этом году до 220 тыс. человек возросло число рядовых и сержантов-контрактников, при этом мы должны думать, как создать подготовленный мобилизационный резерв. И в этой связи предложил: не отказываясь от отсрочек для студентов, изменить саму систему военной подготовки в вузах, дав возможность всем студентам пройти в ходе учёбы и последующего военного сбора воинскую подготовку и получить военную специальность. Он подчеркнул, что армии следует уделить особое внимание наиболее востребованным техническим специальностям [5].

Предлагалось начать обучение с 1 сентября 2014 года, что и было выполнено. К этому сроку должна была быть сформирована соответствующая нормативно-правовая база, но формирование нормативно-правовой базы до сих пор не завершено.

В Федеральный закон от 28.03.1998 N 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе» были внесены изменения (в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 246-ФЗ). В абзаце 3 части 1 статьи 17 «Добровольная подготовка граждан к военной службе» «обучение на военной кафедре при федеральной государственной образовательной организации высшего образования по программе военной подготовки офицеров запаса», было добавлено – «программе военной подготовки сержантов, старшин запаса либо программе военной подготовки солдат, матросов запаса».

Внесены аналогичные изменения в статью 20 «Обучение граждан на военных кафедрах при федеральных государственных образовательных организациях высшего образования по программам военной подготовки офицеров запаса, программам военной подготовки сержантов, старшин запаса либо программам военной подготовки солдат, матросов запаса» и статью 52 «Зачисление в запас» [2].

По информации официального сайта МО РФ, изменения внесены в том числе: в Федеральный закон от 28 марта 1998 г. № 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе»; в Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (в части статей 25 и 61); в Положение о порядке прохождения военной службы, утвержденное Указом Президента Российской Федерации от 16 сентября 1999 г. № 1237 «Вопросы прохождения военной службы»; в постановления Правительства Российской Федерации: от 6 марта 2008 г. № 152 «Об обучении граждан Российской Федерации по программе военной подготовки в федеральных государственных образовательных организациях высшего образования»; от 4 июля 2013 г. № 565 «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе»; от 29 декабря 2007 г. № 946 «О продовольственном обеспечении военнослужащих и некоторых других категорий граждан».

Но пока не изменен совместный приказ Министра обороны Российской Федерации № 666 и Министерства образования и науки Российской Федерации № 249 от 10 июля 2009 года «Об организации деятельности учебных военных центров, факультетов военного обучения и военных кафедр при федеральных государственных образовательных учреждениях высшего профессионального образования».

За рубежом подобная практика подготовки солдат и сержантов не применяется нигде, эта инновация впервые проходит апробацию в системе высшего образования в Российской Федерации.

В США военные кафедры при университетах и некоторых колледжей осуществляют подготовку только офицеров [7].

В соответствии со статьей 81 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «Об образовании в Российской Федерации» существуют особенности реализации профессиональных образовательных программ и деятельности образовательных организаций федеральных государственных органов, осуществляющих подготовку кадров в интересах обороны и безопасности государства, обеспечения законности и правопорядка.

Закон определяет следующие виды программ, реализуемых в интересах обороны и безопасности государства:

– основные профессиональные образовательные программы;

– примерные основные программы профессионального обучения;

– примерные дополнительные профессиональные программы.

Причем основные профессиональные образовательные программы, реализуемые в интересах обороны и безопасности государства, обеспечения законности и правопорядка в федеральных государственных образовательных организациях, находящихся в ведении федеральных государственных органов, разрабатываются на основе требований, предусмотренных Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации», а также квалификационных требований к военно-профессиональной подготовке, специальной профессиональной подготовке выпускников.

А примерные основные программы профессионального обучения, примерные дополнительные профессиональные программы в области обороны и безопасности государства, обеспечения законности и правопорядка разрабатываются и утверждаются федеральным государственным органом, в интересах которого осуществляется профессиональное обучение или дополнительное профессиональное образование [1].

Факультет военного обучения Южно-Уральского государственного университета с 1 сентября 2014 года реализует Программу военной подготовки сержантов и солдат по военно-учетным специальностям танкотехнического обеспечения, утвержденную начальником Главного

авто-бронетанкового управления Министерства обороны Российской Федерации 2 апреля 2014 года.

По сути, указанная программа представляет собой примерную дополнительную профессиональную программу в области обороны и безопасности государства, и требования Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» к таким образовательным программам не являются обязательными.

Предложенная программа военной подготовки во многом не устраивает профессорско-преподавательский состав цикла подготовки солдат и сержантов кафедры танковых войск, поэтому коллектив цикла прилагает определенные усилия по совершенствованию программы и внесению в нее соответствующих изменений.

Внесение изменений в программу военной подготовки не является трудноосуществимой или невыполнимой задачей, периодически в ней происходят изменения по различным параметрам:

– срокам подготовки;

– тематическим планам;

– формам обучения и другим.

Изменения происходят как «сверху», так и «снизу», когда Главное автобронетанковое управление требует подать предложения по совершенствованию программы военной подготовки [6].

Процесс создания компетентностно-ориентированных образовательных программ сложный и трудоемкий, поэтому проектирование такой программы осуществляется поэтапно, подробное описание разработки программы дано в статье Ю.В. Тягуновой [8].

Цель подготовки на военной кафедре – приобретение твердых знаний и умений, выработка устойчивых навыков, необходимых для выполнения задач по должностному предназначению в любых условиях боевой и мобилизационной обстановки, спустя продолжительное время после окончания обучения.

Программа военной подготовки сержантов предусматривает на методическую подготовку 18 часов или 24 % из общего расчета 75 часов в семестр. В программе учебного сбора проведение занятий по методической подготовке не предусматривается.

Кроме того, в рабочей программе по предмету не определены целевые установки и организационно-методические указания, в «рабочей программе» имеется только перечень тем и расчет часов, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Перечень тем и расчет часов по методической подготовке

Номер и наименование темы	Количество часов (форма)
1. Общие положения по организации и проведению занятий	2 (лекция)
2. Методика тактической подготовки	2 (ИМЗ*)
3. Методика тактико-специальной (специальной) подготовки	2 (практическое)
4. Методика огневой подготовки	2 (лекция)
5. Методика РХБ защиты	2 (лекция)
6. Методика строевой подготовки	2 (лекция)
7. Методика физической подготовки	2 (лекция)
8. Содержание работы младших командиров по воспитанию воинов в духе высокой бдительности и боевой готовности	2 (лекция)
9. Формы и методы изучения личности воина и его индивидуальных особенностей. Методика проведения индивидуальной беседы	2 (лекция)
Итого:	18

ИМЗ* - инструкторско-методическое занятие.

Из табл. 1 видно, что подобная программа дисциплины не только не обеспечивает прочности усвоения знаний умений и навыков обучаемых, но и не формируют их вообще.

В существующей программе 14 часов отведены на лекции, а цель лекций состоит в том, чтобы сформировать представление об изучаемом предмете.

Кроме того, программа предполагает проведение инструкторско-методического занятия по методике тактической подготовки и затем практического занятия по методике тактико-специальной подготовки.

ИМЗ проводится с руководителями занятий для выработки единой методики отработки наиболее важных и сложных вопросов предстоящего занятия, а после проведения занятий темы № 2 никакой практики по тактической подготовке не предусмотрено.

Практическое занятие предполагает выработку у обучаемых умений и навыков на основе полученных знаний, но этому практическому занятию не предшествуют занятия, имеющие цель вооружить обучаемых знаниями по методике тактико-специальной подготовки.

Кроме того, в практике военного обучения по тактической и тактико-специальной подготовке сержанты обычно выступают в роли обучаемых и очень редко сами проводят занятия, поэтому целесообразно эти две темы исключить из программы, а часы перераспределить между оставшимися темами.

Также темы № 8, 9 излишни в данной дисциплине, их содержание возможно перенести в предмет «Военная педагогика и психология».

Для разработки рабочей программы необходимо определить нужные компетенции. Сержант (командир отделения) в соответствии со статьей 158 Устава внутренней службы ВС РФ в мирное и военное время отвечает: за успешное выполнение отделением боевых задач; за обучение, воспитание, воинскую дисциплину, морально-психологическое состояние и безопасность военной службы, строевую выправку и внешний вид подчиненных, исполнение ими обязанностей военной службы; за правильное использование и сбережение вооружения и военной техники, снаряжения и обмундирования и содержание их в порядке и исправности. Значит, в результате освоения программы подготовки он должен овладеть компетенциями для исполнения этих должностных обязанностей.

Но ФГОС военного образования не существует, поэтому наиболее подходящим представляется ФГОС ВО по направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)». Приказ Министерства образования и науки РФ от 1 октября 2015 г. N 1085 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)» (уровень бакалавриата)».

Мы допускаем общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции для рабочей программы взять из этого стандарта. Кроме этого сформулированы специальные профессиональные компетенции, конкретно – военно-профессиональные компетенции (ВПК), так как представлено ниже.

В результате освоения дисциплины слушатель должен:

иметь представление:

– о целях, содержании и задачах обучения и воспитания солдат;

знать:

– основные принципы, формы и методы обучения и воспитания;

– методику проведения занятий по предметам боевой подготовки;

– методику разучивания и совершенствования военно-прикладных двигательных навыков;

уметь:

– составлять план-конспект занятия по боевой подготовке;

– проводить занятия по боевой подготовке на учебном месте;

владеть:

– навыками применения методических приемов и правил при обучении и воспитании солдат.

ВПК сержанта запаса:

1) способность грамотно оценивать обстановку по техническому обеспечению при подготовке и в ходе боя и целесообразно принимать решения (ВПК-1);

2) способность анализировать значимые проблемы процессов управления войсками (ВПК-2);

3) иметь целостное представление о процессах и явлениях, происходящих в обществе, Вооруженных силах, Сухопутных войсках (ВПК-3);

4) умение приобретать новые знания в военной науке, в том числе используя современные информационные технологии (ВПК-4);

5) умение проводить мероприятия воспитательного характера с личным составом (ВПК-5);

6) знание основ военной психологии и педагогики (ВПК-6);

7) умение готовить и проводить занятия с личным составом по боевой подготовке (ВПК-7);

8) владение методическими приемами на достаточном для проведения занятий уровне (ВПК-8).

На основе компетентностно-ориентированного подхода к разработке рабочей программы дисциплин и опираясь на дидактические принципы военного обучения, нами переработана рабочая программа дисциплины «Методическая подготовка». В результате она приняла вид, представленный в табл. 2. Эта программа позволяет не только дать знания, но и приобрести умения и навыки на практических занятиях.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 0,5 зачетной единицы, 18 часов.

Расписание занятий должно быть составлено таким образом, чтобы между лекцией и практическим занятием имелась самоподготовка, в часы которой слушатели могли бы подготовиться к практическому занятию и написать план-конспект, например, как в табл. 3.

Таблица 2

Перечень тем и расчет часов по методической подготовке

Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов	
		теоретические	практические
1. Общие положения по организации проведения занятий	2	2 (лекция)	
2. Методика огневой подготовки	4	2 (лекция)	2
3. Методика РХБ защиты	4	2 (лекция)	2
4. Методика строевой подготовки	4	2 (лекция)	2
5. Методика физической подготовки	4	2 (лекция)	2
Итого:	18	10	8

Таблица 3

План-график дисциплины «Методическая подготовка»

Вид занятия	Неделя обучения, тема занятия											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лекция	Т-1	Т-2			Т-3		Т-4			Т-5		
Практическое				Т-2			Т-3		Т-4			Т-5
СП			Т-2			Т-3		Т-4			Т-5	

Заключение

Переход образовательных организаций высшего образования к реализации основных образовательных программ на основе ФГОС предполагает решение вузами новых теоретических и практических задач.

Развернутая в этом направлении работа является, по сути, педагогическим экспериментом, который позволит, в конечном счете, создать теоретически и эмпирически обоснованные методики построения моделей компетенций, а также привязанных к ним образовательных программ, педагогических технологий, средств и критериев оценки.

Эта работа будет способствовать качественному развитию системы военного профессионального образования и её соответствие современным требованиям Федеральных законов и стандартов.

Библиографический список

1. № 273-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «Об образовании в Российской Федерации». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons.

2. № 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons.

3. URL: http://function.mil.ru/news_page/country/.

4. Педагогические основы военной подготовки студентов в ВУЗе: учебное пособие / Н.Н. Ефимов, С.В. Чернеев, В.Г. Григорьянц, А.В. Кузнецов. – М.: Изд-во Московского университета, 1986. – 308 с.

5. Послание Президента Российской Федерации Путина В.В. Федеральному собранию // Российская газета. – 2013. – № 6258.

6. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 1999 г. № 1441 «Об утверждении положения о подготовке граждан Российской Федерации к военной службе».

7. Стрелецкий, А.В. Система подготовки офицерских кадров в США / А.В. Стрелецкий // Зарубежное военное обозрение. – 2006. – № 11. – С. 20–25.

8. Тягунова, Ю.В. Этапы проектирования основной образовательной программы в национальном исследовательском университете / Ю.В. Тягунова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». – 2012. – № 26. – С. 35–43.

К содержанию

УДК 37.035.6 + 355.233

УРОВЕНЬ ПАТРИОТИЗМА СЛУШАТЕЛЕЙ ФАКУЛЬТЕТА ВОЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

А.Р. Меньк, А.Ю. Мешков

В статье приведена часть результатов социологического исследования «Мотивы обучения и уровень патриотизма слушателей факультета военного обучения ЮУрГУ», проведенного среди слушателей факультета военного обучения ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ). Представленные данные описывают уровень патриотизма слушателей факультета военного обучения.

Ключевые слова: патриотизм, уровень патриотизма, слушатели военного факультета, военный факультет.

В Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университете (национальный исследовательский университет)» 73 года существует факультет военного обучения (ФВО). На сегодняшний день на факультете ведется обучение студентов по программам подготовки офицеров, сержантов и солдат запаса.

В процессе обучения на ФВО у студентов формируются личностные качества, необходимые для военной службы. Задача по формированию у студентов высоких личностных качеств является одной из самых важных и сложных для последующей военно-профессиональной деятельности [6]. Воспитание студентов ФВО является приоритетным направлением служебной деятельности руководства и профессорско-преподавательского состава факультета. Основная цель воспитания – развитие у слушателей качеств патриота, военного профессионала и высоконравственной личности [6, 7, 10].

В ноябре 2015 году среди слушателей ФВО было проведено социологическое исследование на тему «Мотивы обучения и уровень патриотизма слушателей факультета военного обучения ЮУрГУ». Метод исследования – анкетирование. В исследовании приняли участие 567 студентов, учащихся на ФВО. Студенты, принявшие участие в исследовании, проходили обучение по программам подготовки офицеров, сержантов и солдат.

Слушатели ФВО в ходе опроса отвечали на вопрос: «Что Вы понимаете под патриотизмом?». Студенты могли выбрать до 7 вариантов ответа на вопрос (табл. 1). О том, что для них патриотизм – это любовь к Родине отмечает 86 % студентов. Любовь к своему народу – 54 %. Забота об интересах и исторической судьбе своей страны – 48 %. Уважение к прошлому и традициям своей страны – 48 %. Любовь к своей семье, родным и близким – 48 %. Любовь к своей культуре – 46 %. Любовь к родному

городу, деревне, дому – 41 %. В случае необходимости защищать интересы своей страны с оружием в руках – 27 %.

Таблица 1

Представление слушателей ФВО о патриотизме (% от числа опрошенных, респонденты могли выбрать несколько вариантов ответа)

Представление о патриотизме	% от числа опрошенных
Любовь к Родине	86
Любовь к своему народу	54
Забота об интересах и исторической судьбе своей страны	48
Уважение к прошлому и традициям своей страны	48
Любовь к своей семье, родным и близким	48
Любовь к своей культуре	46
Любовь к родному городу, деревне, дому	41
Готовность в случае необходимости защитить интересы своей страны с оружием в руках	27
Знать историю своей страны	24
Гордость за достижения своей страны и критика ее недостатков	22
Честно работать на благо своей Родины	16
Готовность к самопожертвованию	14
Стремление к социальной справедливости	13
Соблюдение законов	12
Любовь ко всему человечеству – гуманизм	8
Желание жить только в своей стране	8
Осознание необходимости несения службы в армии	3
Участие в выборах (участие в голосовании)	3
Последнее прибежище негодяев	1

В ходе опроса студенты рассказывали, считают ли себя патриотами (табл. 2).

Таблица 2

Идентификация себя как патриота слушателями ФВО (% от числа опрошенных)

Отнесение себя к патриотам	% от числа опрошенных
Да, в полной мере	46
Да, отчасти	44
Не считаю себя патриотом	5
Затрудняюсь ответить	5

46 % респондентов считаются патриотами в полной мере. 44 % патриотами считают себя отчасти. 5 % не считают себя патриотами. Затрудняются дать ответ 5 % респондентов.

Библиографический список

1. Ефимов, Н.Н. Педагогические основы военной подготовки студентов в вузе: учебное пособие / Н.Н. Ефимов, С.В. Чернеев, В.Г. Григорьянц, А.В. Кузнецов. – М.: Изд-во Московского университета, 1986. – 312 с.

2. Ковалев, И.А. Дидактические основы военного обучения: учебное пособие / И.А. Ковалев. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2005.

3. Приказ Министра обороны РФ 2005 г. № 79 «О совершенствовании воспитательной работы в Вооруженных Силах Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: www.voennoepravo.ru.

К содержанию

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ В г. МИАСС

УДК 504. 3 + 502.3

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

В.И. Киселёв, О.Ю. Наговицына, Н.В. Котова

Рассматриваются функции системы экологического мониторинга атмосферного воздуха большого промышленного города, сформулированы математические задачи, решение которых обеспечивает выполнение этих функций. Дан обзор методов решения некоторых из этих задач, намечены методические подходы к решению других.

Ключевые слова: система экологического мониторинга, контроль источников загрязнения, поле концентрации примеси.

Система экологического мониторинга предназначена в конечном итоге для регулирования качества атмосферного воздуха и в системе управления этим качеством служит как измерительным звеном, так и анализирующим, призванным вырабатывать информацию и проекты управленческих решений для лиц, принимающих решения.

Как измерительное звено СЭМ должна решать следующие задачи: представлять информацию об уровне загрязнения атмосферного воздуха в городе; представлять информацию о тенденциях развития уровня загрязнения в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном плане.

Как анализирующее звено СЭМ должна решать следующие задачи: выявлять источники (причины) повышенного загрязнения воздуха как природного, так и антропогенного характера; вырабатывать проекты управляющих решений (воздействий).

Таким образом, СЭМ, как и обычная информационно-аналитическая система, включает: измерительный блок, включающий средства измерения концентрации ВВ в атмосферном воздухе (стационарные датчики АПК, посты гидромета (ручной отбор проб и лабораторный анализ), мобильные (передвижные) датчики) и средства измерения соответствующих метеопараметров, в том числе и параметров верхней атмосферы; информационный блок, включающий базы данных измерений, источников загрязнения и населения с системой географической привязки данных к электронной карте города; блок анализа и математического моделирования, включающий блок построения и анализа полей загрязнения, блок алгоритмов определения виновника (причин) повышенного загрязнения, блок алгоритмов прогноза развития ситуации, блок планирования мероприятий при ЧС и блок

формирования проектов управленческих решений; блок принятия решений, включающий мобильные средства контроля ОС, мобильные средства контроля источников загрязнения и правовую базу знаний.

Все названные блоки тесно связаны между собой единством решаемой задачи, и при проектировании математического обеспечения каждого из блоков необходимо учитывать интересы (требования) остальных блоков. Рассмотрим лишь некоторые математические задачи, возникающие при проектировании СЭМ, и методы их решения. Начнём с измерительного блока. Кроме вопроса соответствующего метрологического обеспечения системы, который будем считать решённым, важнейшим является вопрос её рациональной пространственной конфигурации. Это связано с ограниченностью количества АПК из-за относительной дороговизны аппаратуры и большой контролируемой площади. **Итак, первая математическая задача, которая встаёт при создании СЭМ, – формирование рациональной (оптимальной) пространственной конфигурации системы как измерительного звена.**

При создании системы первым встаёт вопрос – где, в каких точках проводить измерения, чтобы получить достоверную картину загрязнения? Существует ряд принципов (способов) формирования пространственной конфигурации сети (ПКС). Среди них – зональный, который предполагает измерение поля (установку АПК) в характерных зонах города – жилой, зелёной, промышленной и т.д. По этому принципу построены, например, СЭМ г. Москвы, ряда городов США [1]. По принципу один пост контроля на 100000 населения рекомендует формировать СЭМ руководящий документ РД-92 [2]. Известна методика [3], рекомендующая расставлять посты таким образом, чтобы дисперсия ошибки восстановленного поля концентрации была минимальна. И, наконец, известна методика построения системы, ориентированной на контроль источников загрязнения (труб) [4]. Последняя методика требует слишком большого количества постов контроля. Все названные методики ориентированы на решение одной из задач, стоящих перед СЭМ, – восстановление поля концентрации или контроль источников загрязнения. В [5] предложена методика, основанная на формировании системы по принципу, когда пост устанавливается в месте достижения совокупности максимумов обобщённых функционалов вида:

$$F = Cmax*P,$$

где Cmax – расчётное значение максимальной разовой концентрации, P – плотность населения в точке. Методика предполагает использование методов НЛП и использование для расчёта концентрации математической модели распространения примеси в атмосфере воздуха при различных условиях. При таком подходе исключается установка постов в зонах высокой концентрации примеси, но с малой плотностью населения, а также в зонах с высокой плотностью населения, но с малым уровнем концентрации при-

меси. Таким образом, СЭМ в этом случае ориентирована на контроль загрязнения воздуха в селитебной зоне. Кроме этого, достижение максимума обобщённого функционала в какой-то точке означает, что достаточно плотно заселённая жилая зона находится под достаточно мощным воздействием источников загрязнения атмосферы. Это создаёт предпосылки для успешного выявления источников, формирующих загрязнение (поле концентрации) в этой зоне. Таким образом, предлагаемый подход позволяет создать систему, ориентированную как на контроль загрязнения атмосферного воздуха в селитебной зоне, так и на контроль источников загрязнения. Кроме этого, такое построение системы создаёт *хорошие* предпосылки для решения задачи восстановления фактического поля концентрации. **Итак, вторая математическая задача, возникающая при разработке СЭМ как аналитического звена, – задача восстановления (построения) фактического поля концентрации.**

Содержательно задача восстановления поля концентрации ставится следующим образом: требуется по данным измерений значений концентраций в ограниченном количестве точек построить (восстановить) поле загрязнения воздушного бассейна города, в том или ином смысле близкое к фактическому его состоянию. Трудность решения задачи обусловливается следующими обстоятельствами: площадь города, для которого решается задача восстановления поля концентрации, чрезвычайно велика и составляет, например, для г. Челябинска, 20*40 км^2; количество точек, в которых проводятся регулярные измерения концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе города, составляет 12–20 единиц (часть из этих постов контроля оснащены автоматическими газоанализаторами, что означает круглосуточное автоматическое измерение концентрации примеси в воздухе с интервалом в 20 минут, на других постах 4 раза в сутки производится отбор проб с последующим лабораторным анализом содержания примеси); распределение источников загрязнения атмосферы по территории города можно считать случайным (нерегулярным, либо распределённым по равномерному закону (двумерная случайная величина), либо с неизвестным законом распределения). С другой стороны, расположение (координаты) основных источников загрязнения и их мощности, разумеется, известны; источники, формирующие загрязнение, разнородны и представляют собой либо точечный источник (заводские и фабричные трубы различных высот (от 10 до 150 м)), либо линейный источник (автомагистрали с различной интенсивностью движения автотранспорта), либо площадной источник (свалки, хранилища различного рода веществ, выделяющих вредные примеси в атмосферу города, разливы веществ по поверхности земли, например при авариях или в случае техногенных или природных катастроф); распространение вредных примесей в атмосфере описывается для различных источников выбросов и условий распространения различными математическими моделями, точность которых, как правило, весьма приблизительна.

Перечисленные факторы затрудняют решение задачи построения поля концентрации.

С другой стороны, существует ряд положительных факторов, использование которых возможно при разработке алгоритмов построения поля концентрации. Среди таковых следующие: из физической сущности поля концентрации можно предположить, что концентрация примеси как математическая функция является как угодно гладкой функцией; также из физических соображений практически всегда можно указать границы области построения поля концентрации (границы города), где концентрация равна нулю; из имеющихся данных, а также по мере накопления данных в ходе эксплуатации системы, можно выявить т.н. «зелёные» зоны, в которых концентрация вредных примесей близка к нулю; при наличии в черте города предприятий – загрязнителей атмосферного воздуха города в качестве внутренних границ можно использовать границы их санитарно-защитных зон, на которых, как известно, расчётная концентрация равна 1ПДК; из физических соображений, это известно также и из экспериментальных данных, следует, что атмосферный воздух, содержащий вредные примеси, как более тяжёлый имеет свойство прижиматься к земле; вследствие этого более «грязный» воздух как более тяжёлый имеет свойство стекаться в пониженные места рельефа города; из предыдущего пункта следует необходимость (и возможность) учёта рельефа местности при построении поля концентрации; при построении поля концентрации возможно применение различных математических моделей распространения примесей в атмосфере города с условием её непротиворечивости экспериментальным данным.

При этих условиях задача восстановления поля концентрации примеси в атмосферном воздухе города по данным его измерений в ограниченном количестве точек ставится следующим образом.

Математическая постановка задачи восстановления поля концентрации вредной примеси в атмосферном воздухе промышленного города

Пусть на плоскости переменных (x,y) задана замкнутая ограниченная область G. На области G задана неизвестная функция концентрации примеси f(x,y), обладающая следующими свойствами: f(x,y) – непрерывная вместе со своими производными необходимого порядка функция по обеим переменным во всей области G; $f(x,y) \geq 0$ для любой точки (x,y), принадлежащей области G; f(x,y) = 0 для любой точки (x,y), принадлежащей внешней границе области G; внутри области G заданы области G_{min}, такие, что f(x,y) = 0 внутри и на границе этих областей; внутри области G заданы области G_{max}, такие, что f(x,y) =1 ПДК на границе этих областей, а внутри этих областей значения $f(x,y) \geq 1$ПДК; на области G задана своими линиями уровня известная функция R(x,y) (в нашем случае это функция рельефа

местности), значения которой коррелируют со значениями функции f(x,y); известны значения функции в ограниченном количестве точек, координаты которых заданы.

Требуется по известным в заданных областях и точках значениям функции и её свойствам, перечисленным выше, восстановить (построить) функцию (концентрации) на заданной области в виде линий уровня с регулярным по значению шагом, обладающую заданными свойствами.

Понятно, что при такой постановке задачи её решение скорее всего не единственно и поэтому любой алгоритм решения должен содержать оценку точности восстановления функции путём, например, математического моделирования.

При численном решении задачи (которое в данном случае представляется разумным из-за её сложности) решение естественно разбить на две задачи: задачу восстановления значений функции в узлах регулярной, или нерегулярной, сетки приемлемого шага; задачу построения линий уровня функции с заданным шагом по её значениям в узлах регулярной сетки.

Другой ключевой задачей СЭМ как аналитического звена является **задача определения источника (виновника) повышенного загрязнения по данным ограниченного числа измерений.** Возможные методы решения этой задачи рассмотрены в работах [6, 7].

Библиографический список

1. Проблемы экологии Москвы: Сеть назем. измерений / П. Бакка, И.П. Беляев, Б.А. Болодурин и др.; под ред. Е.И. Пупырева; Совмест. предприятие в обл. охраны окружающей среды «Прима», Моск. центр по гидрометеорологии и наблюдению природ. среды. – М.: Гидрометеоиздат: Моск. отделение, 1992. – 197 с.

2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: Руководящий документ. РД 52.04.186-89: [дата введения 01.07.1991] / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии, М-во здравоохранения СССР. – М.: Госкомгидромет СССР, 1991. – 693 с.

3. Артемов, В.М. Анализ состояния загрязнения снегового покрова для проектирования сети станций АНКОС-А. В кн.: Методические и системотехнические вопросы контроля загрязнения окружающей среды / В.М. Артемов, Д.П. Парцеф, Ю.Е. Сает и др. // Труды ИМПГ. – 1982. – Вып. 48. – С. 144–149.

4. Оптимизация пространственной структуры сети наблюдений при контроле загрязнения атмосферы города / А.Н. Ясенский и др. // Труды Главной Геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

5. Способ формирования сети наблюдений для контроля загрязнения атмосферы города: патент 2102782 Российская Федерация: МПК 6G 01W 1/00 A / В.С. Земсков, В.И. Киселев, В.П. Колодий, С.М. Эфендиев; заявитель и патентообладатель Государственный ракетный центр им. акад. В.П. Макеева. – № 94004144/28; опубл. 20.01.1998.

6. Способ контроля за выбросами загрязняющих веществ источниками загрязнения атмосферы: патент 2161321 Российская Федерация: МПК: 7G 01W

1/00 A / В.И. Киселев, В.П. Колодий; заявитель и патентообладатель Государственный ракетный центр «КБ им. акад. В.П. Макеева». – № 98114132/28; заявл. 14.07.1988; опубл. 27.12.2000.

7. Способ контроля за режимом работы источников загрязнения воздуха в период неблагоприятных метеорологических условий: патент 2244327: МПК: 7G 01W 1/00 A / В.И. Киселев, В.П. Колодий; заявитель и патентообладатель Государственный ракетный центр «КБ им. акад. В.П. Макеева». – № 2001126583/28; заявл. 1.10.2001; опубл. 10.01.2005.

К содержанию

УДК 539.4.012 + 629.76

МЕТОДЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ, УСКОРЕНИЙ, ВЫДЕЛЕНИЯ КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В РАСЧЕТАХ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В КОНСТРУКЦИЯХ РАКЕТ ПРИ ПОЛЕТЕ

Р.Р. Абдуллин, А.Г. Мухачев

Рассмотрено механическое нагружение конструкции ракеты при ее полете. Нагрузки охарактеризованы внутренними силовыми факторами в поперечных сечениях корпуса ракеты. Для расчета динамических нагрузок рассмотрено использование методов разделения переменных: метода перемещений, ускорений и выделения квазистатических составляющих. Проведен анализ сходимости рядов для силовых факторов при использовании различных методов. Уровень нагружения при снятии внешних сил оценивался механической энергией, содержащейся в конструкции и определяемой полем начальных перемещений.

Ключевые слова: внутренние силовые факторы, лагранжева система координат, дельта-функция Дирака, метод разделения переменных, формы собственных колебаний, спектр амплитуд колебаний, спектр энергий.

Основными внешними воздействующими факторами на конструкцию ракеты при полете являются:

1) внутреннее давление в топливных баках и отсеках ракеты;
2) силы тяжести;
3) силы тяги двигателей ракеты;
4) аэродинамические силы.

Распределенные по длине нагрузки на стержневую конструкцию корпуса РКН складываются из внешних продольных $f_{\Sigma x}(x,t)$ и поперечных

$f_{\Sigma y}(x,t)$ сил, а также инерционных сил, определяемых продольными $\ddot{u}_x(x,t)$ и поперечными $\ddot{u}_y(x,t)$ ускорениями и соответствующими распределениями масс ($\mu_x(x)$, $\mu_y(x)$).

Для определения внутренних силовых факторов: продольных N и поперечных Q сил и изгибающих моментов M в поперечных сечениях корпуса – по правилам «сопромата» проводим интегрирование по длине в связанной с недеформированным корпусом (лагранжевой) системе координат с началом в вершине обтекателя и получаем:

$$N(x,t)=\int_0^x\left[f_{\Sigma x}(\xi,t)-\mu_x(\xi)\cdot\ddot{u}_x(\xi,t)\right]d\xi; \quad (1)$$

$$Q(x,t)=\int_0^x\left[f_{\Sigma y}(\xi,t)-\mu_y(\xi)\cdot\ddot{u}_y(\xi,t)\right]d\xi; \quad (2)$$

$$M(x,t)=\int_0^x\left[f_{\Sigma y}(\xi,t)-\mu_y(\xi)\cdot\ddot{u}_y(\xi,t)\right](x-\xi)d\xi. \quad (3)$$

Для представления сосредоточенных сил и инерционных элементов в виде распределенных по длине масс и нагрузок в (1, 2, 3) используют дельта-функции Дирака.

Для определения ускорений используют так называемую скоростную систему координат, связанную с траекторией движения ракеты.

На начальных этапах проектирования считая внешние воздействующие факторы медленно изменяющимися, (с временами изменения значительно превышающими периоды упругих колебаний) определяют квазистатические нагрузки, используемые для оперативных оценок нагруженности и прочности. При этом в формулах (1–3) все силы считаются постоянными, а соответствующие им постоянные ускорения (продольное и поперечное) характеризуют как движение твердого тела. Отметим также, что силы тяжести дают вклад и во внешние силы, и в силы инерции Даламбера (противоположного знака), поэтому в формулах (1)–(3) могут и совсем не учитываться.

Для расчета динамических нагрузок, учитывающих упругие колебания конструкции, может быть использован метод разделения переменных (разложения по формам собственных колебаний $\varphi_k(x)$).

Поскольку функции $\varphi_k(x)$ образуют полную замкнутую систему (ортогональный базис), то любое решение может быть записано в виде разложения по формам колебаний:

$$u(x,t)=\sum_k \varphi_k(x)\cdot q_k(t), \quad (4)$$

где $q_k(t)$ – обобщенные координаты.

Отличительной особенностью этого метода для свободных (не закрепленных конструкций) является учет наряду с формами упругих продоль-

ных и поперечных колебаний, форм движения как твердого тела с нулевыми частотами. Число этих форм равно числу степеней свободы твердого тела (в общем случае шести). В случае плоского движения их число равно 3, в случае поперечно-углового движения равно 2, в случае продольного движения равно 1.

С учетом ортогональности форм колебаний получаем независимые уравнения для обобщенных координат:

$$\ddot{q}_k + 2\xi_k\omega_k\dot{q}_k + \omega_k^2 q = \frac{p_k(t)}{m_k}, \tag{5}$$

где $p_k(t) = \int_0^l [f_\Sigma(x,t)\cdot\varphi_k(x)]\,dx$ – приведенная сила для k-го тона колебаний;

m_k, ω_k, ξ_k – приведенная масса, круговая частота и коэффициент относительного демпфирования (по отношению к критическому) для k-го тона колебаний.

С использованием полученных из решения (5) ускорений конструкция нагружается внешними и инерционными силами и по формулам (1)–(3) вычисляются внутренние силовые факторы. Этот метод расчета силовых факторов называют методом ускорений. Он более предпочтителен в случаях воздействия изменяющихся внешних сил (включение и выключение двигателей, пульсация их тяги, действие порывов ветра и т.п.).

Распределение перемещений в линейной механической системе (конструкции) полностью определяет ее напряженно-деформированное состояние, поэтому формам собственных колебаний для перемещений соответствуют формы колебаний для усилий и моментов:

$$\varphi_{Nk}(x) = ES\frac{\partial\varphi_{xk}}{\partial x}; \tag{6}$$

$$\varphi_{Qk}(x) = EI\frac{\partial^3\varphi_{yk}}{\partial x^3}; \tag{7}$$

$$\varphi_{Mk}(x) = EI\frac{\partial^2\varphi_{yk}}{\partial x^2}. \tag{8}$$

Отметим, что формам движения твердого тела соответствуют «нулевые» формы для усилий и моментов. Внутренние силовые факторы по методу Фурье с использованием форм колебаний (6–8) могут вычисляться как:

$$N(x,t) = \sum_k \varphi_{Nk}(x)\cdot q_k(t); \tag{9}$$

$$Q(x,t) = \sum_k \varphi_{Qk}(x)\cdot q_k(t); \tag{10}$$

$$M(x,t) = \sum_k \varphi_{Mk}(x) \cdot q_k(t). \qquad (11)$$

Метод расчета силовых факторов с использованием формул (9)–(11) называется методом перемещений. Этот метод особенно удобен для использования и дает хорошие результаты, когда определяющую роль в нагружении играют не внешние силы, а начальные данные. Такие ситуации возникают при снятии статических сил с предварительно нагруженных конструкций [1] (задается поле начальных перемещений) или при импульсном нагружении (задается поле начальных скоростей) [1, 2].

Для определения начальных данных для обобщенных координат записываем начальные условия в виде разложения (4):

$$u_0(x) = \sum_k \varphi_k(x) \cdot q_{k0}. \qquad (12)$$

С учетом ортогональности форм колебаний из (12) получаем начальные условия для обобщенных координат:

$$q_{k0} = \left[\int_0^l \mu(x)\, u_0(x)\, \varphi_k(x)\, dx \right] / m_k. \qquad (13)$$

При отсутствии внешних сил из уравнения (5) следует:

$$q_k = q_{k0} e^{-\xi_k \omega_k t} \cos(\omega_k t). \qquad (14)$$

Поскольку при отсутствии внешних сил переходный процесс в механической системе (конструкции) представляет собой свободные затухающие колебания, то общий уровень ее нагружения естественно охарактеризовать величиной начальной энергии системы. Тогда достоверность расчетных моделей с сокращенным числом учитываемых тонов колебаний можем оценивать исходя из того, насколько полно учтена в них энергия, содержащаяся в полной модели. Причем оценку полной энергии и ее распределения по отдельным формам движения (по тонам собственных колебаний) можем проводить по начальным условиям до расчета переходного процесса во времени. Полная начальная энергия системы U_0 представляется в виде суммы энергий всех тонов колебаний:

$$U_0 = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{1}{2} m_i \omega_i^2 q_{i0}^2 \right). \qquad (15)$$

Проводимый до начала численного расчета переходного процесса анализ распределения энергии по тонам собственных колебаний (энергетического спектра) позволяет определить частотный спектр реакции конструкции и резко сократить число учитываемых тонов колебаний, оставив заключающие в себе основную часть энергии. Для выявления качественного характера нагружения и тестирования прикладных программ [3] проведем аналитические расчетные оценки с начальными условиями по однородной

стержневой модели длиной l с изгибной жесткостью EI, жесткостью на сжатие ES и распределенной массой μ, включающей в себя массу корпуса, топлива и оборудования.

В качестве первого примера рассмотрим поперечное нагружение РН при запуске с открытой стартовой позиции в условиях ветрового воздействия, задаваемого постоянной по длине погонной ветровой нагрузкой f. В этом случае переходный процесс обусловлен изгибом корпуса на момент разрыва связи с пусковым столом. Потенциальная энергия корпуса U_0 будет определяться энергией деформаций изгиба:

$$U_0 = \int_0^l \frac{[M_0(x)]^2}{2EI} dx = \frac{f^2 l^5}{40EI}; \qquad (16)$$

Круговые частоты и формы изгибных колебаний для i-го тона [4]:

$$\omega_i = a_i^2 \sqrt{\frac{EI}{\mu}}, \quad a_i \approx (i+1/2)\pi/l, \qquad (17)$$

$$\varphi_{yi}(x) = [\cos(a_i x) + ch(a_i x)] + \frac{ch(a_i l)}{(-1)^i - sh(a_i l)}[\sin a_i x + sh a_i x]. \qquad (18)$$

Частоты изгибных колебаний $\overline{\omega}_i$, амплитуды изгибающих моментов $\overline{M}_{i\,max}$ и энергии $\overline{U}_i$ для первых десяти тонов колебаний, приведённые к безразмерному виду, сведены в табл. 1.

$$\overline{\omega}_i = \omega_i \Big/ \left(\frac{9\pi^2}{4 \cdot l^2} \sqrt{\frac{EI}{\mu}} \right); \; \overline{M}_{i\,max} = M_{i\,max} / M_{0\,max}; \qquad \overline{U}_i = U_i / U_0. \qquad (19)$$

Таблица 1

Спектры энергий и амплитуд изгибающих моментов

№ тона изгибных колебаний	$\overline{\omega}_i$	$\overline{M}_{i\,max}$	$\overline{U}_i$
1	1,00	0,3588	0,2868
2	2,78	0,2849	0,1804
3	5,44	0,2232	0,1108
4	9,00	0,1822	0,0736
5	13,4	0,1536	0,0524
6	18,8	0,1326	0,0392
7	25,0	0,1166	0,0300
8	32,1	0,1040	0,0240
9	40,1	0,0938	0,0196
10	49,0	0,0854	0,0164

Результаты расчета максимальных изгибающих моментов с учетом десяти тонов упругих колебаний приведены на рис. 1.

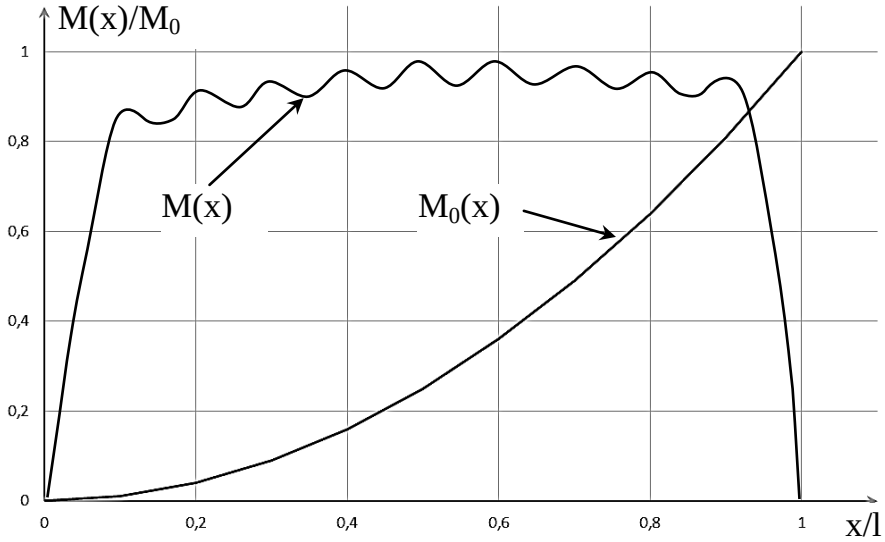


Рис. 1. Распределение по длине ракеты максимальных изгибающих моментов

В качестве примера продольного нагружения с начальными условиями рассмотрим отключение маршевого двигателя ракеты с силой тяги P.

Потенциальная энергия корпуса U_0 будет определяться энергией деформаций сжатия:

$$U_0 = \int_0^l \frac{[N_0(x)]^2}{2ES}\,dx = \frac{P^2 l}{6ES}. \qquad (20)$$

Круговые частоты и формы продольных колебаний для i-го тона [4]:

$$\omega_i = \frac{i\pi}{l}\sqrt{\frac{ES}{\mu}}, \quad \varphi_{xi} = \cos\frac{i\pi x}{l}. \qquad (21)$$

Частоты продольных колебаний $\overline{\omega}_i$, амплитуды продольных сил $\overline{N}_{imax}$ энергии $\overline{U}_i$ для первых десяти тонов колебаний, приведённые к безразмерному виду, сведены в табл. 2.

$$\overline{\omega}_i = \omega_i \Big/ \left(\frac{\pi}{l}\sqrt{\frac{ES}{\mu}}\right); \qquad \overline{N}_{imax} = N_{imax}/P; \qquad \overline{U}_i = U_i/U_0. \qquad (22)$$

Результаты расчета максимальных растягивающих и сжимающих продольных сил с учетом десяти тонов упругих колебаний приведены на рис. 2.

Таблица 2

Спектры энергий и амплитуд продольных сил

№ тона продольных колебаний	$\overline{\omega}_i$	$\overline{N}_{i\max}$	$\overline{U}_i$
1	1	0,6366	0,6079
2	2	0,3183	0,1520
3	3	0,2122	0,0675
4	4	0,1592	0,0380
5	5	0,1273	0,0243
6	6	0,1061	0,0169
7	7	0,0909	0,0124
8	8	0,0796	0,0095
9	9	0,0707	0,0075
10	10	0,0637	0,0061

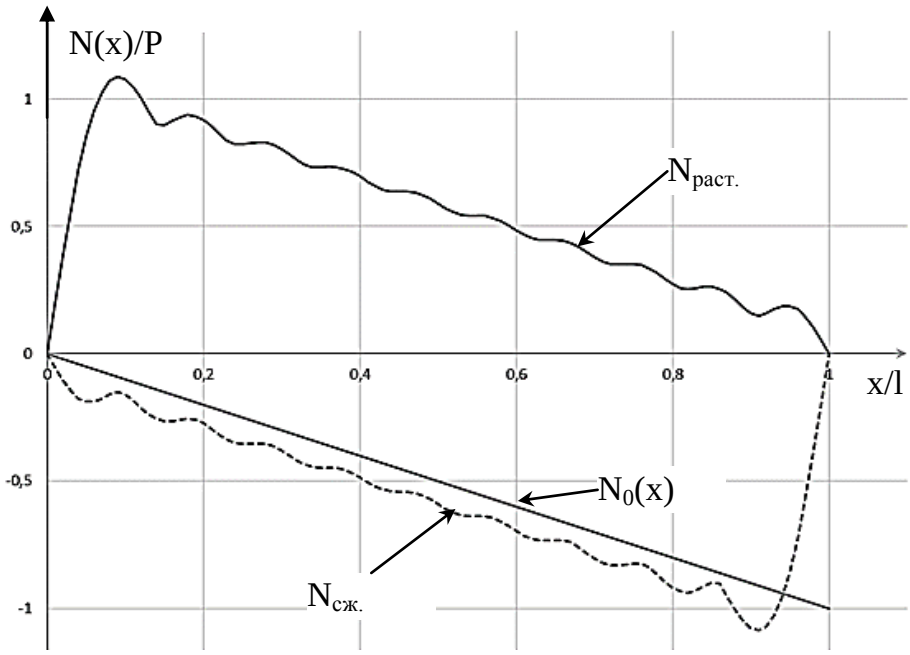


Рис. 2. Распределение по длине ракеты максимальных растягивающих и сжимающих продольных сил при отключении маршевого двигателя

В отличие от ряда амплитуд силовых факторов сходимость ряда энергий (табл. 1 и 2) позволяет выбрать адекватную модель сокращенной размерности. Поскольку энергии согласно (16) и (22) пропорциональны квадратам силовых факторов, то при относительной погрешности α их расчета доля учтенной в расчете энергии составит $U_{расч}/U_0 \approx (1-\alpha)^2 \approx 1-2\alpha$. Та-

ким образом, для определения силовых факторов с погрешностью $\alpha \le 0{,}1$ необходим учет не менее 81 % полной энергии системы. Численные расчеты, проведенные с использованием пакета программ [3], полностью совпадают с аналитическими оценками и показывают, что для получения достоверных результатов необходим учет всех 10 тонов колебаний, представленных в табл. 1 и 2, содержащих в себе 83,3 % и 94,2 % полной энергии соответственно. Отметим широкий частотный спектр реакций и высокий, по сравнению со статическим, уровень нагружения верхней части конструкции ракеты.

Сравнивая два метода расчета внутренних силовых факторов, отметим: при условии существования точного решения для перемещений и ускорений конструкции оба метода дают одинаковые результаты, однако характер сходимости рядов при расчете внутренних силовых факторов различен. В случаях отсутствия внешних сил, в силу взаимно однозначного соответствия форм упругих колебаний для перемещений и силовых факторов, характер сходимости рядов одинаков.

В случаях воздействия внешних сил метод ускорений сходится быстрее метода перемещений. Это может быть объяснено следующим образом: формы колебаний для силовых факторов (6–8), соответствующие движению как твердого тела, обнуляются и вклада в ряды (9–11) не дают. Их вклад приходится как бы «наверстывать» за счет дополнительных тонов упругих колебаний.

Значительное улучшение сходимости может достигаться выделением из решения форм деформирования, соответствующих статическому нагружению с тем же пространственным распределением внешней нагрузки (метод выделения квазистатической составляющей). В качестве примера на рис. 2 представлено распределение сжимающей продольной силы от постоянной тяги P. Эта форма квазистатического нагружения является основной и при изменяющейся по времени силе тяги.

Библиографический список

1 Мухачев, А.Г. Использование энергетических спектров в исследованиях переходных процессов / А.Г. Мухачев, Г.А Бушман // Наука и технологии. Т. 1. Труды XXIV Российской школы. – М.: РАН, 2004. – С. 259–264.

2 Мухачев, А.Г. Об эквивалентности импульсных воздействий для линейных механических систем / А.Г. Мухачев // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – 3.1(33). – С. 184–187.

3 Шимкович, Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows / Д.Г. Шимкович. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 448 с.

4 Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.

К содержанию

УДК 621.311.1.031(470.55) + 621.33

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ТРОЛЛЕЙБУСНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ МИАССКОГО ДЕПО С ПОМОЩЬЮ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Н.И. Смоленцев, Л.М. Четошникова, А.М. Казанцев

В работе проанализированы вопросы, связанные с применением различных накопителей энергии в системе тягового электроснабжения электротранспорта, в частности, троллейбусного в г. Миассе. Делается вывод о перспективности применения сверхпроводящего электрокинетического накопителя энергии (СПЭНЭ-1), разработанного в рамках проведения НИР по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0069 от 05.06.2014 г. (RFMEFI57714X0069), заказчик – Министерство образования и науки Российской Федерации. Предложены схема управления накопителем энергии в тяговой сети и его место установки в системе тягового электроснабжения (СТЭ).

Ключевые слова: накопитель энергии, электротранспорт, высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП), троллейбус.

Троллейбусное движение в Миассе открыто 1 ноября 1984, а регулярное движение началось с 1 февраля 1985 года. Троллейбусное движение в г. Миассе получило развитие по инициативе академика В.П. Макеева Протяжённость троллейбусных линий составляет около 25 км. Троллейбус связывает центральную часть города с Машгородком и поселком Строителей. С 1991 по 2001 гг. (10 лет) проезд в троллейбусе, как и в остальном городском общественном транспорте Миасса, был бесплатным, что вызвало его популярность среди горожан.

На сегодняшний день с повышением тарифов на электроэнергию и удорожание проезда эффективность троллейбуса в Миассе начала падать, что привело к уменьшению числа пассажиров и, соответственно, к финансовым проблемам. Учитывая популярность данного вида транспортного средства, изыскиваются пути решения этих проблем.

Одним из вариантов решения этой проблемы является возможность повышения экономической эффективности данного вида транспорта путём применения устройств накопления и рекуперации электрической энергии.

Известен ряд работ, в которых рассматриваются отдельные аспекты проблемы повышения энергосбережения и энергоэффективности электротранспорта путём рекуперации и накопления электрической энергии [1–6].

В работе [1] предлагается в системах тягового электроснабжения электротранспорта использовать инерционные накопители энергии (ИНЭ). На основе анализа накопителей энергии делается вывод о том, что только

ИНЭ обладает рядом важных качеств, позволяющих использовать его для работы в составе СТЭ. Среди прочих важных качеств особо подчёркиваются значительный запас энергии, способность её хранения как угодно долго, отсутствие дорогостоящего обслуживания, относительно небольшие габариты.

В работе [2] предлагается в качестве системы накопления электрической энергии в СТЭ использовать ёмкостные накопители энергии с одновременной стабилизацией напряжения в сети и её разгрузкой с помощью автономного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН с ШИМ).

В работе [3] анализируются перспективные места установки накопителя энергии в железнодорожном транспорте. Делается вывод о возможности установления накопителей энергии на стационарных объектах и на электроподвижном составе, однако с экономической точки зрения целесообразнее их установка в системе тягового электроснабжения.

В работе [4] представлены результаты моделирования накопителя энергии в СТЭ метрополитена в г. Новосибирске. Из результатов моделирования в среде Matlab установлено, что ёмкостный накопитель энергии снижает нагрузку на тяговую станцию и оптимальное место размещения накопителя энергии – тяговая станция.

В работе [5] утверждается, что наибольший круг проблем СТЭ можно решить с помощью сверхпроводящих индуктивных накопителей энергии (СПИНов). При средней плотности тока в сверхпроводниковой катушке СПИНа 1000А/мм^2, магнитной индукции около 5 Тл, температуре криостат около 4,2 К можно достичь энергоёмкости 350 кВт·ч при КПД, равном 0,91.

В работе [6] рассмотрены вопросы разработки методики выбора параметров накопителя энергии для оптимизации системы электроснабжения предприятия по экономическим параметрам на примере предприятия ТРК «Слон». Сделан вывод о том, что накопитель энергии позволяет повысить энергосбережение и энергоэффективность не менее чем на 10 %, тем самым уменьшить издержки предприятия.

Анализ результатов проанализированных работ позволяет сделать вывод о перспективности применения технологий накопления электрической энергии с целью повышения энергоэффективности и энергосбережения электротранспорта. Размещение накопителя энергии возможно на стационарном пункте, например на тяговой подстанции или непосредственно на электротранспорте. Однако для более эффективной работы накопителя энергии необходим рекуператор электрической энергии, позволяющий механическую энергию инерции электротранспорта преобразовывать в электрическую энергию, а затем с помощью накопителя энергии снова преобразовывать в механическую энергию электротранспорта.

Однако, что касается типа накопителя энергии, то нами предлагается сверхпроводящий электрокинетический накопитель энергии СПЭН-1, разработанный в рамках проведения НИР по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0069 от 05.06.2014 г. (RFMEFI57714X0069), заказчик – Министерство образования и науки Российской Федерации [7].

На рис. 1 приведён внешний вид накопителя энергии СПЭНЭ-1, а на рис. 2, приведена схема, поясняющая принцип его работы [8].

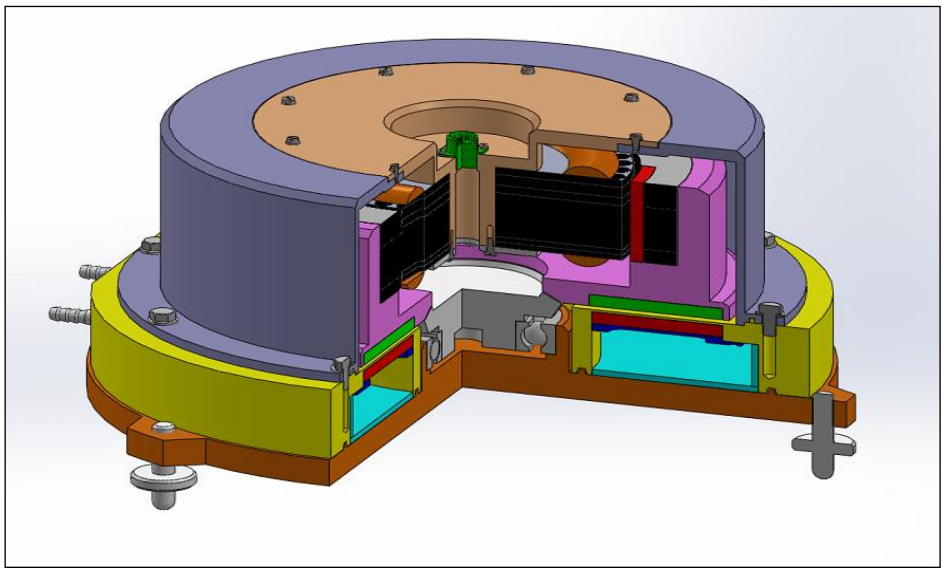


Рис. 1. Внешний вид накопителя энергии СПЭНЭ-1

Принцип работы накопительного устройства на ВТСП основан на эффекте выталкивания магнитного поля из объёма сверхпроводника, что эквивалентно диамагнитному «зеркальному» экрану. Это позволяет создать бесконтактный самоцентрирующийся подвес маховика – кинетического накопителя энергии.

В отличие от управляемого магнитного подвеса данный тип подвеса не содержит активных систем регулирования бесконтактного подвеса, в частности, следящих систем и регуляторов величины напряжённости магнитного поля, характеризуется большой подъёмной силой подвеса, саморегулированием в осевом направлении подвеса и направлении, перпендикулярном оси подвеса. Кроме того, сверхпроводящий бесконтактный подвес имеет хорошие демпфирующие свойства. Схема, поясняющая устройство СПЭНЭ-1, приведена на рис. 2.

Накопитель энергии предназначен для работы в составе локальной электрической сети (ЛЭС), содержащей источники энергии, и служит для хранения и рекуперации электрической энергии. Накопитель энергии состоит из обращённой синхронной электрической машины 1 и криостата 6, заполненного жидким азотом.

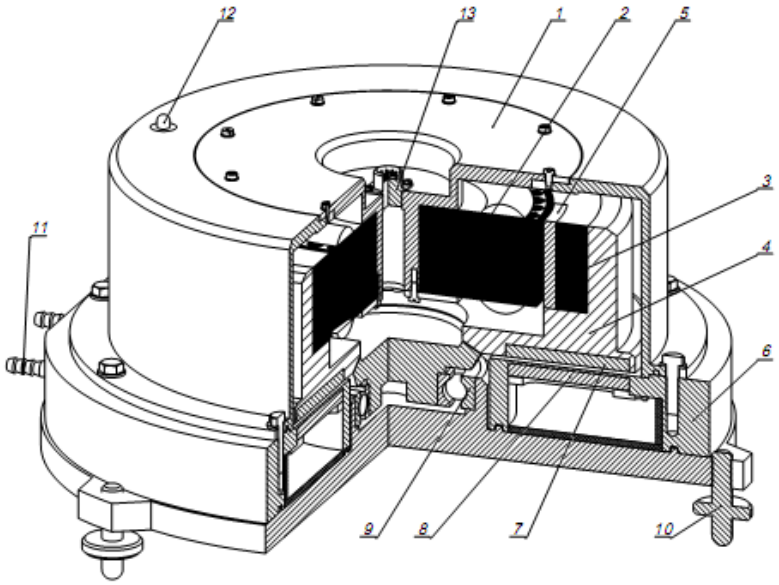


Рис. 2. Сверхпроводящий электрокинетический накопитель энергии (СПЭНЭ-1):
1 – синхронная электрическая машина, 2 – статор, 3 – магнитопровод статора,
4 – ротор-маховик, 5 – магниты возбуждения, 6 – криостат, 7 – опорные магниты
подвеса, 8 – сверхпроводящие пластины, 9 – подшипник, 10 – опоры,
11 – штуцер системы охлаждения жидким азотом, 12 – ниппель, 13 – разъем

Статор синхронной машины 2 содержит магнитопровод с трёхфазной обмоткой 3, ротор-маховик 4 с постоянными магнитами возбуждения 5 и опорными постоянными магнитами 7. На сопряжённой поверхности криостата расположены сверхпроводящие пластины 8, охлаждаемые жидким азотом, заливаемым через штуцер 11.

В исходном положении ротор-маховик центрируется с помощью опорного подшипника 9. Внутренняя полость синхронного двигателя вакуумируется с помощью ниппеля 12. Герметичный разъем 13 соединяет трехфазную обмотку статора синхронной машины с блоком управления режимами работы. Для нивелирования накопителя энергии по горизонту служат регулируемые опоры 10.

Накопитель энергии работает следующим образом. При охлаждении сверхпроводящих пластин до температуры жидкого азота возникает эффект Мейснера, в результате которого осуществляется бесконтактный подвес ротора-маховика.

При подключении накопителя энергии к источнику трёхфазного питания, начинается разгон ротора-маховика до номинальной частоты вращения, после чего накопитель энергии отключается от источника питания, а ротор-маховик вращается по инерции, сохраняя накопленную энергию. Бесконтактный подвес и вакуум обеспечивают длительное сохранение энергии. При переключении обмоток статора на нагрузку накопитель энергии работает в режиме генерации электрической энергии, обеспечивая ее питание.

Такая конструкция инерционного накопителя обеспечивает высокий коэффициент полезного действия, управляемость режимами работы, высокие удельные значения энергоёмкости и мощности. Такие технические характеристики в сочетание с невысокой стоимость смогут обеспечить его широкое применением в СТЭ. Некоторые расчётные технические характеристики накопителя энергии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики накопителя энергии СПЭНЭ-1

Запасённая энергия, МДж	7–10
Время накопления, мин	5–7
Время отдачи, мин	7–10
Коэффициент полезного действия, %	96–98
Удельная энергоёмкость, МДж/кг	10^2–10^3

Схема подключения накопителя энергии к контактной сети троллейбуса приведена на рис. 3, а на рис. 4 приведена блок-схема, поясняющая процесс управления накопителем энергии.

Для эффективной работы СПЭНЭ-1 в составе СТЭ необходим непрерывный контроль напряжения с помощью датчика напряжения 1. С целью повышения достоверности измерения изменений напряжения в контактной сети предпочтителен датчик без гальванической связи с контактной сетью. Характерные изменения напряжения в контактной сети приведены на рис. 5.

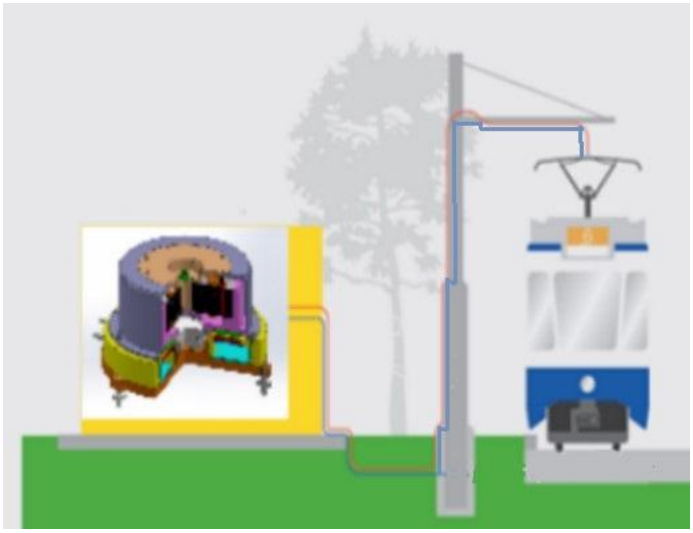


Рис. 3. Схема стационарного подключения СПЭНЭ-1
к троллейбусной сети

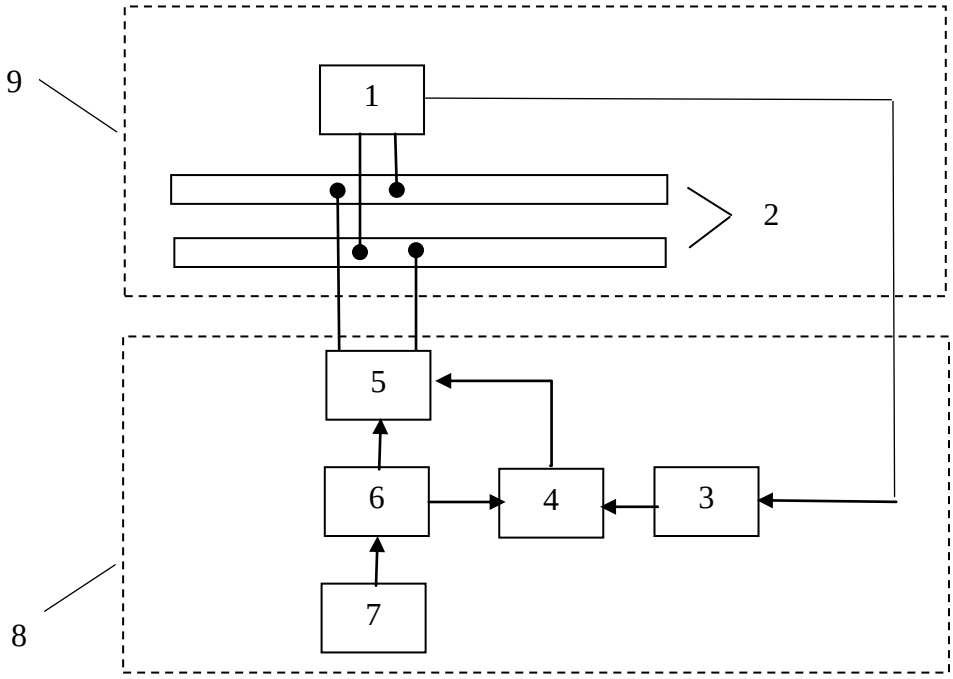


Рис. 4. Блок-схема управления работой накопителя энергии в СТЭ троллейбуса
1 – датчик напряжения контактной сети троллейбуса; 2 – контактная сеть;
3 – блок управления накопителем энергии; 4 – накопитель энергии СПЭНЭ-1;
5 – выпрямитель напряжения; 6 – силовой трансформатор 10/0,66 кВ;
7 – источник питания 10 кВ, 8 – СТЭ; 9 – контактная сеть

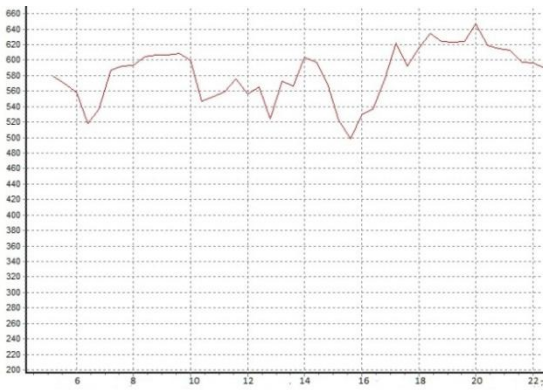


Рис. 5. График изменения напряжения
в контактной сети троллейбуса

По информации с датчика напряжения формируются следующие четыре режима работы СПЭНЭ-1, которые отражены в табл. 2 [1].

При отклонении напряжения СТЭ ниже номинального значения включается в работу СПЭНЭ-1 и механическая энергия ротора-маховика преобразуется в электрическую энергию, которая поступает в СТЭ (режим № 1) через выпрямитель 5. В случае рекуперации энергии подвижного состава (ЭПС) напряжение в СТЭ начинает возрастать и по сигналу датчика напряжения микропроцессорное логическое устройство даст команду на

включение СПЭНЭ-1 в режиме накопления энергии (режим № 2). Электрическая энергия накопителя энергии поступает в контактную сеть через выпрямитель 5. Энергия СПЭНЭ-1 не пополняется до 100 % для того, чтобы иметь возможность всегда принять энергию рекуперации ЭПС, объем которой определяется либо расчётным путём, либо по статистическим показателям для конкретного участка СТЭ. Если напряжение СТЭ находится в пределе $(U_н + 5\ \%) \geq U_{тс} \geq (U_н - 5\ \%)$, то в дневное время СПЭНЭ-1 находится в режиме хранения энергии и не подключён к силовому трансформатору 6 (режим № 3).

В ночное время, когда тарифы на электроэнергию во внешней системе электроснабжения снижены, СПЭНЭ-1 пополняет запас энергии из источника питания СТЭ 7, если напряжение СТЭ больше величины $U_н - 5\ \%$ (режим № 4).

Таблица 2

Режимы работы накопителя энергии СПЭНЭ-1

Номер режима	Напряжение тяговой сети	Заполнение СПЭНЭ-1	Состояние СПЭНЭ-1
1	$U_{тс} < U_н - 5\ \%$	> 10 %	Отдача энергии из СПЭНЭ-1 в СТЭ
2	$U_{тс} > U_н + 5\ \%$	< 90 %	Накопление энергии из СТЭ от рекуператора троллейбуса
3	$U_н + 5\ \% \geq U_{тс} \geq U_н - 5\ \%$	от 10 % до 90 %	Режим хранения запасённой энергии
4	$U_{тс} > U_н - 5\ \%$	от 10 % до 90 %	Накопление энергии в ночное время

В случае рекуперативного торможения ЭПС электрическая энергия поступает в СТЭ и потребляется троллейбусами, находящимися с ним на одном участке тяговой сети и работающими в тяговом режиме. Напряжение тяговой сети в каждый момент времени будет определяться соотношением мощностей троллейбусов, работающих в двигательном режиме и в режиме рекуперации, а также режимом работы накопителя энергии.

Превышение мощности рекуперации может привести к аварийному превышению напряжения в тяговой сети, если трансформаторная подстанция (ТП) не оборудована инверторами для возврата энергии во внешнюю энергосистему или гасящими резисторами.

Роль СПЭНЭ-1 в режиме рекуперации ЭПС заключается в том, чтобы поглотить избыточную энергию троллейбусов и стабилизировать напряжение тяговой сети. Эта роль важна по следующим причинам:

– при колебаниях напряжения могут появиться изменения тока рекуперации. Этот ток определяется разностью суммарной ЭДС параллельно ра-

ботающих троллейбусных электродвигателей (ТЭД) и напряжения в тяговой сети. Сопротивление обмоток якорей ТЭД мало, поэтому даже небольшие резкие изменения разности ЭДС и напряжения тяговой сети вызовут броски тока ТЭД;

– при повышении напряжения в тяговой сети ток может поменять направление и вместо режима торможения ТЭД троллейбуса перейдёт в режим тяги. При понижении напряжения тяговой сети ток рекуперации резко увеличится, возрастёт тормозной момент и в троллейбусе могут возникнуть толчки.

С учётом всего вышесказанного, а также с учётом планового увеличения тарифов на электроэнергию и мощность, перспектив роста промышленного и коммерческого секторов, в том числе развития электротранспорта в г. Миассе, задача экономии электроэнергии на объектах с высоким уровнем энергопотребления, а также соблюдения баланса мощности, в особенности на объектах с резко переменным графиком нагрузки, становится важнейшей и экономически необходимой.

Накопители энергии позволят не только снизить затраты на электроэнергию, но также снизить затраты на техническое обслуживание подвижного состава за счёт выравнивания графика силовых нагрузок на электрооборудование.

Библиографический список

1. Петрушин, Д.А. Моделирование режимов работы системы тягового электроснабжения с инерционным накопителем энергии / Д.А. Петрушин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2010. – № 1. – С. 114–53.

2. Колб, А.А. Аккумулирование энергии рекуперации электрифицированного транспорта с помощью емкостных энергонакопителей / А.А. Колб // Наука ТА Прогрес. – 2010. – № 31. – С. 89–94.

3. Шатохин, А.П. Перспективные места установки накопителей электрической энергии на железнодорожном транспорте. Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяг поездов. Материалы второй Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Омский государственный университет путей сообщения. Издательство: Омский государственный университет путей сообщения (Омск) / А.П. Шатохин. – Омск, 2014. – С. 162–168.

4. Щуров, Н.И. Применение накопителей энергии в системах электрической тяги / Н.И. Щуров, К.В. Щеглов, А.А. Штанг // Сборник научных трудов НГТУ. – 2008. – № 1(51). – С. 99–104.

5. Шевлюгин, М.В. Энергоснабжение на железнодорожном транспорте с помощью сверхпроводниковых индуктивных накопителей энергии / М.В. Шевлюгин // Вопросы электроснабжения на железнодорожном транспорте. – 2008. – № 2. – С. 67–70.

6. Латочкин, И.В. Выбор параметров накопителя энергии и оптимизация системы электроснабжения предприятия / И.В.Латочкин, Н.И. Смоленцев // Ползуновский вестник. – 2016. – № 4(Т2). – С. 85–69.

7. Пат. 2601590 Российская Федерация, МПК7 H02K 7/02, H02K 7/09. Электромеханический сверхпроводящий накопитель энергии / Н.И. Смоленцев. – № 2015115350/07; Заявл. 23.04.2015; опубл. 10.11.2016. Бюл. № 31. – 10 с.

8. Смоленцев, Н.И. Разработка накопителя энергии на основе высокотемпературной сверхпроводимости и перспективы его применения в локальных электрических сетях / Н.И. Смоленцев, Л.М. Четошникова, Ю.Л. Бондарев // Ползуновский вестник. – 2015. – № 1. – С. 73–77.

К содержанию

УДК 007.52 + 004.896 + 004.8.032.26

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗОН БЕЗОПАСНОСТИ МАНИПУЛЯТОРА МР-48

А.М. Казанцев, М.В. Носиков

В статье описаны состав и структура системы управления промышленным робототехническим комплексом, предназначенным для работы в герметичных камерах в условиях сильных радиационных излучений. В связи с превышением рабочей зоны манипулятора робототехнического комплекса над рабочим пространством герметичной камеры и необходимостью остановки или уменьшения скорости движения при достижении зон ограничения предложено использование искусственной нейронной сети на основе персептрона с сигмоидальной функцией активации, формирующего на выходе сигнал в диапазоне [0; 1], используемый как коэффициент передачи сигналов от внешних контуров управления и органов ручного управления манипулятором к внутренним контурам системы управления. Приведен вариант структуры системы управления, представлен способ формирования обучающих выборок нейронной сети и результаты математического моделирования работы системы управления.

Ключевые слова: робот-манипулятор, искусственная нейронная сеть, перцептрон, обучающая выборка, система управления.

В 2015 году филиалом Южно-Уральского государственного университета в г. Миассе по техническому заданию одного из ведущих предприятий атомной промышленности был спроектирован и изготовлен робототехнический комплекс МР-48. Его основное назначение – исключение ручных операций и введение автоматизированных и автоматических режимов работы

при выполнении технологических операций с материалами в условиях сильных радиационных полей. Манипулятор робототехнического комплекса МР-48 конструктивно представляет собой шестизвенный манипулятор с вращательными степенями свободы в каждом сочленении. Параметры кинематики манипулятора в представлении Денавита-Хартенберга приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры кинематики манипулятора
в представлении Денавита-Хартенберга

Параметры системы координат звеньев манипулятора					
i	Сдвиг θ_i	α_i	a_i	d_i	Диапазон
1	0º	90º	0	0,14 м	+176º…−251º
2	90º	0º	0,39 м	0	±109°
3	90º	90º	0,02 м	0	±95º
4	180º	90º	0	0,32 м	±194º
5	180º	90º	0,02 м	0	±109º
6	0º	0º	0	0,35 м	±360º

В состав аппаратуры роботизированного комплекса МР-48 входит помимо манипулятора пульт оператора с ЭВМ и органами управления, источники питания, усилительно-преобразующие модули, соединительные кабели. Структурная схема робототехнического комплекса представлена на рис. 1.

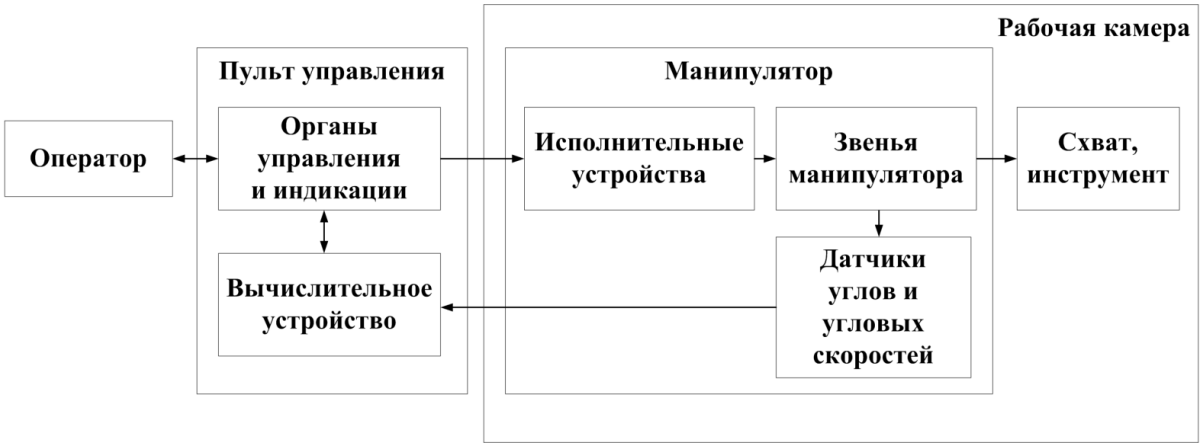


Рис. 1. Структурная схема робототехнического комплекса МР-48

Ядром системы управления (СУ) является ЭВМ пульта оператора, сопряженная с органами управления, датчиками и исполнительными устройствами посредством модулей ввода-вывода, также являющимися аппаратно-программными компонентами системы управления.

Входными и промежуточными сигналами системы управления манипулятора являются:

– воздействия оператора на органы управления M_i;

– мгновенные углы поворота (ориентации) звеньев q_i;

– мгновенные угловые скорости поворота звеньев ω_i;

Требуемые значения углов и угловых скоростей $q_{i\ уст}$, $\omega_{i\ уст}$, формируемые в контурах системы управления.

Выходными сигналами системы управления являются токи I_i (i=1...6, т.е. для каждого исполнительного электродвигателя в составе звена), формируемые в каждый момент времени таким образом, чтобы манипулятор осуществлял требуемый характер движения.

В целом система управления является дискретной, с периодом формирования управляющих воздействий 20 мс. В силу специфики объекта управления (манипулятора) и режимов его работы СУ реализована в виде нескольких вложенных контуров управления, реализованных на аппаратном, аппаратно-программном либо программном уровнях.

Функциональная схема системы управления представлена на рис. 2.

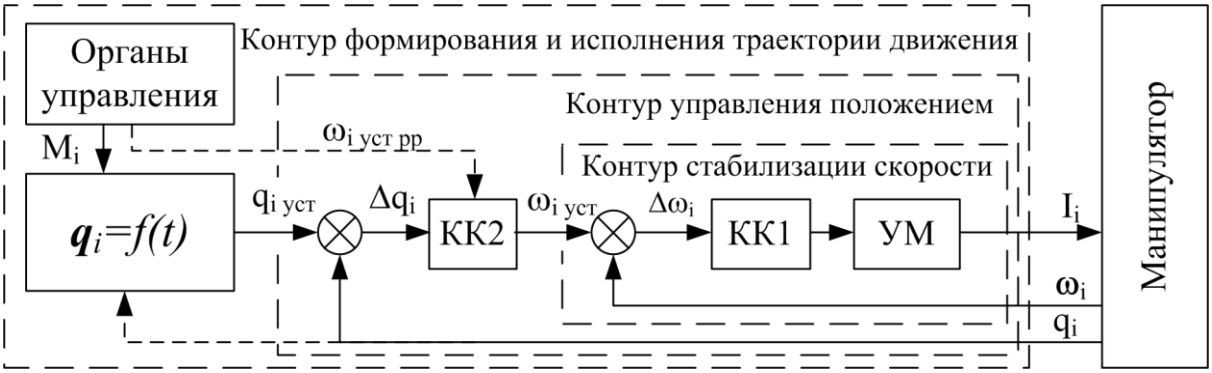


Рис. 2. Функциональная схема системы управления манипулятора

На функциональной схеме обозначены:

КК1 – корректирующий контур (регулятор) стабилизации скорости вращения звеньев манипулятора;

УМ – усилитель мощности, преобразующий широтно-модулированные сигналы управления в выходной ток исполнительных органов манипулятора;

КК2 – корректирующий контур (регулятор) положением звеньев манипулятора;

q_i – мгновенные углы ориентации звеньев манипулятора;

ω_i – мгновенные угловые скорости поворота звеньев манипулятора;

I_i – токи в исполнительных электродвигателях манипулятора.

Следует отметить, что управление манипулятором осуществляется в одном из трех основных режимов:

– режим ручного управления, при котором оператор с помощью отклонения двух многоосевых джойстиков от нейтрального положения задает уставки скоростей поворота звеньев манипулятора $\omega_{i\ уст\ рр}$, контролируя конфигурацию манипулятора визуально либо по показаниям датчиков углов на пульте управления;

– режим управления в заданной системе координат, при котором оператор с помощью отклонения двух многоосевых джойстиков задает линейную скорость и направление движения точки схвата манипулятора;

– режим формирования и последующего автоматического воспроизведения траектории движения манипулятора. В режиме воспроизведения траектории система управления автоматически формирует новые векторы углов ориентации звеньев в зависимости от времени $q_{i\ уст} = f(t)$.

Типовым местом установки манипулятора при его эксплуатации является потолок герметичной защищенной рабочей камеры с вертикальным исходным положением МР-48, при этом, в зависимости от типа рабочей камеры и ее линейных размеров, возможно частичное превышение рабочего пространства манипулятора над рабочей зоной камеры.

В ходе испытаний и опытной эксплуатации манипулятора, проводимых в течение 2016 года на предприятии заказчика, были выявлены случаи касания и ударов схвата манипулятора о стенки и внутренние элементы камеры, что может привести к возможным механическим повреждениям внутрикамерного оборудования и собственно манипулятора. В связи с этим был предложен вариант усовершенствования системы управления путем ввода дополнительного контура контроля нахождения схвата манипулятора в безопасной рабочей области (рис. 3).

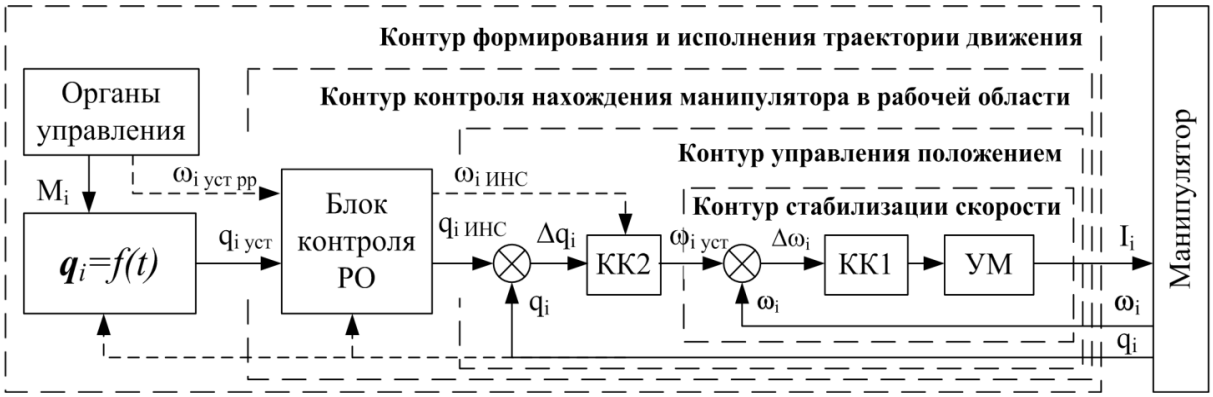


Рис. 3. Функциональная схема системы управления
с контуром контроля рабочей области

Блок контроля рабочей области на основе информации о параметрах движения манипулятора с использованием классических методов решения прямой кинематической задачи вычисляет линейные координаты схвата

манипулятора и далее сравнивает их с подпространством допустимых либо недопустимых координат (в простейшем варианте – из заранее сформированных массивов допустимых положений), формируя при этом необходимый набор выходных сигналов, используемых для коррекции или полной блокировки движения манипулятора.

В общем случае безопасная рабочая область (БРО) может иметь достаточно сложную конфигурацию и соответственно сложное геометрическое описание. Для составления такого описания зачастую требуются большие временные затраты высококвалифицированного персонала.

Одним из возможных путей решения задачи является применение искусственных нейронных сетей (ИНС) для задания БРО и контроля за выходом схвата манипулятора из нее. Как известно, ИНС обладает хорошими классификационными характеристиками, что можно использовать для выделения БРО из общего объема камеры [2]. Данный способ не требует предварительного геометрического описания БРО, т.к. оно автоматически формируется в процессе обучения (как на этапе начального обучения ИНС, так и в ходе эксплуатации при переобучении). Кроме того, нейросетевой алгоритм обладает высокой численной эффективностью, что немаловажно с учетом его встраивания в контур системы управления.

С целью проверки возможности использования ИНС для контроля выхода за границы БРО проведено компьютерное моделирование системы управления. С учетом того, что имеющееся управляющее программное обеспечение (ПО) разработано в системе NI LabView, для моделирования также использовалась данная среда. Дополнительно использованы программные пакеты расширения среды разработки NI Robotics (моделирование кинематики и динамики движения манипуляторов) и NI Super Simple Neural Networks (работа с ИНС).

В общем виде модель функционирования ИНС описывается выражением:

$$y = F(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i) = F(S) = F(WX^T), \quad (1)$$

где $W = (w_1, w_{2,} \dots, w_n)$ – вектор весовых коэффициентов;

$X = (x_1, x_{2,} \dots, x_n)$ – вектор входных сигналов;

$S = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i$ – взвешенная сумма;

F – оператор нелинейного преобразования или функция активации.

Сигмоидальная ИНС (персептрон) с одним скрытым слоем имеет следующую структуру (рис. 4):

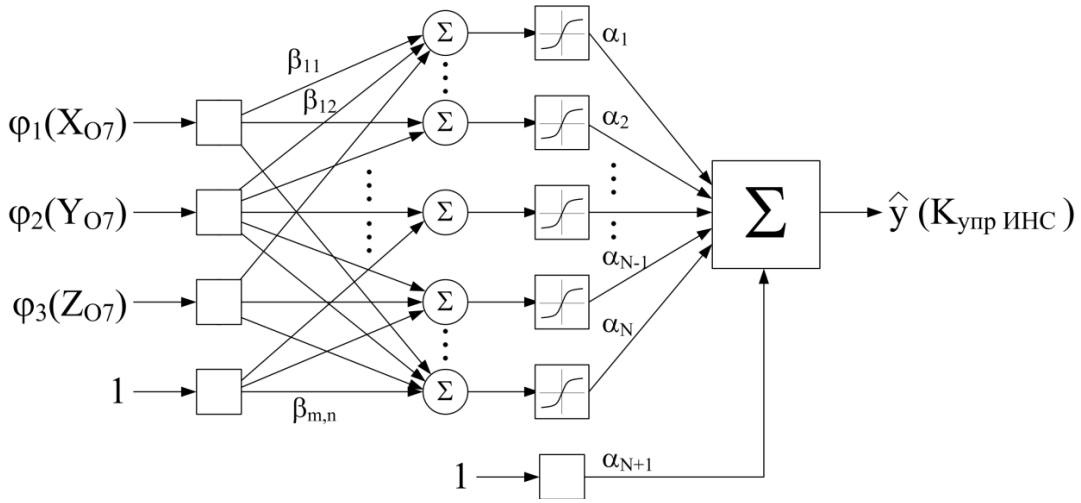


Рис. 4. Структура сигмоидальной ИНС с одним скрытым слоем

Выходное значение ИНС такого типа рассчитывается по формуле:

$$\hat{y}(\varphi, \beta, \alpha) = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i \tanh\left(\sum_{j=1}^{n+1} \beta_{i,j}\varphi_j\right) + \alpha_{N+1}, \quad (2)$$

где N – количество нейронов в скрытом слое;

n – количество входных данных (входной слой);

$\boldsymbol{\varphi} = [\varphi_1, \ldots \varphi_n, 1]^T$ – входной слой (исходные данные);

$\boldsymbol{\beta}$ – матрица весовых коэффициентов;

$\boldsymbol{\alpha}$ – вектор весовых коэффициентов выходного слоя;

tanh – гиперболический тангенс.

В общем случае в персептроне может быть несколько скрытых слоев, в этом случае выход предыдущего слоя k:

$$\varphi_i^{k+1} = \tanh\left(\sum_{j=1}^{n_k+1} \beta_{i,j}^k \varphi_j^k\right) \quad (3)$$

рассматривается как вход скрытого слоя *k+1*.

Входной слой ИНС формируется из текущих координат X, Y, Z схвата в базовой системе координат (точка O7 на рис. 2). На выходном слое формируется значение Купр ИНС в диапазоне [0; 1], где 0 – выход за границы БРО, 1 – нахождение в пределах БРО. На данном этапе разделение областей производится по пороговому значению 0,5. При фиксации выхода за границы БРО коэффициент передачи положений органов управления резко снижается до некоторого минимального значения и оператору подается звуковой сигнал. Таким образом, ИНС выполняет роль контроллера, но полностью не блокирует действия оператора, которому по-прежнему остается доступным весь объем камеры.

В процессе моделирования имитируется движение манипулятора по обучающей траектории, которая по возможности равномерно заполняет БРО. По ходу движения по обучающей траектории с тактом работы системы управления производится накопление массива данных о координатах X, Y, Z схвата (рис. 5).

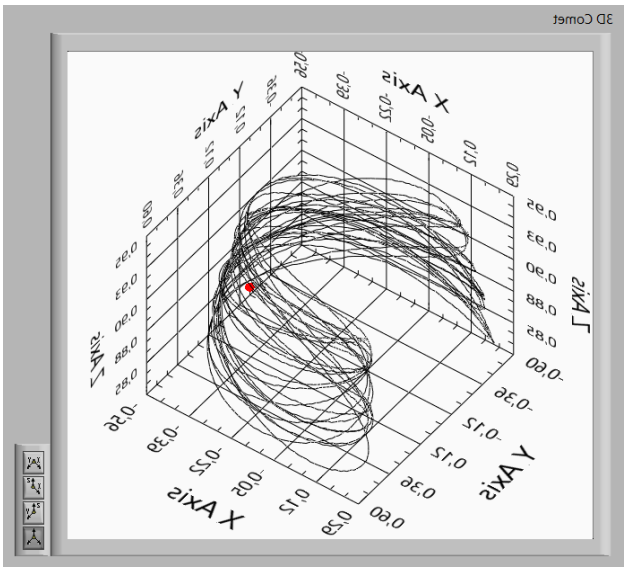


Рис. 5. Обучающая траектория

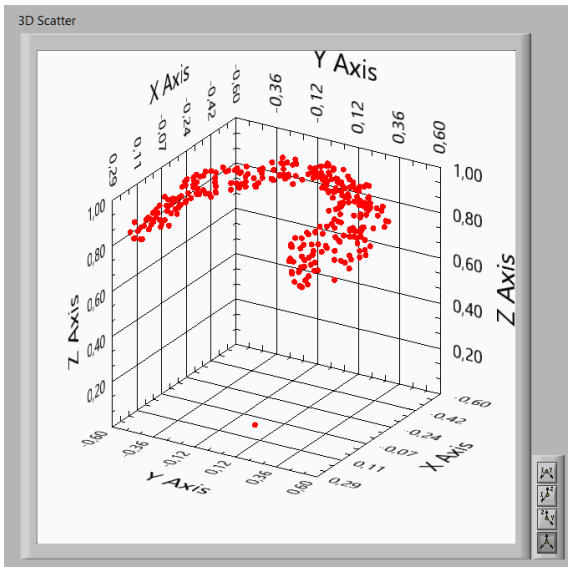


Рис. 6. Обучающий набор

Для формирования обучающего и проверочного набора данных полная рабочая область манипулятора покрывается сетью допустимых точек (в соответствии с его кинематической схемой и возможными углами поворота по осям) по методу Монте-Карло. Точкам, входящим в зону ε – трубки вокруг обучающей траектории, приписывается выходное значение 1 (ε подбирается с таким расчетом, чтобы полностью «заполнить» БРО). К обучающему набору присоединяются также все точки обучающей траектории с выходным сигналом 1. Всем оставшимся точкам обучающего и проверочного набора приписывается выходное значение 0. Подмножество обучающего набора с выходом, равным 1 для объёма набора 10000 точек и ε=0,05, представлено на рис. 6.

Стандартным этапом работы с ИНС является этап обучения, в ходе которого ИНС настраивает матрицы весовых коэффициентов и другие внутренние переменные в соответствии с обучающим набором данных (известными векторами входных и выходных сигналов). Полный проход ИНС по всем векторам входных сигналов называется эпохой обучения. Цель обучения ИНС – последующее адекватное формирование выходного сигнала при эксплуатации ИНС с минимальным его отклонением от требуемого значения при любых возможных векторах входных сигналов. В пакете NI Super Simple Neural Networks настройка процесса обучения и этапы обучения представлены в виде диалогового окна в удобном для пользователя виде (рис. 7).

Обучение ИНС проводится путем минимизации среднеквадратической ошибки выхода методом градиентного спуска (алгоритм Левенберга – Марквардта) [3].

На рис. 8 приведено визуальное представление проверочного набора данных, на котором выполнялась верификация работы ИНС.

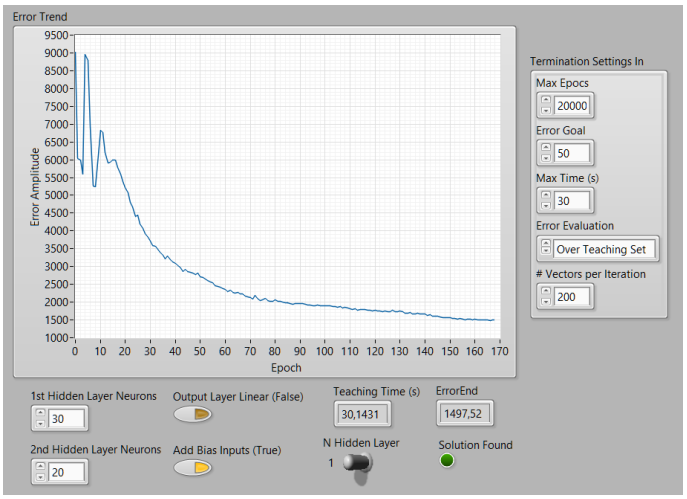


Рис. 7. Процесс обучения ИНС в пакете NI Super Simple Neural Networks

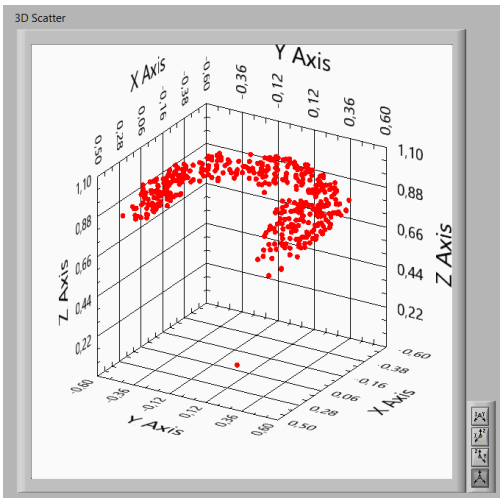


Рис. 8 Проверочный набор для верификации ИНС

Заключение. Проведенное моделирование СУ с контуром контроля положения схвата манипулятора подтверждает принципиальную пригодность использования ИНС для детектирования БРО достаточно сложной формы, для чего можно использовать однослойный либо двухслойный персептрон с 20–30 нейронами.

Аналогичным образом может быть реализована многоконтурная ИНС для контроля за положением промежуточных точек манипулятора (например, локтя) с логическим объединением выходов независимых контуров контроля.

В целом по результатам математического моделирования принято решение о внедрении ИНС в рабочий образец робототехнического комплекса МР-48.

Библиографический список

1. Юревич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

2. Назаров, А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозированиия и оптимизации систем / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: «Наука и техника», 2003. – 384 с.

3. I.M. Mujtaba, Mehboob A. Hussain. Application of Neural Networks and Other Learning Technologies in Process Engineering, Imperial College Press, 2001. – 405 p.

4. Yurevich E.I. Osnovy robototekhniki [Robotics basics]. – Saint-Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. – 416 p.

5. Nazrov A.V., Loskutov A.I. Neirosetevye algoritmy prognoirovaniya i optimizatsii sistem [Artificial neural network algorithms for system prediction and optimization]. – Saint-Petersburg: Science and Technics, 2003. – 384 p.

К содержанию

УДК 531.383 + 629.782.05

СИЛОВЫЕ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРЫ (ГИРОДИНЫ) С БЕСКОНТАКТНЫМ СВЕРХПРОВОДЯЩИМ ПОДВЕСОМ МАХОВИКА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Н.И. Смоленцев, А.Н. Лысов, А.М. Казанцев

В работе рассмотрены вопросы, связанные с применением сверхпроводящего бесконтактного подвеса в электромеханических устройствах стабилизации космических аппаратов (КА). Рассмотрены известные устройства стабилизации на основе гиростабилизаторов (гиродинов) и двигателей-маховиков (ДМ), в частности, шаровой двигатель-маховик (ШДМ) с активным электромагнитным подвесом ротора-маховика. Недостатком ШДМ является необходимость постоянного электропитания системы электромагнитного подвеса, что увеличивает энергопотребление. По результатам разработки сверхпроводящего электрокинетического накопителя энергии (СПЭНЭ-1) в рамках проведения НИР по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0069 от 05.06.2014 г. (RFMEFI57714X0069), заказчик – Министерство образования и науки Российской Федерации, предлагается применение пассивного сверхпроводящего подвеса ротора гиродинов и ДМ.

Ключевые слова: гиростабилизатор (гиродин), высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП), сверхпроводящий бесконтактный подвес, космические аппараты.

Электромеханические устройства находят широкое применение в космических аппаратах и ракетах-носителях. За последние десятилетия освоения космического пространства в нашей стране и за рубежом созданы различные типы таких устройств, например, преобразователи машинные для питания аппаратуры управления ракет, преобразователи статические, коммутационная аппаратура, гистерезисные и синхронные машины для управления и электропривода, коллекторные микродвигатели постоянного тока, бесконтактные двигатели постоянного тока, одноосные двигатели-маховики, шаровые двигатели маховики, кольцевые двигатели-маховики, гиродины, автономные турбогенераторные источники питания ракетоносителя и многое другое [1].

Особое внимание уделяется электромеханическим устройствам для стабилизации и ориентации космических аппаратов (КА), а также их бортовых систем (антенны, солнечные батареи и т.п.). Такие электромеханические устройства, например, двигатели-маховики, силовые гироскопы (гиродины) должны удовлетворять целому ряду особых требований, в частности, высокой точности, надёжности, малому энергопотреблению.

Задачу стабилизации КА и их бортовых систем решают с помощью гиростабилизаторов и двигателей-маховиков. По принципу стабилизации гиростабилизаторы делят на гироскопы непосредственного типа, гиростабилизаторы силового типа, гиростабилизаторы индикаторно-силового типа, гиростабилизаторы индикаторного типа [2, 3].

Основным элементом непосредственного гиростабилизатора (гиродина) является гироблок, содержащий гироскоп с датчиками моментов, углов и токоподводы. Схема гиродина приведена на рис. 1 [4]. Здесь OZ – ось стабилизации, OY– ось кинетического момента H, зависящего от скорости вращения ротора гироскопа Ω и его осевого момента инерции J_0. При воздействии на КА возмущающего момента M_1 оси OZ, гироскоп поворачивается с угловой скоростью прецессии $\dot{\beta} = \frac{M_1}{H}$, где $\dot{\beta}$ угловая скорость прецессии. Возникающий гироскопический момент $M_г = H \cdot \dot{\beta}$ по величине равен внешнему моменту:

$$M_г = H \cdot \dot{\beta} = H \cdot \frac{M_1}{H} = M_1. \quad (1)$$

Суммарное действие моментов на КА равно $\Delta M = M_1 - M_г = 0$, т.е. происходит его силовая стабилизация.

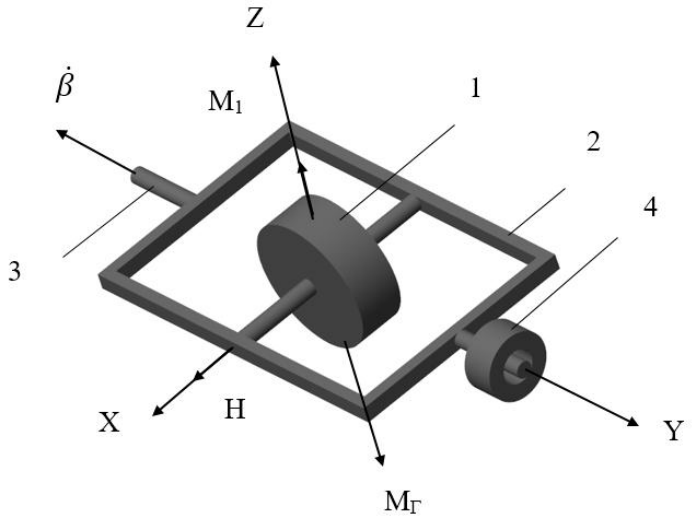


Рис. 1. Схема гиростабилизатора (гиродина)
1 – ротор гироскопа, 2 – рамка, 3 – подшипники рамки,
4 – датчик момента системы разворота КА

Таким образом, осуществляется стабилизация КА по одной из осей. Для стабилизации по остальным осям КА необходимы аналогичные устройства.

К гироскопам гиростабилизаторов КА предъявляется целый ряд специальных требований, в том числе:

– большой кинетический момент;

– высокая точность;

– низкое энергопотребление.

Для стабилизации малых космических аппаратов массой менее 500 кг применяют преимущественно двигатели-маховики. ДМ представляет собой электрический двигатель, на валу которого установлен массивный маховик. Управление ориентацией КА производят в соответствии уравнением [3, 4].

$$J_{\text{ка}} \cdot \frac{d\omega}{dt} = J_0 \cdot \frac{d\Omega}{dt}, \quad (2)$$

где $J_{\text{ка}}$ – момент инерции КА, J_0 – осевой момент инерции маховика, Ω – угловая скорость вращения маховика, ω – угловая скорость вращения КА. На рис. 2 приведена схема, поясняющая принцип стабилизации с помощью момента, развиваемого двигателем гиромаховика.

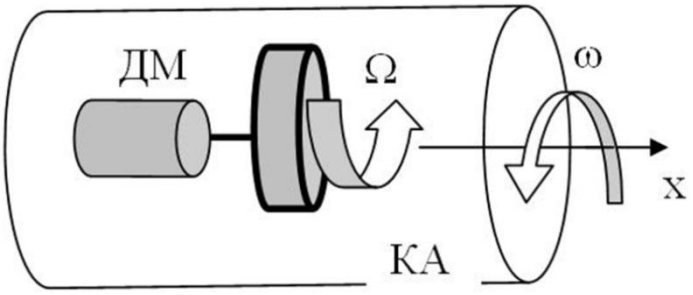


Рис. 2. Схема стабилизации КА с помощью двигателя-маховика:
ДМ – двигатель-маховик, OX – ось стабилизации,
КА – космический аппарат, ω – угловая скорость вращения КА
в результате возмущающих моментов, Ω – скорость вращения маховика

Достоинством ДМ является простота конструкции, относительно небольшие габариты и масса. Недостатком является высокое энергопотребление и необходимость резервирования ДМ.

Для решения этих проблем применяют шаровой двигатель-маховик, в котором маховик выполнен в виде полого шара, удерживаемого внутри вакуумированного корпуса с помощью шести электромагнитов, управляемых индуктивными датчиками перемещения. Один ШДМ заменяет систему трёходноосных ДМ. Однако бесконтактный подвес полого шара-маховика реализуется с помощью шестиканальной системы управления, постоянно требующей электропитания, что увеличивает энергопотребление.

Для снижения энергопотребления в системах ориентации КА предлагается использовать высокотемпературный сверхпроводящий бесконтактный подвес в системах подвеса роторов гироскопов (гиродинов) и двигателей-маховиков.

На этом принципе разработан в рамках проведения НИР по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0069 от 05.06.2014 г. (RFMEFI57714X0069), заказчик – Министерство образования и науки Российской Федерации, сверхпроводящий электрокинетический накопитель энергии СПЭНЭ-1 [5].

На рис. 3 приведён внешний вид накопителя энергии СПЭНЭ-1, а на рис. 4, приведена схема, поясняющая его устройство [6].

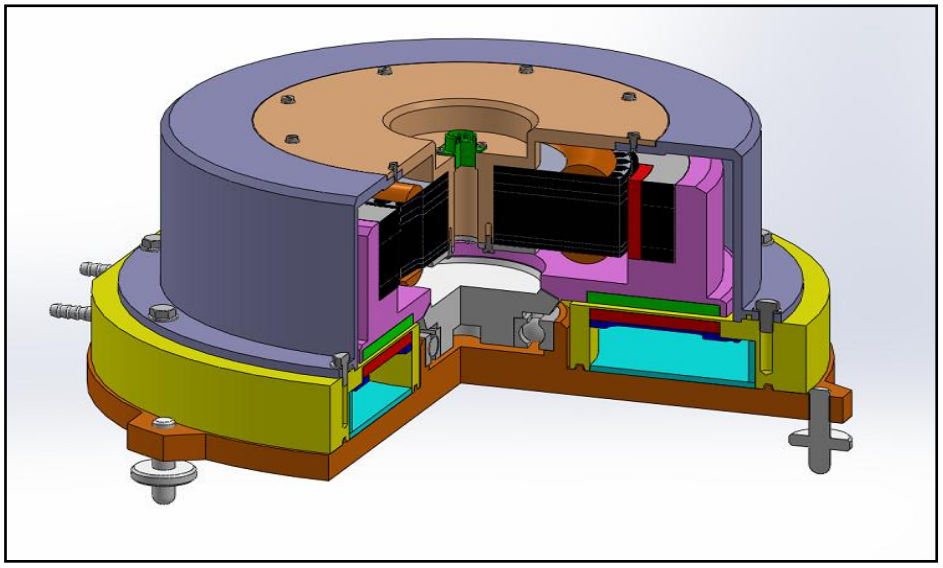


Рис. 3. Внешний вид накопителя энергии СПЭНЭ-1

Принцип работы накопительного устройства на ВТСП основан на эффекте выталкивания магнитного поля из объёма сверхпроводника, что эквивалентно диамагнитному «зеркальному» экрану. Это позволяет создать бесконтактный самоцентрирующийся подвес маховика – кинетического накопителя энергии.

В отличие от управляемого электромагнитного подвеса данный тип подвеса не содержит активных систем регулирования бесконтактного подвеса, в частности, следящих систем и регуляторов величины напряжённости магнитного поля, характеризуется большой подъёмной силой подвеса, саморегулированием в осевом направлении подвеса и направлении, перпендикулярном оси подвеса. Кроме того, сверхпроводящий бесконтактный подвес имеет хорошие демпфирующие свойства.

Накопитель энергии предназначен для работы в составе локальной электрической сети (ЛЭС), содержащей источники энергии, и служит для хранения и рекуперации электрической энергии. Накопитель энергии состоит из обращённой синхронной электрической машины 1 и криостата 6, заполненного жидким азотом.

Статор синхронной машины 2 содержит магнитопровод с трёхфазной обмоткой 3, ротор-маховик 4 с постоянными магнитами возбуждения 5 и

опорными постоянными магнитами 7. На сопряжённой поверхности криостата расположены сверхпроводящие пластины 8, охлаждаемые жидким азотом, заливаемым через штуцер 11.

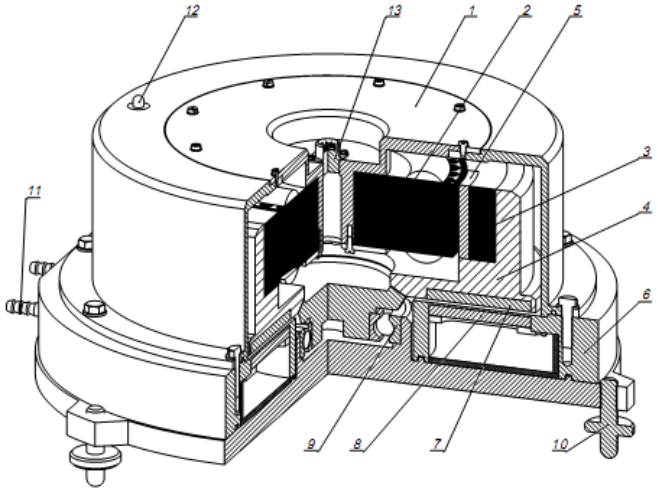


Рис. 4. Сверхпроводящий электрокинетический накопитель энергии (СПЭНЭ-1)
1 – синхронная электрическая машина, 2 – статор, 3 – магнитопровод статора,
4 – ротор-маховик, 5 – магниты возбуждения, 6 – криостат,
7 – опорные магниты подвеса, 8 – сверхпроводящие пластины, 9 – подшипник,
10 – опоры, 11 – штуцер системы охлаждения жидким азотом,
12 – ниппель, 13 – разъем

В исходном положении ротор-маховик центрируется с помощью опорного подшипника 9. Внутренняя полость синхронного двигателя вакуумируется с помощью ниппеля 12. Герметичный разъем 13 соединяет трехфазную обмотку статора синхронной машины с блоком управления режимами работы. Для нивелирования накопителя энергии по горизонту служат регулируемые опоры 10.

Накопитель энергии работает следующим образом. При охлаждении сверхпроводящих пластин до температуры жидкого азота возникает эффект Мейснера, в результате которого осуществляется бесконтактный подвес ротора-маховика.

При подключении накопителя энергии к источнику трёхфазного питания начинается разгон ротора-маховика до номинальной частоты вращения, после чего накопитель энергии отключается от источника питания, а ротор-маховик вращается по инерции, сохраняя накопленную энергию. Бесконтактный подвес и вакуум обеспечивают длительное сохранение энергии. При переключении обмоток статора на нагрузку накопитель энергии работает в режиме генерации электрической энергии, обеспечивая ее питание.

Такая конструкция инерционного накопителя обеспечивает высокий коэффициент полезного действия, управляемость режимами работы, высо-

кие удельные значения энергоёмкости и мощности. Эти технические характеристики в сочетании с невысокой стоимостью смогут обеспечить его широкое применение в СТЭ. Некоторые расчётные технические характеристики накопителя энергии приведены в табл.

Таблица

Характеристики накопителя энергии СПЭНЭ-1

Запасённая энергия, МДж	7–10
Время накопления, мин	5–7
Время отдачи, мин	7–10
Коэффициент полезного действия, %	96–98
Удельная энергоёмкость, МДж/кг	10^2–10^3

В основу конструкции устройства для ориентации КА предполагается положить систему подвеса ротора-маховика СПЭНЭ-1, дополнительно снабдить устройство системой управления вращением маховика по осям стабилизации, а также установить датчики углов и моментов. Отсутствие жёсткой связи между маховиком и статором устройства обеспечит высокую точность стабилизации КА, пассивная система сверхпроводящего бесконтактного подвеса ротора-маховика позволит снизить энергопотребление на КА.

Библиографический список

1. Электромеханические устройства космических аппаратов и ракет-носителей / В.Я. Авербух, Д.М. Вейнберг, В.П. Верещагин и др. // Электрооборудование для космических аппаратов и ракет. –2001. – Т. 100. – С. 89–96.

2. Лысов, А.Н. Теория гироскопических стабилизаторов. Учебное пособие / А.Н. Лысов, А.А. Лысова. – Челябинск. Издательский центр ЮУрГУ. – 2009.– 117 с.

3. Поляков, М.В. Двигатель-маховик на базе механической системы «электродвигатель-редуктор-маховик» для управления ориентацией малого космического аппарата / М.В. Поляков, А.В. Полякова // Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – URL: https://www.science-forum.ru/2014/pdf/1910.pdf.

4. Васильев, В.Н. Космические аппараты дистанционного зондирования Земли / В.Н. Васильев. – М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. – 310 с.

5. Пат. 2601590 Российская Федерация, МПК7 H02K 7/02, H02K 7/09. Электромеханический сверхпроводящий накопитель энергии / Н.И. Смоленцев. – № 2015115350/07; Заявл. 23.04.2015; опубл. 10.11.2016. Бюл. № 31. – 10 с.

6. Смоленцев, Н.И. Разработка накопителя энергии на основе высокотемпературной сверхпроводимости и перспективы его применения в локальных электрических сетях / Н.И. Смоленцев, Л.М. Четошникова, Ю.Л. Бондарев // Ползуновский вестник. – 2015. – № 1. – С. 73–77.

К содержанию

УДК 004.896 + 007.52 + 629.7:004.896

РОБОТИЗАЦИЯ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.И. Читалов, Д.Н. Тимофеев

Представлен обзор актуальных тенденций развития международной и отечественной отраслей робототехники. Описаны достижения науки в области создания автоматизированных комплексов для решения задач в авиастроении, ВПК и производстве космических аппаратов. Приведено обоснование целесообразности использования роботизированных технологических комплексов (РТК) для выполнения производственных операций. Указаны основные препятствия для замены человеческого труда роботизированными системами. Описано ПО, предназначенное для X3D-моделирования РТК, его анимации с учетом реальной динамики, основанной на новых видах уравнений динамики систем тел.

Ключевые слова: РТК, робот, аэрокосмическая промышленность, роботизированный аппарат.

Введение. Под РТК понимается система, в которую входит совокупность единиц технологических устройств, промышленных роботов и оснастка. РТК способен функционировать в автономном режиме и выполнять многократные циклы. На предприятиях различных отраслей промышленности успешно применяются роботы, выполняющие перемещение объектов, покраску, сварку, упаковку, сборку и другие операции с высокими требованиями к точности их выполнения. Роботизированные аппараты (РА) предназначены для совершения сложных и опасных военных и исследовательских операций, а также решения задач по разведке, наблюдению и обслуживанию в различных отраслях промышленности.

Развитие РТК показало, что данный вид оборудования может применяться практически в любой сфере народного хозяйства и заменять человека там, где происходит выполнение монотонных операций и складываются опасные для здоровья человека условия. К преимуществам РТК относится возможность обеспечения высокой производительности при выполнении операций и отсутствие влияния человеческого фактора на ход производственного процесса.

Одной из основных областей, в которой РТК нашли свое широкое применение, является автомобилестроительная промышленность. Разработаны и продолжают проектироваться качественно новые модели РТК, которые можно запрограммировать на решение задач в сфере самолетостроения и ракетно-космической отрасли.

Роботизация в отрасли самолетостроения. Авиастроение характеризуется сложностью, масштабностью и трудоемкостью производственного цикла, поэтому крупнейшие производители самолетов и поставщики ком-

плектующих заинтересованы в разработке РТК. Для достижения большей эффективности европейские производители и разработчики совместно работают над проектами по автоматизации производства. Например, концерн Airbus Military сотрудничает с немецким техническим институтом Fraunhofer Institute, а также с разработчиком промышленных роботов KUKA (рис. 1) и инжиниринговым агентством IDPSA.

Прорывом в использовании РТК в сфере авиастроения стала реализация проекта по использованию роботов для сверления отверстий. Благодаря точному позиционированию, а также системам машинного зрения и контроля удалось уйти от ручного труда специалистов и передать выполнение операции машине. Это позволило снизить затраты, связанные с оплатой труда, покупкой инструмента, и сократить время выполнения работ.

Помимо роботизированного оборудования для сверления отверстий специалистами разработаны мини-роботы и соответствующее программное обеспечение для проведения подготовки отверстий и последующей установки заклепок. Одним из образцов данного вида устройств является изделие производства испанского концерна MTorres (рис. 2). В нем реализована возможность перемещения по фюзеляжу самолета по определенному алгоритму. Этот РТК способен заменить труд человека и сократить время на выполнение работ по подготовке фюзеляжа самолета к следующим производственным операциям.

В связи с увеличением доли композитных материалов в структурной массе внешней обшивки летательных аппаратов возросла необходимость в роботах, специализирующихся на автоматической укладке композитов на конструктивные части самолета (рис. 3).

Рис. 1. Промышленный робот KUKA

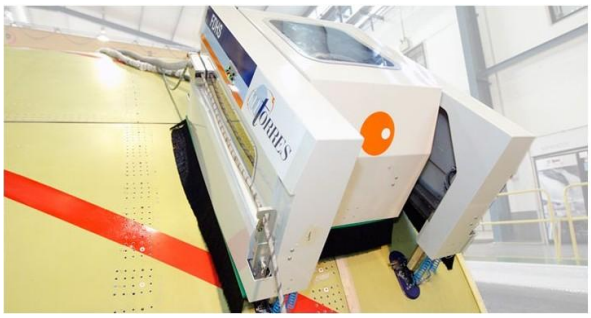


Рис. 2. РТК, разработанный концерном MTorres

Технические исследования в области авиастроения и робототехники показывают, что РТК могут применяться для изготовления крупных частей фюзеляжа и крыльев, полной и частичной покраски корпуса самолета. Роботизированные ячейки за счет ультразвуковых систем решают задачу обнаружения дефектов конструктивных элементов машины, трещин в обшивке.

РТК в военно-промышленном комплексе. В соответствии с оценками Boston Consulting Group к 2025 году роботизированные системы будут решать до 26% задач, часть из которых в настоящее время выполняется только посредством ручного труда. Военно-промышленный комплекс является той отраслью, где применение роботизированных комплексов в производственном цикле и при решении военных задач носит единичный характер. При этом существующий уровень развития науки и техники характеризуется наличием технической базы и программных средств для обеспечения возможности передачи части производственных операций под контроль РТК. К этим операциям могут быть отнесены процессы сварки, перемещения отдельных узлов, окраска и сборка компонентов.

Технологии создания РА используются в рамках НИОКР в соответствии с действием Государственной программы вооружения. Специалистами КБ «Рубин» ведется разработка модели беспилотного подводного робота, имеющего конструкцию высокоскоростной торпеды с ядерным зарядом (рис. 4). В 2016 году на вооружение страны поступили автоматизированные беспилотные аппараты и наземные роботы (рис. 5) для проведения разведывательных мероприятий и защиты наземных систем вооружения.

Рис. 3. РТК, выполняющий укладку композитных материалов

Рис. 4. Образец подводного робота производства КБ «Рубин»

В этом же году была представлена система для выполнения гидроакустической разведки «Гармония». Входящие в ее состав роботы способны зафиксировать наличие как надводных, так и подводных объектов, самолетов и передать данные в командный пункт.

РТК в космической отрасли. Специалисты отмечают важность РТК и в космической отрасли. На сегодняшний день в этом направлении достигнуты определенные успехи, в частности канадский производитель Shell-o-Matic разработал для космической отрасли несколько десятков РТК. Особое внимание заслуживает автоматизированная система создания керамических оболочковых форм, в основе которой – промышленный робот с возможностью программирования под конкретную задачу (рис. 6).

Рис. 5. Наземный робот для защиты и разведывательных мероприятий

Рис. 6. РТК для производства керамических оболочковых форм

Разрабатываемые роботы различаются количеством степеней свободы, а их грузоподъемность способна достигать 700 кг на вытянутой руке. За управление отвечает программный комплекс на базе ОС Windows с возможностью хранения множества программ нанесения слоев материала. При этом возможна одновременная обработка нескольких деталей по отдельному алгоритму.

Стоит отметить, что отечественная отрасль разработки и производства роботов значительно отстает от зарубежной. Основные достижения в создании промышленных РТК приходятся на Швецию, Германию, Японию и Финляндию. В России действуют компании, предлагающие услуги по доставке, установке и настройке РТК под задачи клиента. В авиакосмической отрасли это уже прошедшее тестирование оборудование для автоматизированной сборки крыльев, комплектующих для спутников, изготовления печатных плат. Российские разработчики делают упор прежде всего на проектирование РА, выполняющих обслуживание полетов космических аппаратов.

В феврале 2017 года специалисты холдинга «Российские космические системы» завершили создание и тестирование дистанционной антенной роботизированной установки, предусматривающей автоматическое отслеживание запуска ракеты-носителя и получение данных о ходе полета и работе технических служб (рис. 7). При этом контроль человека не требуется, а наведение антенны на космический аппарат происходит в автоматическом режиме на основе излучаемого сигнала бортовой службы телеметрии.

РА находят свое применение и в космическом пространстве. Специалистами РКК «Энергия» ведется работа по созданию мобильного робота, который планируется использовать в сооружаемом научно-энергетическом модуле российского сегмента МКС. Данная работа ведется в рамках концепции исследования космоса с применением возможностей автономных роботов.

Устройства данного класса уже работают на орбите для обслуживания космических аппаратов. Речь идет прежде всего о двуруком устройстве с манипуляторами шарнирного типа и шестью степенями свободы (рис. 8). Длина каждого манипулятора составляет 15 метров, грузоподъемность – 3 т. Имея скорость схвата с грузом 3 м/с, устройство способно с высокой точностью позиционировать грузы, погрешность не превышает 5 мм. Предусмотрена возможность замены захватного устройства, а на кисти каждого из манипуляторов находится телевизионная камера.

РА в условиях космического пространства способны с большей эффективностью, чем человек, решать задачи, связанные с обслуживанием работы космических кораблей. В результате появляется возможность уменьшить затраты на обслуживание оборудования и исследовательские программы, повысить безопасность человека, увеличить возможности строительства в условиях невесомости.

Рис. 7. Дистанционная антенная роботизированная система

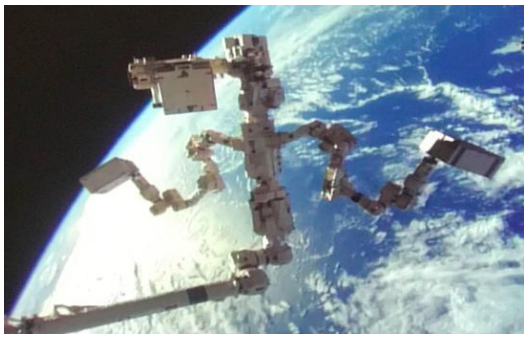


Рис. 8. Двурукий РА, установленный на МКС

Использование РТК в космическом пространстве возможно в двух направлениях. Во-первых, для решения задач в открытом космосе. Работы, связанные с обслуживанием космического корабля (манипуляции с грузами, плановые и срочные ремонтные работы, сборка новых модулей). При этом устройство должно быть защищено от воздействия ионизирующих излучений и приспособлено для условий вакуума. Во-вторых, для исследования космических объектов. Проведение мероприятий по изучению и освоению поверхности планет и других тел космического пространства.

Что касается перспектив отечественной робототехнической отрасли в космическом пространстве, то к 2025 году планируется завершение разработки нескольких человекоподобных роботов, которые будут способны автономно выполнять работы на поверхности космических станций и кораблей. Предполагается, что это будет одним из шагов по замене человека в космосе машинами. Космороботы будут обладать устойчивостью к радиации и перепадам температур. Управление планируется осуществлять силами космонавта-оператора из космического корабля или станции.

ПО для моделирования РТК. Для минимизации временных и финансовых затрат на создание РТК необходимо выполнить имитационное моделирование РТК, включающее 3D-моделирование с анимацией всех производственных процессов и решение задач механики как составной части физической симуляции этих процессов. 3D-моделирование позволяет определить оптимальную расстановку оборудования (манипуляторов, станков, оснастки и т.д.) и найти требуемую площадь для размещения РТК, склада заготовок и готовой продукции. Анимация позволяет убедиться в реализуемости всех технологических процессов, а также построить программные движения манипуляторов, необходимых для выполнения производственных процессов. Решение первой задачи динамики, т.е. вычисление динамических реакций в шарнирах и движущих силовых факторов в приводах, необходимо для определения допустимых шарнирных нагрузок и требуемой мощности приводов при выполнении программных движений. Решение второй задачи динамики и задач управления позволяет убедиться в достижении требуемой динамики и точности выполнения технологических операций.

Результаты вычислений и анимации используются для выбора технологического оборудования и в первую очередь манипуляторов на обширном рынке. Если этот выбор сделать не удается, то на основе выполненных расчетов формируется техническое задание на разработку нового оборудования и в первую очередь манипуляторов.

Авторами статьи под руководством д.ф.-м.н., проф. А.И. Телегина и при грантовой поддержке фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере разработано ПО «СистемаТел», позволяющее решать задачи: составления спецификаций на покупное оборудование в составе РТК; составления технического задания на создание уникального (инновационного) оборудования РТК; генерации твёрдотельных моделей роботов и передача (конвертирование) их в CAD-системы; генерации уравнений механики в символьном виде с явно выраженными параметрами для решения задач проектирования механических систем и управления ими; синтеза формул вычисления управляющих воздействий по законам ПИД-регуляторов программных движений и их использования для управления имеющимися или разрабатываемыми роботами. Промежуточные результаты опубликованы в работах [1–3].

В отличие от имеющихся аналогов, таких как Gazebo, Marilou, Microsoft Robotics Developer Studio, Simbad, RobSim, TeamBots, во-первых, созданное Web-приложение работает в любом современном браузере. Во-вторых, это приложение XML-ориентировано, поэтому имеет простой и короткий открытый код. В-третьих, результатом моделирования РТК является автоматически сгенерированный html-документ, содержащий X3D-разметку РТК. В-четвёртых, предлагаемое приложение оптимизировано под методологию «снизу вверх» построения математических и 3D-моделей РТК с их

анимацией. В-пятых, созданное Web-приложение является составной частью графического интерфейса ПО «СистемаТел», т.е. используется для ввода исходных данных и вывода результатов решения задач механики, управления движением, идентификации параметров тел и синтеза РТК с заданными свойствами. Известное нам ПО не имеет первые четыре достоинства, а наши попытки использовать это ПО для решения задач механики и управления движением роботов оказались менее эффективны по сравнению с решением этих задач в ПО «СистемаТел». Для решения задач идентификации параметров тел и синтеза роботов с заданными свойствами использовать известное нам ПО практически невозможно.

Заключение. Международный интерес к робототехнике с каждым годом возрастает, что отражено, например, на сайтах [4–9]. Регулярно в этом направлении проводятся выставки, на которых демонстрируются достижения в области проектирования РТК. Ведется разработка РА для обслуживания нужд авиации, космоса и ВПК. Они способны автономно решать задачи по защите наземных объектов и отражению атак врага под водой, на воде, на земле и в воздухе, а также позволяют контролировать полеты космических аппаратов.

В России в настоящее время практическая реализация РТК остается на низком уровне. Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, консервативность многих отраслей промышленности. Большинство образцов авиационной, военной техники и космических аппаратов производится по устаревшим технологическим процессам. Применение робототехники требует модернизации этих процессов, что связано со значительными бюрократическими препятствиями. Во-вторых, человеческий фактор. У руководителей предприятий должна присутствовать необходимая решимость для реализации новшеств и формирования у персонала качественно нового мышления.

Возможность применения РТК и РА в военно-промышленном комплексе страны уже оценена высшим командным составом. В планах ведомства ежегодное расширение сферы применения данного оборудования, что позволит ежегодно экономить до 40 млрд рублей. Мы надеемся, что наш опыт и создаваемое ПО будут способствовать реализации этих планов.

Библиографический список

1. Телегин А.И. Генератор X3D-моделей механических систем [Электронный ресурс] / А.И. Телегин, Д.Н. Тимофеев // Наука ЮУрГУ: материалы 67-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – С. 1709–1715. – URL: http://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_KONF&key=000537718&dtype=F&etype=.pdf.

2. Телегин А.И. Web-приложение для моделирования механических систем со структурой открытого дерева [Электронный ресурс] / А.И. Телегин, Д.Н. Тимофеев // Наука ЮУрГУ: материалы 68-й научной конференции. Секции техни-

ческих наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 1123–1130. – URL: http://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_KONF&key=000549567&dtype=F&etype=.pdf.

3. Свидетельство № 2015618268 Российская Федерация. Прикладная программа для ЭВМ «Генератор X3D-модели механической системы»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / А.И. Телегин, Д.Н. Тимофеев; заявитель и правообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) (ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ)). – № 2015613339; заявл. 23.04.2015; зарегистр. 04.08.2015. – 1 с.

4. Применение роботов в аэрокосмической промышленности [Электронный ресурс] // Промышленный интернет-портал. – URL: https://mirprom.ru/.

5. Прогнозы, статистика в области промышленных роботов [Электронный ресурс] // Новости и справочная информация о роботах в России и мире. – URL: http://robotrends.ru/.

6. С 2016 года Россия начнет продвижение на мировой рынок боевого робота «Уран-9» // Информационное агентство «Оружие России». – URL: http://www.arms-expo.ru/.

7. Оборудование для изготовления керамических оболочковых форм [Электронный ресурс] // Российская ассоциация литейщиков. – URL: http://www.ruscastings.ru.

8. В РКС создали роботизированный антенный комплекс для сопровождения пусков ракет-носителей [Электронный ресурс] // Российские Космические системы. – URL: http://russianspacesystems.ru/.

9. Космический манипулятор: как это работает [Электронный ресурс] // Популярная механика. – URL: http://www.popmech.ru/.

К содержанию

УДК 004.896 + 004.4

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РТК

А.И. Телегин, Д.Н. Тимофеев, Д.И. Читалов

Изложен табличный интерфейс программы «СистемаТел» для моделирования РТК. Предложен набор таблиц параметров (ТП), достаточный для моделирования структурных и кинематических свойств механических систем (МС), моделей их тел, программных движений (ПД) МС и моделей объектов манипулирования, их переходов и переделов. Описана методика моделирования РТК «снизу вверх».

Ключевые слова: механические системы, web-приложение, РТК, 3D-моделирование, анимация.

Введение. В статье [1] описан пример построения в программе «СистемаТел» модели шагающего аппарата, состоящей из тринадцати тел с пятью ветвями. Интерфейс построителя моделей является графическим и как все нам известные графические приложения содержит возможности выбора графических объектов (ГО), их перемещения и вращения, изменения геометрических параметров, цвета и т.д. На основе построенной X3D-модели генерируются ТП МС и модели ее тел. Хранение X3D-моделей МС с их анимацией в ТП позволяет на порядки сократить объем требуемой для этого памяти, повысить надежность передачи моделей в Web. Генератор X3D-модели МС на основе ее табличного описания позволяет реализовать принцип максимальной генерации содержимого страницы, принятый в Web. Большие по объему модели не нужно загружать по сети, они генерируются на компьютере пользователя (клиенте).

В программе «СистемаТел» пользователь может заполнять ТП графическими и анимационными данными, наблюдать за результатами их визуализации, осуществлять редактирование этих данных и т.д., т.е. создавать X3D-модели МС с их анимацией. Наш практический опыт показал, что построение X3D-моделей МС и РТК путем непосредственного заполнения ТП осуществляется быстрее традиционного способа, изложенного, например, в [1].

1. Параметризация модели МС. Текущая версия ПО хранится в папке «СистемаТел». На первом шаге используются три вложенные папки (prog, MC, MC1). Папка prog содержит программные файлы. До создания первой модели содержимое папок MC, MC1 совпадает. Они содержат четыре ярлыка для запуска программ моделирования и файл «ТПМС» с разметкой шаблона двух строк таблицы параметров механической системы (ТПМС). Для построения первой модели нужно открыть папку «MC1».

Моделирование начинается с заполнения ТПМС. Для этого необходимо вызвать программу редактирования ТПМС, запустив ярлык «1 ТПМС». Окно программы представлено на рис. 1.

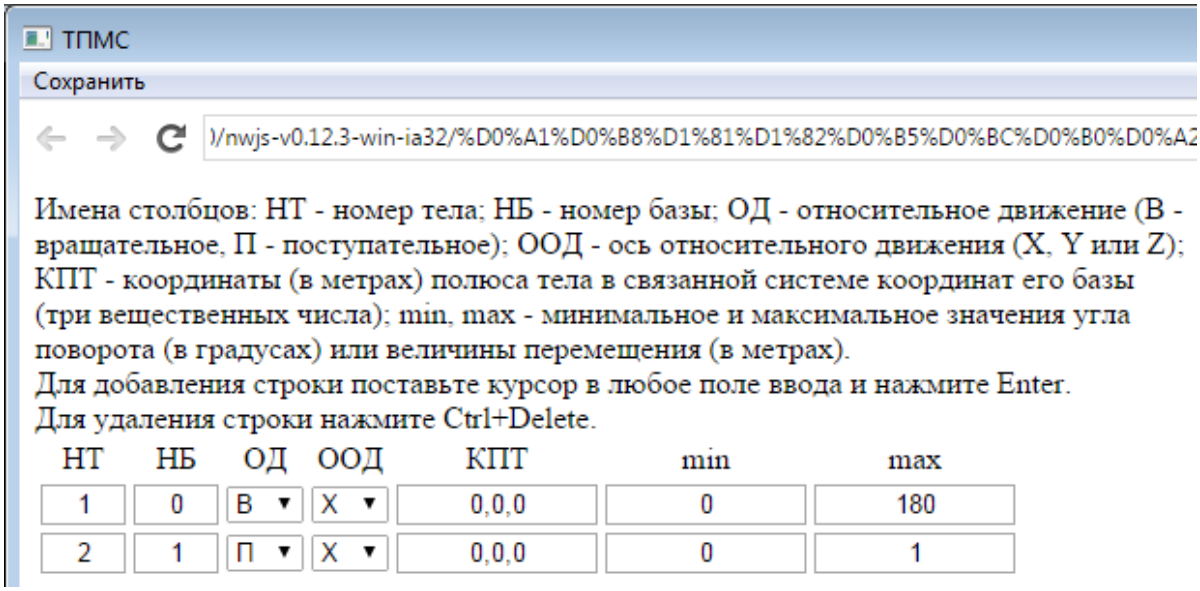


Рис. 1. Окно программы редактирования ТПМС

В качестве примера рассмотрим МС, кинематическая схема (КС) которой приведена на рис. 2. Из КС видно, что полюс первого тела и начало неподвижной системы координат (НСК) совпадают. Полюс второго тела смещен относительно точки O_1 на 0,5 м. Первое тело может поворачиваться относительно НСК вокруг вертикальной оси на 180° по часовой и против часовой стрелки, т.е. НТ=1, НБ=0, ОД=В, ООД=Y, КПТ=(0,0,0), min= –180°, max=180°. Второе тело может двигаться относительно первого тела поступательно вдоль оси OX, т.е. НТ=2, НБ=1, ОД=П, ООД=X. В максимально выдвинутом положении второго тела O_1O_2=0.75. Поэтому ТПМС имеет вид таблицы 1.

Таблица 1

ТПМС

НТ	НБ	ОД	ООД	КПТ	min	max
1	0	В	Y	0,0,0	-180	180
2	1	П	X	0.5,0,0	0.25	0.75

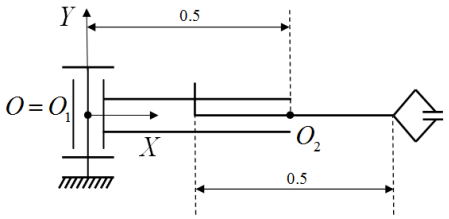


Рис. 2. КС МС1

После заполнения ТПМС ее нужно сохранить. В папке «МС1» появится файл «структураМС.x3d».

2. Параметризация моделей тел. На втором шаге, запустив ярлык «2 ТПМТ», нужно заполнить таблицу параметров моделей тел (ТПМТ) на рис. 3.

Стойку рассматриваемой МС в НСК будем моделировать двумя ГО: тонким горизонтальным боксом размерами 0,3x0,002x0,3 и цилиндрической ножкой радиуса 0,03, высотой 0,1. Первое тело МС будем моделировать двумя ГО: цилиндром (высота 0,06, радиус оснований 0,2) и направляющей в виде горизонтально вытянутого бокса размерами 0,5x0,08x0,08. Второе тело МС моделируем вытянутым вдоль оси абсцисс боксом (0,5x0,05x0,05). Схват с объектом манипулирования будем моделировать сферой радиуса 0,06 м. Поэтому ТПМТ должна иметь вид табл. 2.

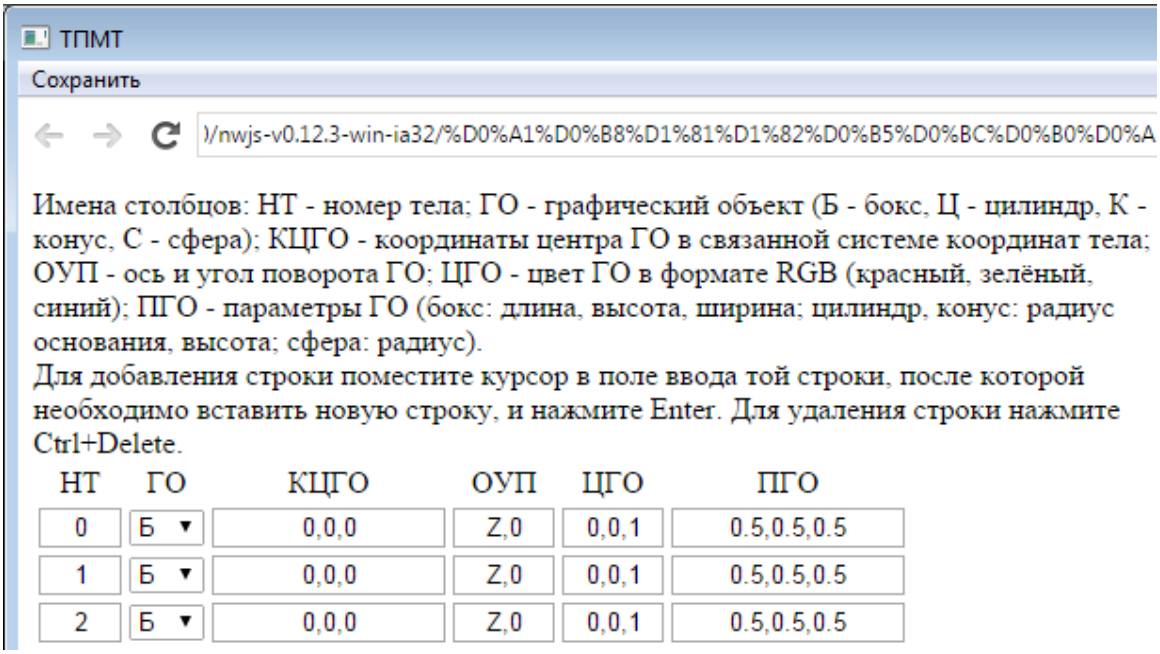


Рис. 3. Окно программы редактирования ТПМТ

После заполнения и сохранения ТПМТ в папке «МС1» появятся N+1 файлов моделей тел «тело_i.x3d», где i – номер тела, N – количество тел. В нашем случае в папке «МС1» появятся три новых файла. Для просмотра сгенерированной модели откройте файл «структураМС.x3d» в X3D-плеере. Отобразившаяся модель приведена на рис. 4.

Таблица 2

ТПМТ

НТ	ГО	КЦГО	ОУП	ЦГО	ПГО
0	Б	0,-0.2,0	Z,0	1,1,0	0.3,0.002,0.3
0	Ц	0,-0.15,0	Z,0	1,1,0	0.03,0.1
1	Б	0.25,0,0	Z,0	0,0,1	0.5,0.08,0.08
1	Ц	0,0,0	Z,0	0,0,1	0.06,0.2
2	Б	0,0,0	Z,0	0,1,0	0.5,0.05,0.05
2	С	0.25,0,0	Z,0	0,1,0	0.06

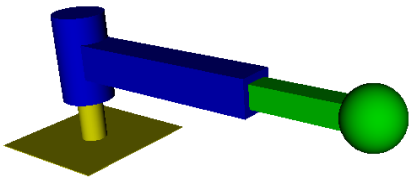


Рис. 4. X3D-модель МС

3. Анимация МС на основе ТПМС. Теперь можно сгенерировать анимацию построенной модели по минимальному и максимальному значениям управляемых координат. Для этого запустите ярлык «3 Анимация». В папке «МС1» появится файл анимации «анимация0.x3d». Для просмотра анимации откройте его в X3D-плеере. Полученная анимация не всегда удобна для анализа, особенно при большом числе подвижных тел.

4. Анимация МС на основе заданных программных движений (ПД) тел. Для генерации заданной пользователем анимации предназначена программа построения таблицы параметров ПД (ТППД). Эта программа запускается ярлыком «4 ТППД». Окно программы представлено на рис. 5.

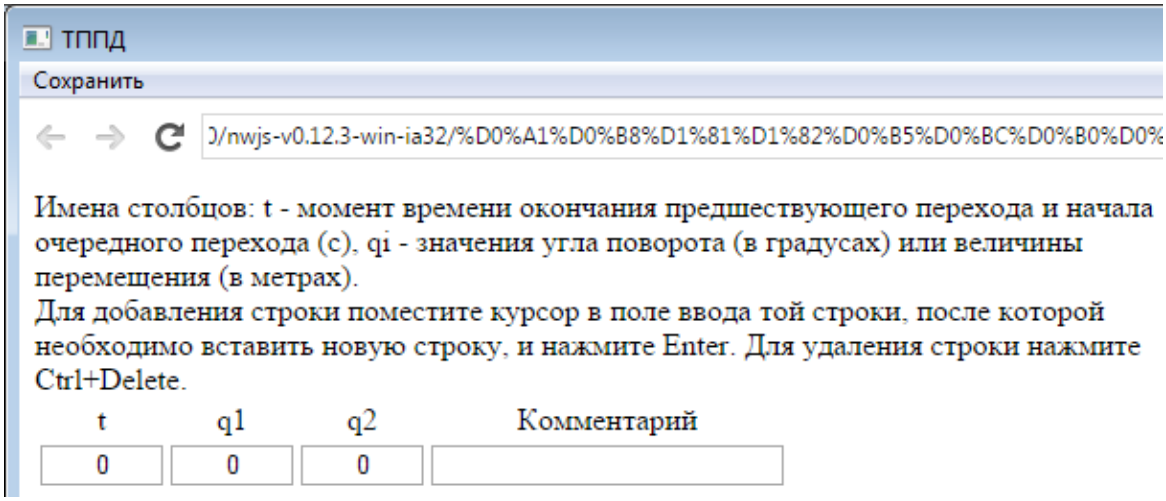


Рис. 5. Окно программы редактирования ТППД

Для примера построим ПД рассматриваемой МС из исходного положения (q_1=0, q_2=0.25) в целевое положение (q_1=90°, q_2=0.75) в течение 3 секунд. Для этого заполним ТППД как в табл. 3.

Таблица 3

ТППД

t	q1	q2	Комментарий
0	0	0.25	Межполюсное расстояние тел минимально
3	90	0.75	Второе тело выдвинуто максимально

После сохранения ТППД запустим появившийся файл «анимация.x3d» и понаблюдаем за движением тел. Заполненные ТПМС, ТПМТ и ТППД можно редактировать.

5. Очередная модель. Для построения новой модели необходимо создать папку МС2. Если новая модель уникальна, то рекомендуется скопировать папку «МС» и дать копии имя «МС2». Если новую модель можно получить из уже имеющейся, то лучше скопировать соответствующую папку

и переименовать ее. Так мы и поступим, создавая модель МС на рис. 6 с управляемыми движениями губок схвата. Для этого скопируем папку «МС1», переименуем в «МС2» и достроим модель, выполнив два первых шага так, чтобы получилась модель на рис. 6.

6. Анимация одного объекта манипулирования (ОМ). Для моделирования ОМ и его анимации в схвате необходимо заполнить таблицу моделей ОМ (ТМОМ) и таблицу переходов ОМ (ТПОМ). Для запуска программы редактирования ТМОМ используется ярлык «5 ТМОМ». Окно программы приведено на рис. 8. Внешний вид и правила заполнения ТМОМ аналогичны ТПМТ.

Пусть в качестве ОМ выступает гантель, составленная из трех цилиндров. Модель этого ОМ приведена на рис. 7. Для ее создания заполняется ТМОМ, как в табл. 4.

Таблица 4

ТМОМ

НОМ	ГО	КЦГО	ОУП	ЦГО	ПГО
1	Ц	0,0,0	Z,0	1,0,0	0.02,0.15
1	Ц	0,0.075,0	Z,0	1,0,0	0.04,0.02
1	Ц	0,-0.075,0	Z,0	1,0,0	0.04,0.02

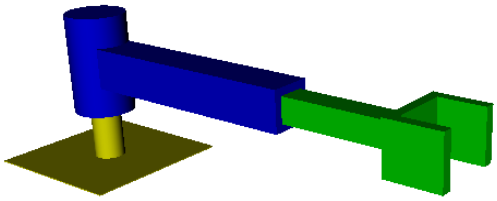


Рис. 6. X3D-модель МС после редактирования

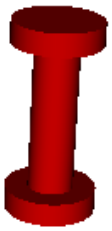


Рис. 7. Модель ОМ

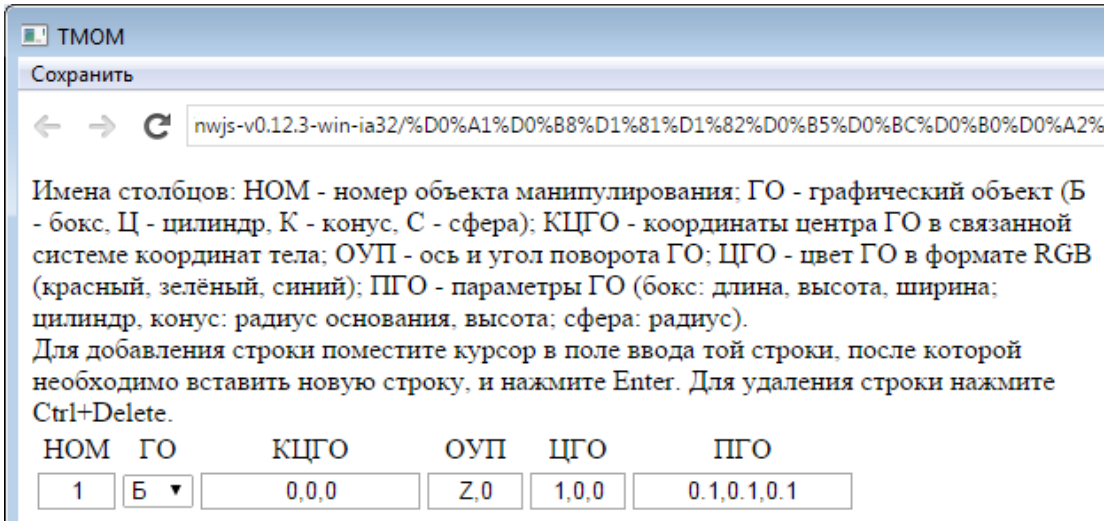


Рис. 8. Окно программы редактирования ТМОМ

После сохранения ТМОМ в папке «МС2» появится новый файл «объект1.x3d».

Для добавления анимации ОМ к анимации МС необходимо заполнить ТПОМ. Для запуска программы редактирования ТПОМ используется ярлык «6 ТПОМ». Окно программы приведено на рис. 9.

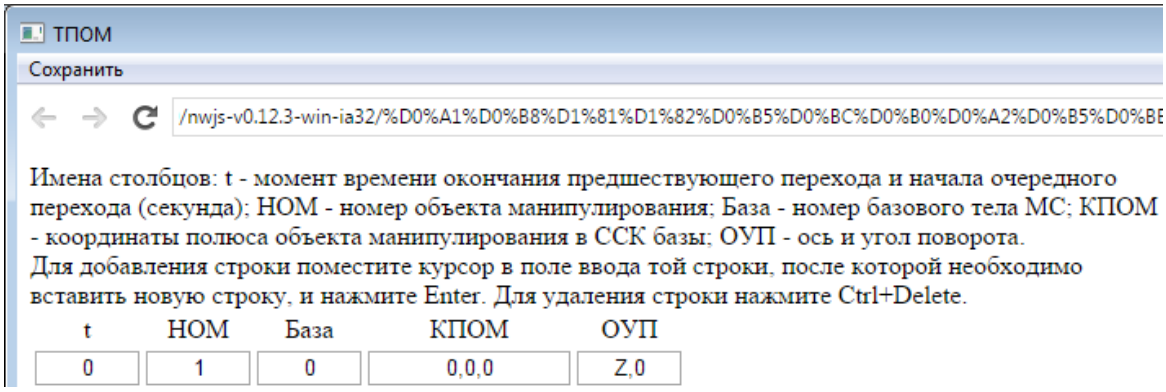


Рис. 9. Окно программы редактирования ТПОМ

Пусть согласно заданному технологическому процессу в начальный момент времени ОМ находится в НСК (база 0) в точке с координатами (1,05,0,0). На третьей секунде ОМ захватывается (база 2) на удалении 0,3 от полюса второго тела. До десятой секунды ОМ движется вместе со вторым телом МС. В конце переноса ОМ вновь находится в НСК (база 0) в точке с координатами (0,0–1,05). Согласно данному описанию ТПОМ выглядит, как в табл. 5.

Таблица 5

ТПОМ

t	НОМ	База	КПОМ	ОУП
0	1	0	1.05,0,0	Z,0
3	1	2	0.3,0,0	Z,0
10	1	0	0,0,-1.05	Z,0

После сохранения ТПОМ в папке «МС2» появится новый файл анимации МС вместе с ОМ. Для ее просмотра запустим файл «анимацияОбъект.x3d» в плеере.

7. Анимация передела ОМ. В большинстве техпроцессов ОМ меняет свою геометрию и, возможно, массу, например, в механообработке, штамповке, ковке и т.д., что требует соответствующего моделирования.

Анимацию ОМ с учетом ее передела опишем на примере токарной обработки цилиндра на станке с ЧПУ. На рис. 10 показано исходное положе-

ние МС, ОМ и станка с ЧПУ. В процессе анимации тела МС выполняют следующие движения. Второе тело МС максимально выдвигается и захватывает заготовку-цилиндр. Второе тело возвращается в исходное положение. Первое тело поворачивается на 180° в течение 3 секунд. Во время движения тела открывается шторка станка. Второе тело максимально выдвигается. Заготовка фиксируется в патроне станка. Схват освобождает ОМ. Второе тело возвращается в исходное положение. Шторка станка закрывается и после механообработки открывается. В станке вместо цилиндра находится гантель. Второе тело выдвигается, захватывает новый ОМ и возвращается в исходное положение. Первое тело поворачивается на 180°. Второе тело максимально выдвигается, схват освобождает ОМ и возвращается в исходное положение.

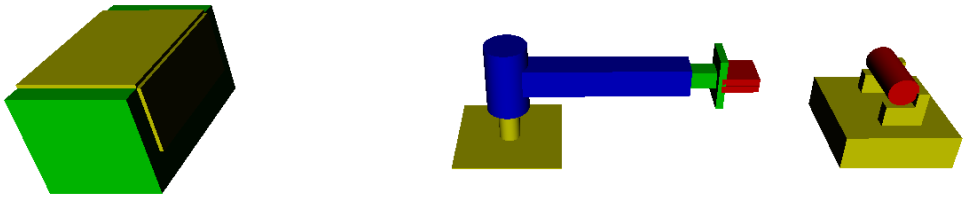


Рис. 10. Исходное положение МС, ОМ и станка с ЧПУ

Для создания описанной анимации скопируем папку «МС2» и назовем ее «МС4». В модели анимации добавилось еще одно подвижное тело – шторка станка. Поэтому в ТПМС добавится еще одна строка. Шторка движется относительно НСК (база 0).

При моделировании сборки и разборки или резки несколько ОМ могут быть объединены в один и наоборот. С точки зрения создания анимации процесса разборки происходит исчезновение одного ОМ и появление вместо него других ОМ. Для создания такой анимации используется ТПОМ. Одна цифра в столбце НОМ означает, что ОМ должен появиться в данный момент времени. Две цифры в столбце НОМ означают, что ОМ, обозначенный первым числом, должен исчезнуть, а вторым – появиться. Например, если в определенное время из НСК исчезает первый ОМ и появляются второй и третий ОМ, то в ТПОМ записывается одна строка, заменяющая первый ОМ на второй, и одна строка, добавляющая третий ОМ.

При создании анимации сборки происходит обратное: исчезают несколько ОМ, а вместо них появляется один ОМ. Для этого в ТПОМ записываются несколько строк, где в столбце НОМ указывается пара чисел: номер исчезаемого ОМ и номер появляющегося ОМ. Например, если из НСК исчезают первый, второй и третий ОМ и появляется четвертый ОМ, то в ТПОМ добавляются три строки, удаляющие три ОМ, и четвертая строка, добавляющая четвертый ОМ.

8. Методика моделирования РТК «снизу вверх». При моделировании РТК, состоящего из нескольких МС, рекомендуется использовать методику «снизу вверх». Сначала создаются модели и ПД каждой МС, а затем эти модели объединяются на общей сцене.

Для генерации ТП всего РТК предназначена программа построения таблицы параметров размещения МС (ТПРМС). Эта программа запускается ярлыком «7 ТПРМС». Окно программы представлено на рис. 11. После сохранения ТПРМС создаются два файла, описывающие структуру РТК и модели его тел «ТПРТК.html» и «ТПМТРТК.html». Формат ТПРТК и ТПМТРТК полностью совпадает с форматами ТПМС и ТПМТ. Поэтому для получения X3D-модели РТК используются те же генераторы, что и для отдельных МС.

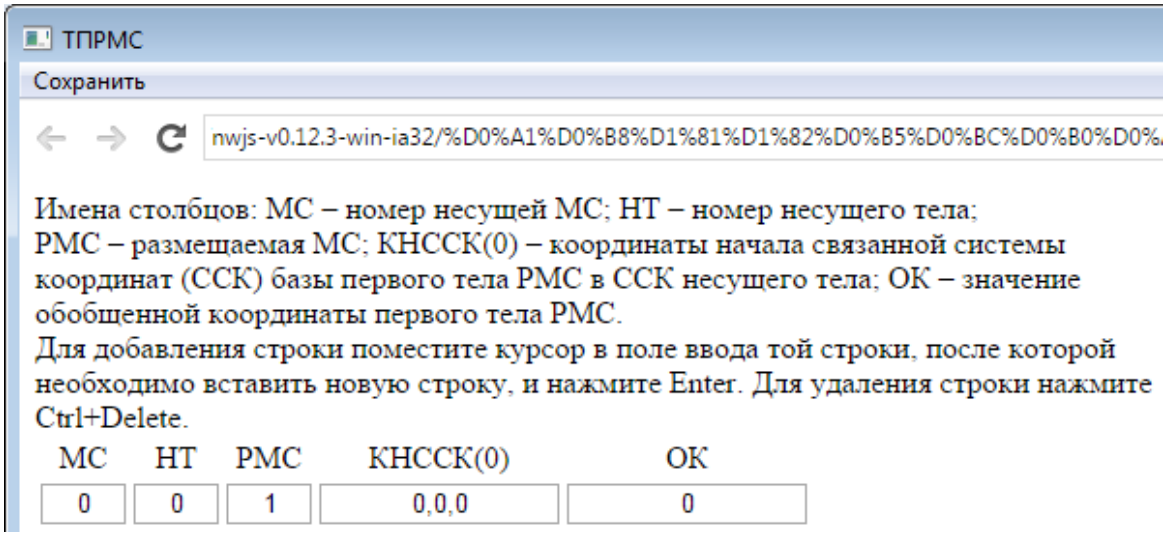


Рис. 11. Окно программы редактирования ТПРМС

Методику «снизу вверх» эффективно использовать при построении моделей сложных МС, состоящих из нескольких повторяющихся МС. Например, на рис. 12 приведена модель составной МС, состоящей из шестистепенного Н-образного корпуса (МС1), в центре которого размещен манипулятор (МС2 смотрите на рис. 6), и четырёх МС3, выполняющих функции ног. Соответствующая ТПРМС приведена в табл. 6. Модели ног (МС3) можно получить из модели МС на рис. 4. Для этого нужно копировать папку с этой моделью, переименовать её в МС3 и достроить модель манипулятора до модели ноги. В каждой ноге последнее тело (стопа) образует с предшествующим телом поступательную кинематическую пару с вертикальной осью. Направляющая стопы моделируется двумя боксами. Стопа моделируется боксом с шаром на конце.

Таблица 6

ТПРМС

МС	НТ	РМС	КНССК(0)	ОК
0	0	1	0,0,0	0
1	0	2	0,0,0	45
1	0	3	0.75,0,-0.5	0
1	0	3	0.75,0,0.5	0
1	0	3	-0.75,0,0.5	0
1	0	3	-0.75,0,-0.5	0

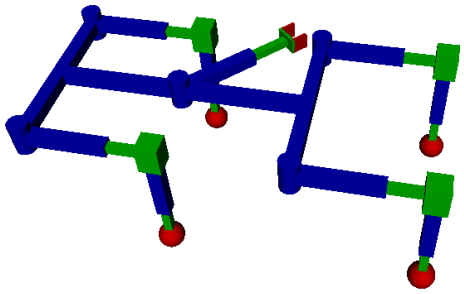


Рис. 12. X3D-модель составной МС

Заключение. Описанное здесь ПО в настоящее время тестируется. Желающие получить соответствующий код и выполнить описанные построения моделей могут обратиться к авторам по адресу goshanoob@mail.ru.

НИР «Разработка методического, алгоритмического и программного обеспечения автоматической генерации X3D-моделей управляемых механических систем для решения задач механики и управления роботизированным производством», промежуточным результатом которой является описанное ПО, поддержана фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 8699ГУ/2015 от 16.12.2015).

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

Библиографический список

1. Телегин, А.И. Web-приложение для моделирования механических систем со структурой открытого дерева [Электронный ресурс] / А.И. Телегин, Д.Н. Тимофеев // Наука ЮУрГУ: материалы 68-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 1123–1130. – URL: http://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_KONF&key=000549567&dtype=F&etype=.pdf.

К содержанию

УДК 005.334 + 005.6

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РЕАЛИЗАЦИИ В СМК СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 9001-2015 В ЧАСТИ ОЦЕНКИ РИСКОВ

В.А. Горшков

В статье рассмотрены вопросы об особенностях реализации в системах менеджмента качества современных предприятий требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в части оценки рисков.

Ключевые слова: риск-ориентированное мышление, управление качеством, среда предприятия.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 говорит о том, что риск-ориентированное мышление необходимо предприятиям для достижения устойчивого успеха, поскольку направление усилий на риски и возможности создаёт основу для повышения эффективности и результативности их СМК, достижения более высоких результатов и снижения или устранения негативного влияния рисков.

По ГОСТ Р ИСО 9001-2015 понимание заинтересованных сторон в настоящее время выходит за рамки ориентации исключительно на потребителя, в современном мире для предприятия жизненно важно учитывать все соответствующие заинтересованные стороны. Среда организации (внутренняя и внешняя) как раз и содержит в себе все заинтересованные стороны, а не только потребителей. При этом риски, влияющие на способность предприятий достигать намеченных результатов от СМК, могут исходить как от внутренней, так и от внешней среды предприятия.

Руководство предприятий должно понимать, что каждое предприятие по-своему уникально, а поэтому его внутренняя и внешняя среда будут также уникальны, в том числе и по своему влиянию на предприятие.

Для обеспечения лучшего понимания среды, предприятие должно из всего многообразия заинтересованных сторон, идентифицировать свои заинтересованные стороны, т.е. определить те заинтересованные стороны, которые могут реально представлять значительный риск для устойчивости именно вашего предприятия, если их потребности и ожидания не будут выполняться. Предприятие должно предусмотреть, какие действия необходимо ему выполнить, чтобы исключить или снизить риск со стороны соответствующих заинтересованных сторон, исходя из своих возможностей.

Необходимо отметить, что, если на внутреннюю среду руководство предприятия может оказывать влияние, иногда очень значительное (например, руководство и персонал чувствуют себя «одной семьёй», при этом роль главы семьи отводится руководству), то внешняя среда от предприятия – либо зависит незначительно (например, поставщики, потребители,

конкуренты и т.п.), а во многих случаях – вообще не зависит (например, цены на нефть, санкции, принятие новых законов и т.п.).

Кроме того, для крупных машиностроительных предприятий, имеющих сотни поставщиков и потребителей, внешняя среда может приобретать, поистине глобальный характер, т.к. поставщики и потребители могут находиться как в стране, где расположено предприятие, так и во многих зарубежных странах.

При организации работ по оценке рисков со стороны внешней среды предприятия, руководство, используя риск-ориентированное мышление, должно:

– определить и выделить заинтересованные стороны, которые оказывают или могут оказывать негативное влияние на достижение предприятием, запланированных им для СМК результатов, а также на способность предприятия поставлять продукцию и услуги, в соответствии с требованиями и ожиданиями потребителей и применимыми к ним законодательными и нормативными правовыми требованиями;

– провести ранжирование выделенных заинтересованных сторон по степени **«$C_з$»** их влияния на предприятие (например, по 5-ти балльной системе: «очень сильное» – 5 баллов, «сильное» – 4 балла, «не очень сильное» – 3 балла, «слабое» – 2 балла, «очень слабое» – 1 балл);

– оценить вероятность **«$B_з$»** того, что заинтересованная сторона реально окажет или сможет оказать негативное влияние на предприятие (например, по 5-ти балльной системе: «от 85 до 100 %» – 5 баллов, «от 75 до 85 %» – 4 балла, «от 50 до 75 %» – 3 балла, «от 20 до 50 %» – 2 балла, «от 5 до 20 %» – 1 балл);

– провести ранжирование заинтересованных сторон с учётом степени $\mathbf{C_з}$ и вероятности $\mathbf{B_з}$ их влияния на предприятие, определив для каждой заинтересованной стороны её ранг **«$P_п$»** по формуле (1), а затем, расположив заинтересованные стороны, например, по убыванию $\mathbf{P_п}$:

$$\mathbf{P_п = C_з \times B_з;} \quad (1)$$

– оценить степень (величину) потерь предприятия $\mathbf{П_в}$ от негативного влияния конкретной заинтересованной стороны $\mathbf{К_з}$ (например, «не полученная выгода или убыток» в тыс. руб.) по формуле (2). Очевидно, что «не полученная выгода или убыток» у каждого предприятия будет: во-первых – своя (по величине и по влиянию на предприятие, что существенно зависит от объёмов производства предприятия), а во-вторых – будет зависеть от заинтересованной стороны (каждая заинтересованная сторона оказывает влияние на свои аспекты деятельности предприятия, например, поставщик-монополист дефицитного материала, не поставив его вовремя или в требующемся объёме, может полностью остановить работу предприятия):

$$\mathbf{П_в = К_з \times P_п;} \quad (2)$$

– оценить возможности предприятия по снижению потерь от негативного влияния конкретных заинтересованных сторон. Возможности предприятия – это те средства, которые оно может реально потратить на проведение предупреждающих действий по снижению потерь, эти средства могут быть собственными или заёмными;

– выбрать заинтересованные стороны, у которых значение $\mathbf{П_в}$ максимальное. Это связано с тем, что возможности предприятия всегда ограничены, поэтому необходимо в первую очередь снизить влияние тех заинтересованных сторон, которые имеют наибольшее значение $\mathbf{П_в}$ и, соответственно, могут оказать максимальное влияние на работу предприятия;

– разработать предупреждающие действия по снижению потерь от негативного влияния заинтересованных сторон, исходя из имеющихся возможностей предприятия;

– выполнить предупреждающие действия по снижению потерь и оценить их результативность.

Руководство должно привлекать, удерживать и сохранять поддержку тех заинтересованных сторон, от которых зависит успех предприятия (например, участвуя в совместных проектах с потребителями или поставщиками по внедрению методик «Бережливого производства»).

Рассмотрим некоторые из заинтересованных сторон с точки зрения риска для устойчивого успеха организации:

– потребители. От них зависит устойчивый успех предприятия, это они являются источником средств для устойчивой работы предприятия. Поэтому руководство должно налаживать с потребителями долгосрочные взаимовыгодные отношения. Руководство должно удерживать потребителей, т.к. поиск и привлечение нового потребителя обходиться в 3–5 раз дороже, чем удержать имеющегося;

– поставщики. От поставщиков зависит качество и сроки поставки продукции предприятия потребителям. Особенно значительно влияние поставщиков на успешную работу предприятия, когда работа в ней организована по принципу «точно в срок» или по системе «канбан». Для того, чтобы снизить риски со стороны поставщиков, на предприятии должна быть разработана и выполняться процедура выбора и оценки поставщиков, а также процедура долговременных взаимовыгодных отношений с поставщиками;

– работники предприятия. Работники предприятия создают ценность для потребителя и от них в значительной мере зависит удовлетворённость потребителей и других соответствующих заинтересованных сторон**.** Руководство предприятия должно понимать, что лозунг советского периода: «Кадры решают всё!», не только не устарел, но давно взят на вооружение нашими западными «учителями», как универсальный и не зависящий от системы хозяйствования. Поэтому руководство должно создать на предприятии такую атмосферу**,** чтобы работники и руководство были «одной семьёй», чтобы работники доверяли руководству и поддерживали его в трудные времена;

– партнёры. Выбор надёжных партнёров - это забота высшего руководства. От правильного выбор партнёров может зависеть жизнеспособность предприятия;

– владельцы. Владельцев, как и родителей, не выбирают, но от них существенно зависят видение, миссия, политики и цели предприятия. Часто владельцы в погоне за сиюминутной выгодой, «рубят голову курице, несущей золотые яйца». Руководству предприятия (наёмным менеджерам) нужно уметь оперативно оценивать риски от таких решений и убеждать владельцев не принимать скоропалительных решений;

– конкуренты. Руководство предприятия должно постоянно изучать и анализировать продукцию и действия конкурентов и стараться опередить их. Предприятию, чтобы иметь устойчивый успех, необходимо быть «на шаг» впереди конкурентов, а для этого руководство должно поощрять разработку и внедрение в производство «ноу-хау», патентования разработок, внедрение эффективных методов организации производства, таких как «бережливое производство» или система «канбан». Кроме того, на предприятии должна быть налажена работа, направленная на сбор данных о состоянии дел у конкурентов, о том в каком направлении они ведут свои работы по привлечению новых потребителей.

При организации работ по оценке и снижению рисков со стороны внутренней среды предприятия, руководство должно:

– разрабатывать «Планы действий на случай непредвиденных обстоятельств», чтобы выполнять требования потребителей в чрезвычайных случаях, таких, как срывы в работе коммунальных служб, нехватка рабочей силы, отказ основного оборудования и вывод его из эксплуатации. Эти планы должны предусматривать действия руководителей в случаях, например, отключения электроэнергии, возможных аварийных ситуаций на производстве, стихийных бедствий, забастовок и т.п. Эти планы должны быть направлены на снижение риска невыполнения контрактных требований потребителей;

– проводить анализ производственных возможностей предприятия в части выполнения всех требований, установленных потребителями, включая требования, относящиеся к поставке и деятельности после поставки, законодательных и нормативных правовых требований, применимых к продукции и т.п., другими словами, предприятие должно исследовать, подтвердить и задокументировать способность произвести предлагаемую продукцию, с учётом результатов анализа рисков;

– при планировании и проведении работ по проектированию и разработке продукции в обязательном порядке проводить:

– FMEA-анализ («Анализ видов и последствий потенциальных отказов»), с целью уменьшения потенциальных рисков, при этом FMEA-анализу должны подвергаться как конструкция, так и производственные процессы;

– QFD-анализ («Структурирование функции качества»), направленный на перенесение потребностей потребителя на конкретные требования и характеристики разрабатываемой продукции;

– ФСА – функционально-стоимостной анализ, направленный на создание изделий, выполняющих часть основных функций при минимальных затратах и др.;

– в планах качества учитывать выходные данные FMEA-конструкции и FMEA-процесса производства», QFD-анализа, ФСА-анализа и т.п.;

– определить периодичность оценки рисков, например, ежеквартально или один раз в полугодие на Совете по качеству предприятия, организовать разработку документированной информации по оценке рисков и возможностей предприятия по снижению негативного влияния рисков на предприятие (методики, инструкции и т.п.), а также организовать разработку предупреждающих действий по снижению рисков с учётом возможностей предприятия.

Для того, чтобы руководство при создании своей СМК применяло риск-ориентированный подход необходимо, чтобы оно понимало влияние окружающей среды и те условия, в которых предприятие функционирует, и определяло риски и возможности, которые необходимо при этом принимать во внимание.

В случае, если риск для предприятия возникает неожиданно, руководство должно немедленно произвести анализ влияния этого риска и, при необходимости, разработать предупреждающие действия по снижению его негативного влияния на предприятие.

Заключение

1. При внедрении на предприятии стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 руководство предприятия должно организовать разработку документированной информации, направленной на оценку рисков со стороны среды предприятия (внутренней и внешней), которые могут негативно повлиять на устойчивый успех предприятия.

2. Разработать и внедрить на предприятии методики: FMEA-анализа, QFD-анализа, ФСА-анализа и др.

3. На Советах по качеству предприятия регулярно проводить оценку рисков со стороны среды предприятия и принимать меры по снижению их негативного влияния на предприятие.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015.

К содержанию

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ В г. ЗЛАТОУСТ

УДК 621.9.015

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ КОНЦЕВЫМИ МЕРНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ НА ПЕРЕХОДАХ

С.П. Пестов

Приведены результаты компьютерного моделирования точности обработки отверстий на переходах, выполняемых концевыми мерными инструментами (КМИ) типа двухлезвийные спиральные свёрла, многолезвийные зенкеры и развёртки.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, точность, переходы, обработка, отверстия, концевые мерные инструменты.

Конструкции современных машин содержат детали, имеющие точные отверстия или отверстия с высокими требованиями к параметрам точности диаметрального размера, формы и расположения оси. Обработка таких отверстий, в том числе на оборудовании с ЧПУ, производится в несколько переходов с использованием стандартных КМИ типа двухлезвийных спиральных свёрл, многолезвийных зенкеров и развёрток. Однако обработка точных отверстий КМИ, особенно на станках с ЧПУ, сопряжена со значительными трудностями, обусловленными недостаточностью исследований по изучению влияния на точность условий обработки и конструкторско-технологических факторов, определяемых параметрами КМИ, заготовки и металлорежущего станка с ЧПУ.

Компьютерное моделирование точности, или постановка компьютерных экспериментов с различными сценариями их проведения, позволят с наименьшими затратами изучить закономерности обеспечения точности обработки отверстий и выработать рекомендации по повышению точности для условий, определяемых заданными исходными параметрами.

Для исследований использована разработанная нами компьютерная методика расчёта точности на этапе формообразования [1]. Компьютерные эксперименты по этой методике проведены для наиболее часто применяемых переходов сверления, зенкерования и развёртывания.

Для экспериментов выбраны соответствующие этим переходам стандартные режущие инструменты: двухлезвийное сверло спиральное, многолезвийные зенкер и развёртка, которые закрепляются непосредственно в шпинделе металлорежущего станка. В компьютерных исследованиях целесообразно выполнить серию однофакторных вычислительных экспериментов, отдельно изучая влияние основных конструкторско-технологических

параметров и условий обработки на точность отверстий. Условия проведения компьютерных экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения компьютерных экспериментов

Переход	Режущий инструмент
1. Сверление	1 Сверло спиральное с коническим хвостовиком (ОСТ2 И20-2-80)
2. Зенкерование	2 Зенкер №2 цельный быстрорежущий с коническим хвостовиком (ОСТ2 И20-2-80)
3. Развёртывание	3 Развёртка быстрорежущая с коническим хвостовиком (ОСТ2 И26-1-74)

Режущий инструмент

Инструмент	Материал	$D_и$, мм	φ, °	Δφ, °	τ, мм	z	$l_и$, мм
1	Р6М5	$14_{-0,027}$	59	±2	0,10	2	128
2	Р6М5	$16^{0,070}_{0,036}$	60	±2	0,04	3	143
3	Р6М5	$18^{0,015}_{0,008}$	15	±2	0,02	8	135

Заготовка

Переход	Материал	$\sigma_в$, МПа	L_o, мм	D_o, мм	h, мм	$\Delta^o_\ominus$, мм	Δ^o_o, мм	$\Delta^o_\perp$, мм
1	Сталь 45	600	50	-	6	-	-	-
2				14Н13	1	0,24	0,080	0,1
3				17,6Н9	0,10	0,10	0,050	0,06

Металлорежущий станок

Переход	Подача S, мм/об	Осевые биения шпинделя O_S, мм	Число биений за оборот n	Погрешность настройки $\omega_{настр}$, мм
1	0,2	0,10	1	0,042
2	0,3			
3	0,8			

Примечания. Режущий инструмент: D_u – диаметр инструмента; φ – главный угол в плане, τ – осевое биение режущих лезвий, z – число зубьев инструмента; l_u – вылет инструмента.

Заготовка: $\sigma_в$ – предел прочности, L_0 – длина отверстия; D_0 – диаметр предварительно обработанного отверстия; h – припуск; $\Delta^o_\oplus, \Delta^o_o, \Delta^o_\perp$ – параметры точности предварительно обработанного отверстия ($\Delta^o_\oplus$ – позиционное отклонение, Δ^o_o – отклонение от круглости, $\Delta^o_\perp$ – отклонение от перпендикулярности).

Металлорежущий станок с ЧПУ: S – осевая подача; O_S – осевые биения шпинделя; n – число осевых биений шпинделя за один оборот; $\omega_{настр}$ – погрешность этапа настройки.

Компьютерные эксперименты проводились при варьировании следующих основных конструкторско-технологических параметров:

а) для перехода сверления – осевой подачи S; главного угла в плане φ; осевых биений шпинделя O_S и осевого биения режущих лезвий τ;

б) для перехода зенкерования – главного угла в плане φ; осевого биения режущих лезвий τ; осевых биений шпинделя O_S; жесткости инструмента J;

в) для перехода развёртывания – главного угла в плане φ; осевой подачи S; числа зубьев развёртки z; припуска h.

По результатам компьютерных экспериментов построены графики, выражающие закономерности влияния заданных конструкторско-технологических параметров и условий обработки на точность отверстий (рис. 1-3).

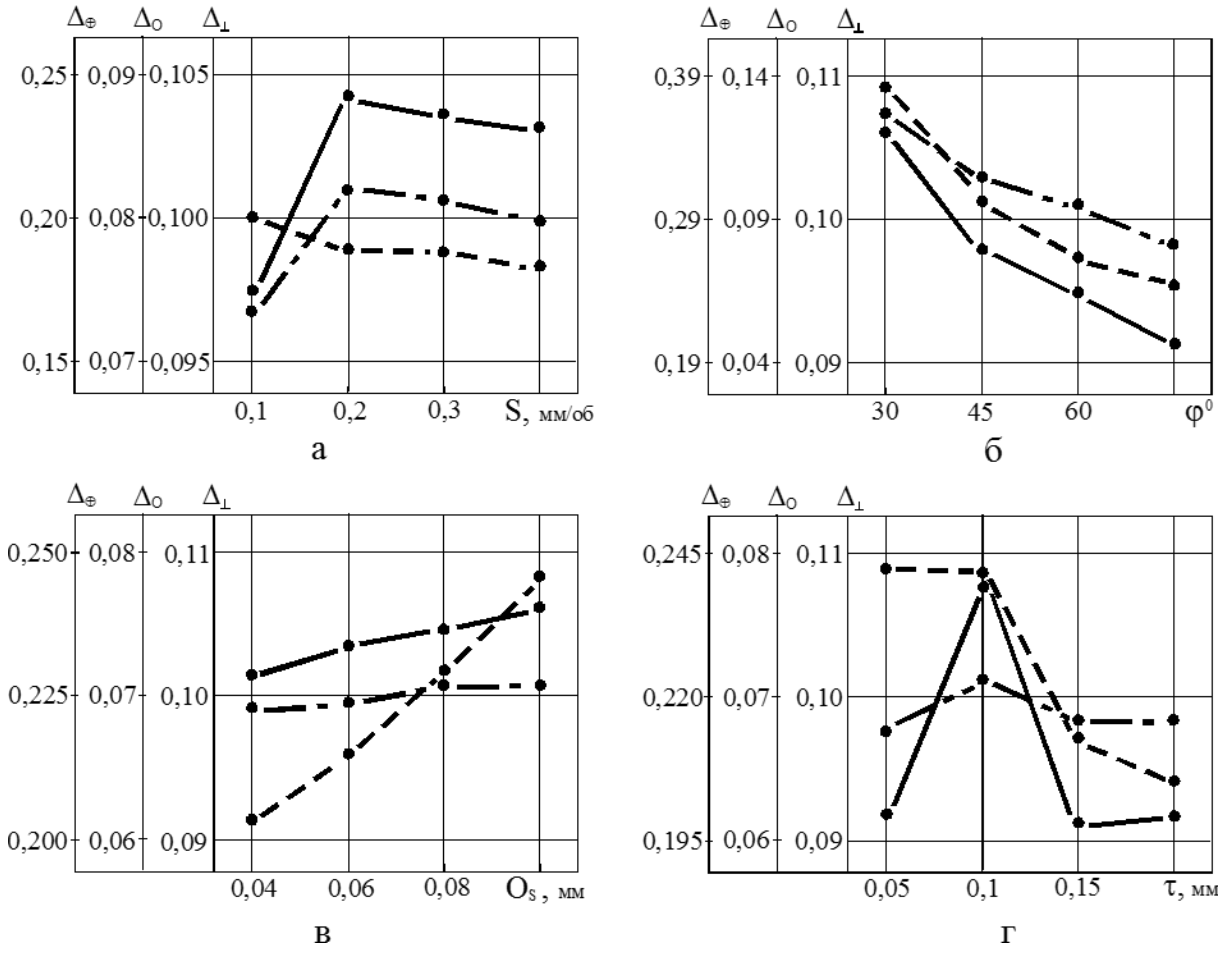


Рис. 1. Влияние при сверлении подачи (а); главного угла в плане (б); осевых биений шпинделя (в); осевого биения режущих лезвий (г) на параметры точности отверстий, мм
(позиционные отклонения $\Delta_{\oplus}$ ———;
отклонения от круглости Δ_0 – – – –;
отклонения от перпендикулярности $\Delta_{\perp}$ — · —)

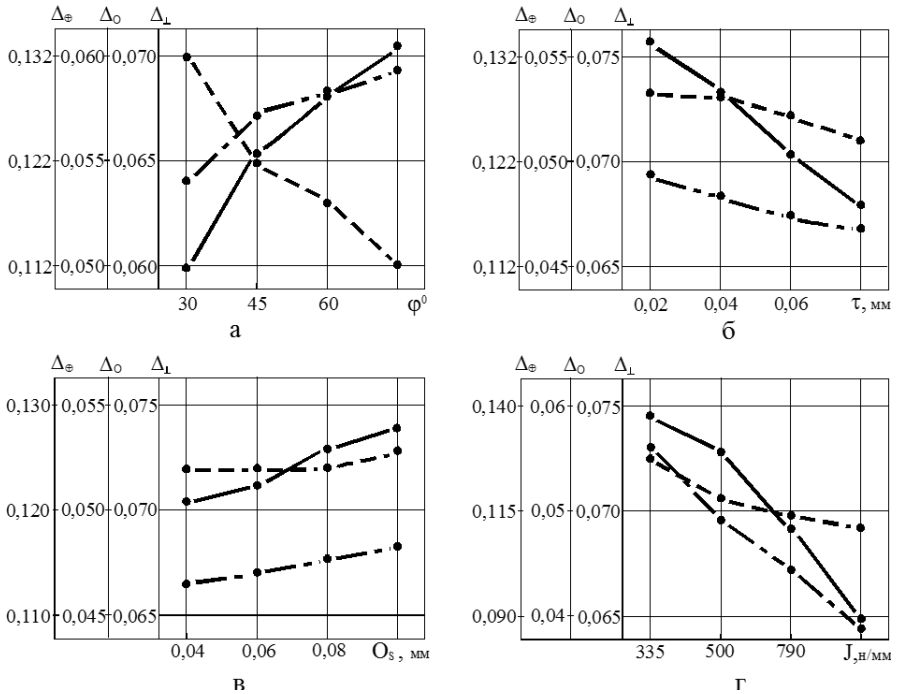


Рис. 2. Влияние при зенкеровании главного угла в плане (а); осевого биения режущих лезвий (б); осевых биений шпинделя (в); жесткости режущего инструмента (г) на параметры точности отверстий, мм (позиционные отклонения $\Delta_{\oplus}$ ———; отклонения от круглости Δ_0 – – – –; отклонения от перпендикулярности $\Delta_{\perp}$ — · —)

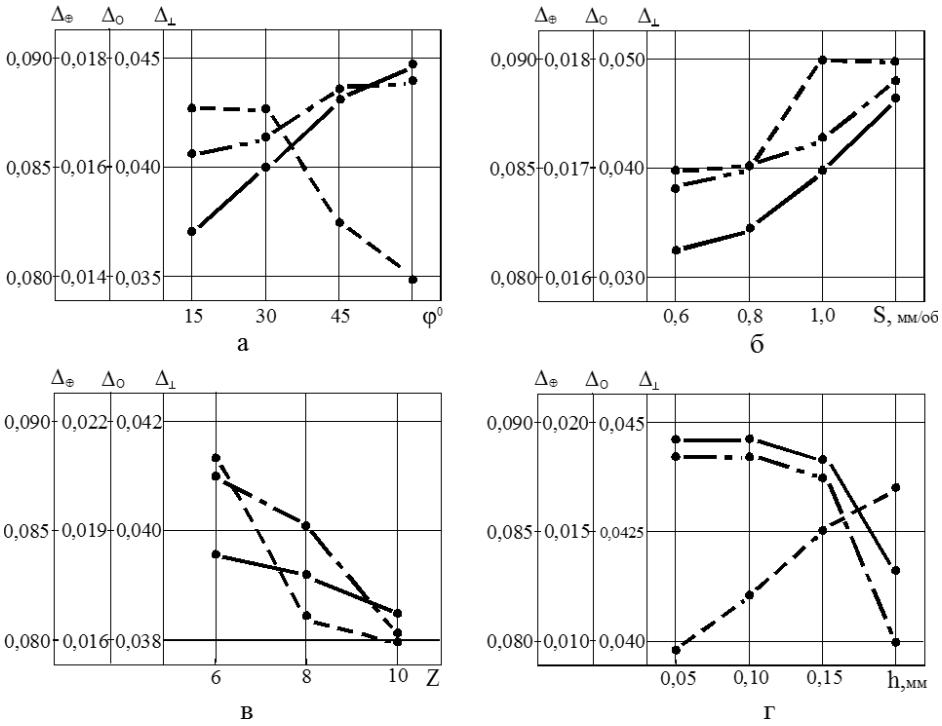


Рис. 3. Влияние при развёртывании главного угла в плане (а); подачи (б); числа зубьев (в); припуска (г) на параметры точности отверстий, мм (позиционные отклонения $\Delta_{\oplus}$ ———; отклонения от круглости Δ_0 – – – –; отклонения от перпендикулярности $\Delta_{\perp}$ — · —)

Итак, проведенные компьютерные исследования позволили оценить влияние основных конструкторско-технологических параметров и условий обработки, таких как осевая подача S; главный угол в плане $\varphi(2\varphi)$; осевое биение режущих лезвий τ; осевые биения шпинделя O_S станка; жесткость режущего инструмента J_i; припуск h; количество зубьев z инструмента на обеспечение точности по позиционному отклонению, отклонению оси от перпендикулярности и отклонению от круглости для переходов сверления, зенкерования и развёртывания при использовании стандартных КМИ. Так, например, установлено, что на переходе сверления спиральным сверлом диаметром D_u = $14_{-0.027}$ мм при относительно больших подачах ($S \geq 2\tau$) с увеличением осевой подачи позиционные отклонения и отклонения от перпендикулярности уменьшаются.

По результатам компьютерных исследований разработаны рекомендации по повышению точности обработки отверстий КМИ (табл. 2).

Таблица 2

Рекомендации по повышению точности обработки отверстий КМИ

<table>
<tr><th colspan="2">Параметры точности</th><th>Позиционные отклонения</th><th>Отклонения от перпендикулярности</th><th>Отклонения от круглости</th></tr>
<tr><td rowspan="9">Переходы</td><td rowspan="4">Сверление</td><td colspan="2">1. При подачах $S<2\tau$ снизить подачу или при $S\geq 2\tau$ – повысить подачу</td><td>1. Повысить подачу</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Увеличить главный угол в плане</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Снизить осевые биения шпинделя</td></tr>
<tr><td colspan="3">4. При подачах $S<2\tau$ увеличить осевое биение режущих лезвий, а при подачах $S\geq 2\tau$ – снизить их
5. Повысить жесткость элементов технологической системы</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Зенкерование</td><td colspan="2">1. Уменьшить главный угол в плане</td><td>Увеличить главный угол в плане</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Снизить осевые биения шпинделя
3. Увеличить осевое биение режущих лезвий
4. Повысить жесткость элементов технологической системы</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Развёртывание</td><td colspan="2">1. Увеличить припуск</td><td>1. Уменьшить припуск</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. Уменьшить главный угол в плане φ</td><td>2. Увеличить главный угол в плане φ</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Увеличить число зубьев развёртки</td></tr>
<tr><td colspan="3">4. Снизить осевую подачу</td></tr>
<tr><td colspan="3">5. Повысить жесткость элементов технологической системы</td></tr>
</table>

Например, при развёртывании для снижения позиционных отклонений и отклонений от перпендикулярности необходимо уменьшать осевую подачу и главный угол в плане, увеличивать число зубьев развёртки, повышать жесткость инструмента.

Таким образом, проведение компьютерных исследований позволяет выявить закономерности влияния отдельных факторов и условий на обеспечение точности обработки отверстий КМИ, которые будут востребованы для совершенствования технологической подготовки производства деталей на станках с ЧПУ, при разработке и отладке технологии обработки отверстий в производственных условиях.

Библиографический список

1. Пестов, С.П. Компьютерная методика расчёта точности формообразования отверстий на станках с ЧПУ / С.П. Пестов // Наука ЮУрГУ: материалы 68-й науч. конф. Секции техн. наук. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2016. – С. 1194-1200.

К содержанию

УДК 004.9 + 004.62 + 659.113

СБОР И АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА АУДИТОРИИ САЙТОВ

Г.В. Сорокин

Для обеспечения эффективности интернет-рекламы современные компании используют механизмы, которые позволяют выделить из всей имеющейся аудитории только ту часть, которая удовлетворяет заданным критериям, и показать рекламу именно ей. В статье приведены методы, которые могут использоваться при сборе и анализе данных для мониторинга аудиторий, а также реализация этих методов в Microsoft Excel с помощью VBA.

Ключевые слова: куки, эффективность рекламы, интернет-ресурсы, VBA.

HTTP Cookie или куки представляют собой небольшой набор данных, который сервер посещенного сайта записывает в браузер клиента. Они применяются для аутентификации пользователя, сохранения пользовательских настроек для сайта и для ведения статистики рекламными компаниями [1]. В последнем случае с их помощью отслеживаются действия пользователей на сайте. Далее из этих данных рекламные компании формируют

анонимные профили пользователей для более точного нацеливания рекламы [2]. Например, когда пользователь посещает сайт учебного заведения, рекламная компания в профиле отмечает для себя, что пользователю интересна информация, связанная с образованием, и в дальнейшем предоставляет ему подобные ресурсы в виде рекламы в интернете.

Пользователи (куки) формируются в группы по общим признакам: возраст, пол, интересы, доходы и т.д. Пользователю с предположительным возрастом до 18 лет будет предлагаться реклама, отличная от тех, кому за 40. В более узком смысле можно формировать группу кук, которые оформляли покупки в конкретном интернет-магазине или просто посещали его. В случае падения аудитории сайта – привлекать новых пользователей, близких по параметрам к тем, кого этот сайт уже заинтересовал.

Также стоит отметить, что кука не долговечная и в рекламных целях не имеет смысл хранить ее более 30 дней.

Рассмотрим следующую задачу: рекламная компания отслеживает изменение в аудитории пользователей определенных магазинов. В нашем доступе имеются следующие данные (рис. 1):

1) количество пользователей;
2) количество новых пользователей за расчётный день;
3) некоторый показатель ведения рекламной кампании.

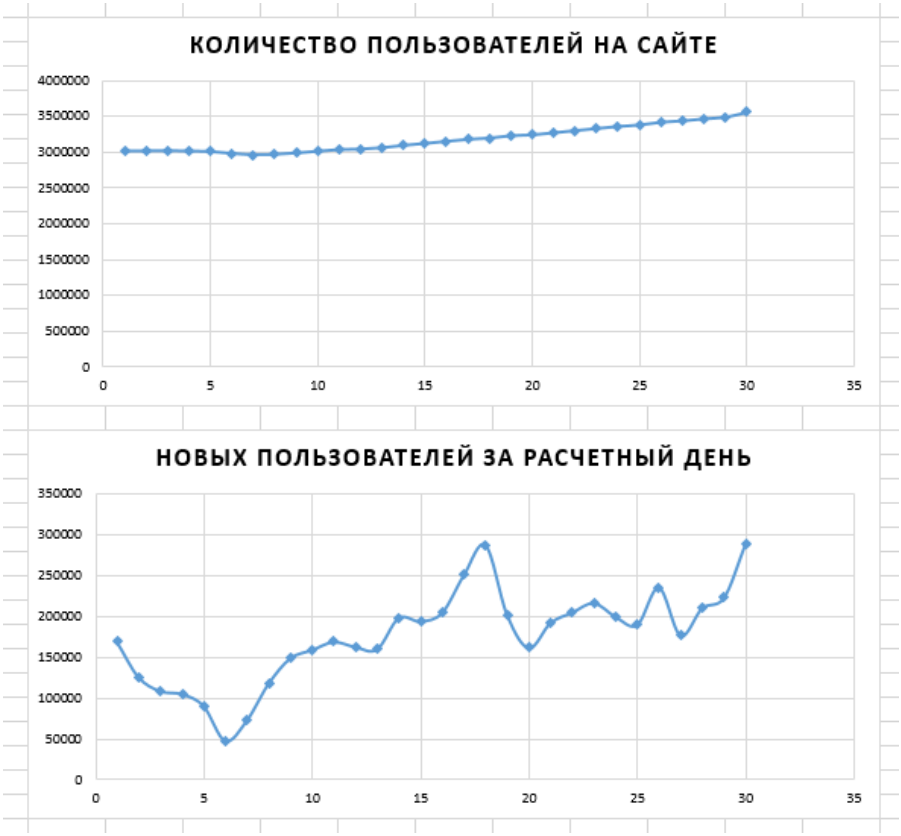


Рис. 1. Начальные данные, представленные в виде графиков

Необходимо отслеживать, чтобы аудитория в группе не сокращалась в объеме и имела стабильный ежесуточный прирост. Для отслеживания используется alert-система, которая оповещает ответственных сотрудников, если количество пользователей будет меньше минимального допустимого количества – показателя minAuditory, а минимальное суточное обновление аудитории меньше показателя minNewAuditory.

Данные показатели должны быть подобраны таким образом, чтобы небольшие колебания не провоцировали alert-события, а динамика понижения показателей день ото дня наоборот была бы донесена до сведения специалистов.

Возьмем за правило, что для определения нормативного показателя в графиках с устойчивым ростом, устойчивым падением или волнообразностью нужно высчитать среднесуточное значение метрики, а для определения нормативного показателя в равномерных графиках нужно высчитать среднесуточное значение метрики и уменьшить его на 15 %. Также если при обновлении контрольных цифр было выявлено значительное планомерное (30 % и более) либо резкое сокращение значения одного из показателей, необходимо уведомить специалиста независимо от alert-системы.

Если в показателе ведения рекламной кампании за последние 7 дней нет данных – уведомление о падении не требуется (скорее всего кампания отключена).

Таким образом, для определения нормативного показателя необходимы параметры роста (устойчивое падение, рост) и отклонения от среднего значения (волнообразность).

Проверяем показатели за последний месяц. В качестве роста мы используем величину Рост. Она показывает, на сколько процентов увеличивается показатель ежедневно.

$$\text{Рост} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_{\text{ср}}} 100\%$$

Поскольку показания Y имеют дискретные значения, мы будем использовать линейную интерполяцию. Коэффициенты находим по формулам:

$$\text{Коэф. } A = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{N\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\text{Коэф. } B = \frac{\sum y - a\sum x}{N}$$

Полученные данные можно классифицировать семантически, воспользовавшись нечеткими множествами [3] (рис. 2).

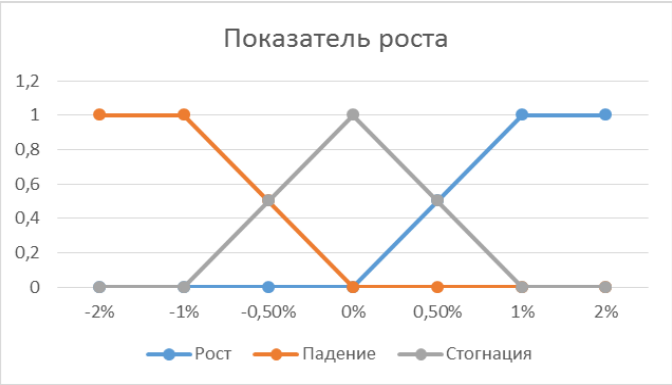


Рис. 2. Значения параметра роста

Так при значениях показателя роста меньше -1 % мы можем говорить о явном падении аудитории, тогда как в промежутке от -0,5 % до 0,5 % показатель будет больше стабильным, чем изменяющимся.

На данном этапе мы можем задать контрольную цифру, равную среднесуточному значению динамики с явным ростом или явным падением. В качестве отклонения мы используем формулу стандартного отклонения:

$$\text{Отклонение} = \sqrt{\frac{\Sigma(y - y_{ср})}{N}}$$

Случай «скорее стабильный, чем изменяющийся» будет проверяться на «волнообразность» – отклонение больше или меньше 10 %. Неявные рост и падение мы также оценим на «волнообразность» увеличив нормированное значение до 12 %.

Если график не имеет большого отклонения от среднего значения, делается контрольная проверка по Росту. На вход подаются показатели уже за три последних месяца, показатели роста сравниваются со значениями – 0,75 % и +0,75 %.

Данный алгоритм проверки был реализован на MS Excel средствами VBA. Написанный сценарий импортирует таблицы с данными аудитории из закрытых web-ресурсов рекламной компании, используя коллекцию QueryTables. Полученные из алгоритма контрольные значения округляются с необходимой точностью и собираются в отдельный CSV-файл, который передается в alert-систему (табл.).

Таблица

Правила округления контрольных значений

10	с точностью до 5
100	две значащих цифры
1 000	две значащих цифры
10 000	с точностью до 500
100 000	с точностью до 5000
1 000 000	три значащих цифры
10 000 000	три значащих цифры

Также в сценарии отслеживаются аудитории с устойчивым падением. Под критерий попадают случаи, когда:

– линия тренда нисходящая и конечное ее значение на 30 и более процентов меньше начального;

– линия тренда возрастает/не изменяется в течение периода и текущее значение метрики на 30 и более процентов меньше конечного значения линии тренда.

Библиографический список

1. Бабаев, А. Контекстная реклама. Учебник / А. Бабаев, Н. Евдокимов, А. Иванов. – СПб.: Питер, 2011. – 304 с.

2. Геддс, Б. Google AdWords. Исчерпывающее руководство / Б. Геддс. – М.: «Манн, Иванов и Фербер», 2014. – 624 с.

3. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

К содержанию

УДК 621.362

АВТОНОМНОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО НА БАЗЕ МОДУЛЯ ПЕЛЬТЬЕ

В.М. Сандалов, К.В. Романов

Рассмотрены вопросы, посвященные исследованию автономного зарядного устройства на базе модуля Пельтье в качестве генератора электрической энергии.

Ключевые слова: модуль Пельтье, автономный источник, энергонезависимость, зарядное устройство.

Жизнедеятельность человека и природы всегда связана с разностью температур. Элемент Пельтье – простейший преобразователь тепловой энергии в электрическую и, соответственно, потенциально наиболее эффективный инструмент для создания автономного зарядного устройства. Очевидно, что гарантированный и независимый источник питания устройств телекоммуникации в современных условиях, когда мобильные устройства развиваются и требуют все большей мощности, необходим.

Одно из решений данной проблемы – это внешний аккумулятор с солнечной батареей – Power Bank, однако он не имеет возможности самостоятельной подзарядки.

Зарядные устройства могут быть основаны на ином принципе – элементе Пельтье. Модуль Пельтье позволяет преобразовывать тепловую энергию в электрическую и наоборот [3].

В настоящее время модули Пельтье используются в основном в режиме генератора тепловой энергии, а не электрической. На рынке бытового оборудования представлены автохолодильники, рассчитанные на напряжение аккумулятора машины с разницей температур с окружающей средой до 30–40 градусов Цельсия. Также модули Пельтье применяют в компьютерной технике для охлаждения электронных компонентов вычислительной техники. Кроме того, имеются туристические печи с электрогенератором Пельтье стоимостью от 40000 рублей. Но в таких печах используются специализированные модули Пельтье, рассчитанные на большие перепады температур порядка 100–200 градусов Цельсия [2].

Применение модулей Пельтье в автономном зарядном устройстве ограничивает ряд нерешенных важных научно-технических задач, таких как отсутствие рекомендаций по применению элементов Пельтье при небольших перепадах температур, недостаточность проработки вопросов о стабилизации тока зарядки, проблемы нагрева и охлаждения поверхностей.

Элемент Пельтье – это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье – возникновении разности температур при протекании электрического тока. Элемент Пельтье может быть и генератором электрической энергии. Генерация базируется на эффекте Зеебека – явлении возникновения ЭДС в замкнутой электрической цепи, состоящей из последовательно соединённых разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах. Возникновение эффекта Зеебека вызвано несколькими эффектами:

- зависимость средней энергии электронов от температуры в различных веществах;
- различная зависимость от температуры контактной разности потенциалов;
- фононное увлечение.

Для оценки термо-ЭДС используют выражение:

$$E=\int_{T_1}^{T_2}\alpha_{12}(T)dT,$$

где α_{12} – коэффициент термо-ЭДС; T_2 – температура «горячей» стороны элемента; T_1 – температура «холодной» стороны элемента.

Целью работы являлось исследование достаточно дешевых и довольно распространенных полупроводниковых модулей Пельтье при различных условиях в режиме генератора электрической энергии (табл. 1).

Можно отметить, что цена розничной закупки элемента Пельтье повышается с ростом его тепловой мощности при относительно малом

изменении габаритов элемента. Естественно, цена зависит от страны-производителя и от объема закупки.

Таблица 1

Паспортные данные модулей Пельтье

Параметр	Характеристики		
Тип элемента	TEC1-127120	TEC1-127060	TEC1-127040
Тепловая мощность, Вт	120	60	40
Разность температур, °С	60	60	60
Максимальный ток, А	12	6	4
Максимальное напряжение, В	15,4	15,4	15,4
Габариты (АхВхС), мм	50х50х4	40х40х4	40х40х4,8
Стоимость (отечественный производитель/Китай), руб.	2300/400	1000/200	980/120

На первом этапе выполнения проекта исследования проводились на установке, приведенной на рис. 1. Электрическая схема опыта приведена на рис. 2. Перечень измерительных приборов лабораторной установки и их погрешности представлены в табл. 2.

Рис. 1. Фотография экспериментальной установки

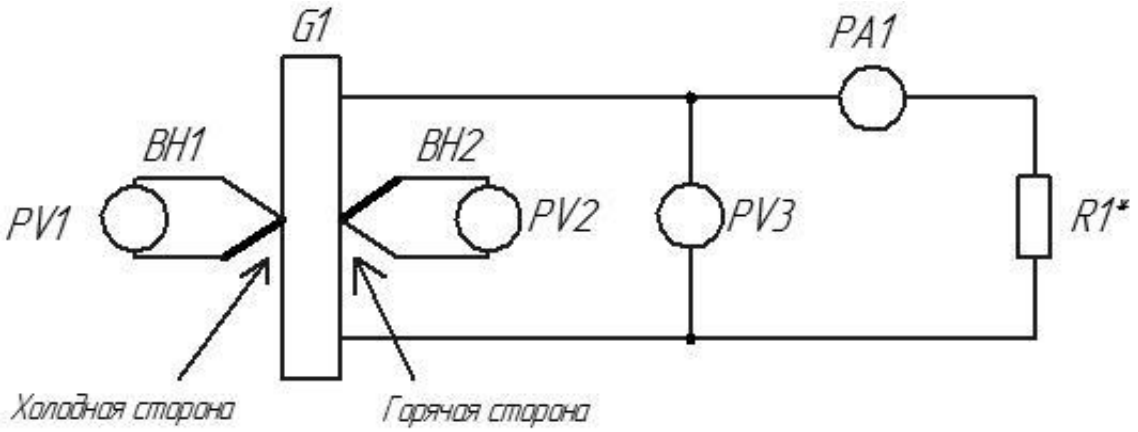


Рис. 2. Схема функциональная экспериментальной установки

Таблица 2

Перечень измерительных приборов лабораторной установки

Название прибора	Обозначение	Параметр	Погрешность
Ампервольтметр Ц4311	PA1	Ток нагрузки	±0,5 %
Мультиметр Mastech M890C с термопарой (BH1)	PV1	Температура	± 0,75 % ± 3 °C
Мультиметр HoldPeak HP-890CN с термопарой (BH2)	PV2	Температура	± 0,65 % ± 3 °C
Мультиметр Mastech M890G	PV3	Напряжение	±1,2 %

Одна сторона элемента Пельтье была прикреплена к нагревателю с регулируемой температурой нагрева, а другая – к водяной системе охлаждения. С обеих сторон фиксировалась разность температур и, изменяя нагрузку R1*, снимались электрические характеристики. Результаты опытов холостого хода приведены на рис. 3, где за базу принята температура «холодной» стороны элемента Пельтье.

ЭДС холостого хода линейна для каждого элемента Пельтье и практически не зависит от его мощности. В зоне отрицательных температур «холодной» стороны ЭДС критически снижается. Таким образом, возможность рационального применения элементов Пельтье в качестве генератора электрической энергии связана с необходимостью нагрева одной из сторон до максимальной температуры порядка 80 °C.

Нагрузочные характеристики элементов Пельтье при постоянном перепаде температур 60 °C приведены на рис. 4. Вольт-амперные характеристики с высокой точностью аппроксимируются прямыми, а зависимость мощности от тока – параболами.

По аппроксимирующим характеристикам рассчитаны параметры элементов Пельтье с учетом режима работы (табл. 3).

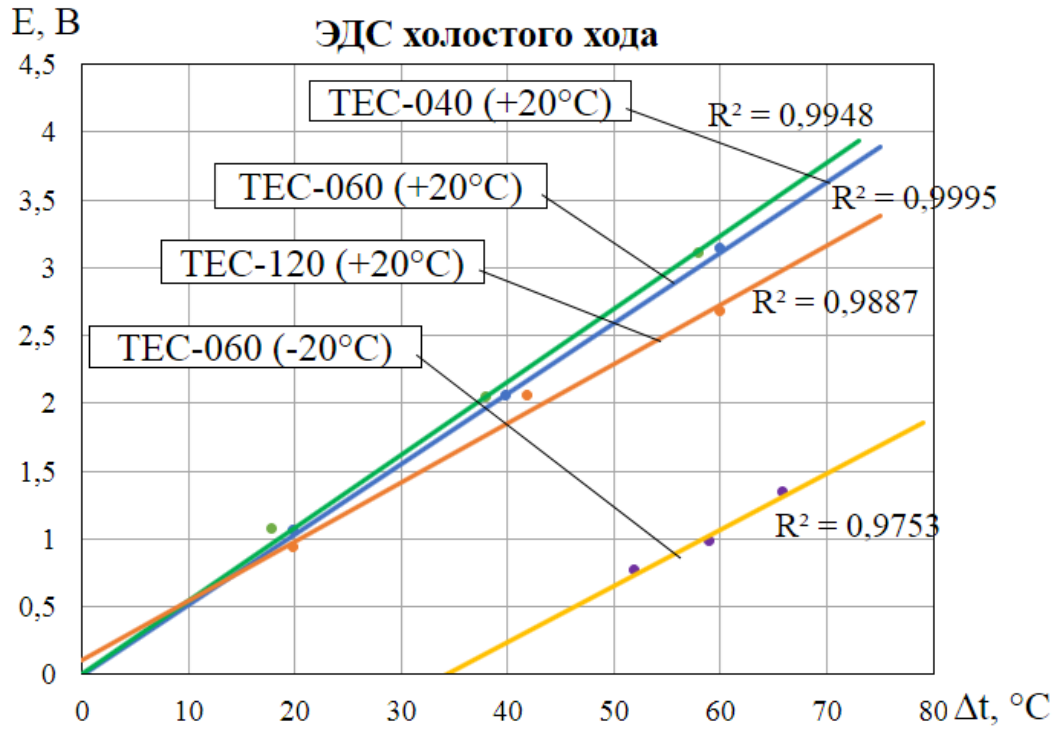


Рис. 3. Характеристики холостого хода

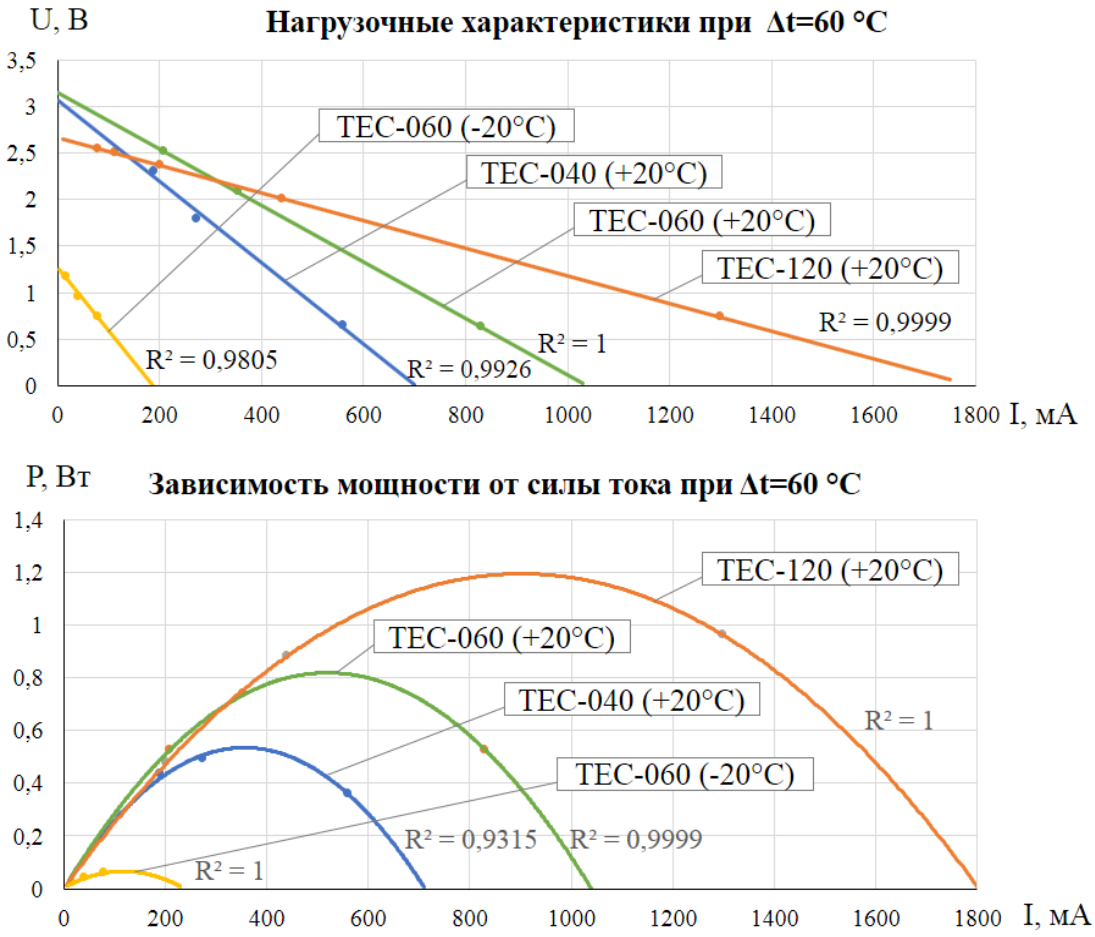


Рис. 4. Нагрузочные характеристики элементов Пельтье

Таблица 3

Расчетные параметры элементов Пельтье

Тип элемента	Ток КЗ, мА	ЭДС ХХ, В	Внутреннее сопротивление, Ом	Максимальная мощность, Вт (о.е.)
ТЕС-040 (+20)	700	3,1	4,4	0,55 (0,0138)
ТЕС-060 (+20)	1020	3,2	3,1	0,82 (0,0137)
ТЕС-060 (-20)	190	1,25	6,6	0,05 (0,00083)
ТЕС-120 (+20)	1800	2,7	1,5	1,2 (0,01)

Анализ данных показывает, что в режимах генерации электрической энергии вырабатываемая мощность по отношению к заявленной производителем выходной тепловой в обратном режиме не превышает 1–1,5 %.

Эффективность выработки электроэнергии определяется температурой «горячей» стороны, например, при снижении этой температуры в 2 раза на элементе ТЕС-60 и одинаковом перепаде температур выходная максимальная мощность снизилась в 16 раз, ЭДС холостого хода – в 2,5 раза, а внутреннее сопротивление элемента увеличилось в 2 раза.

Полученные результаты позволили разработать макет зарядного устройства (рис. 5).

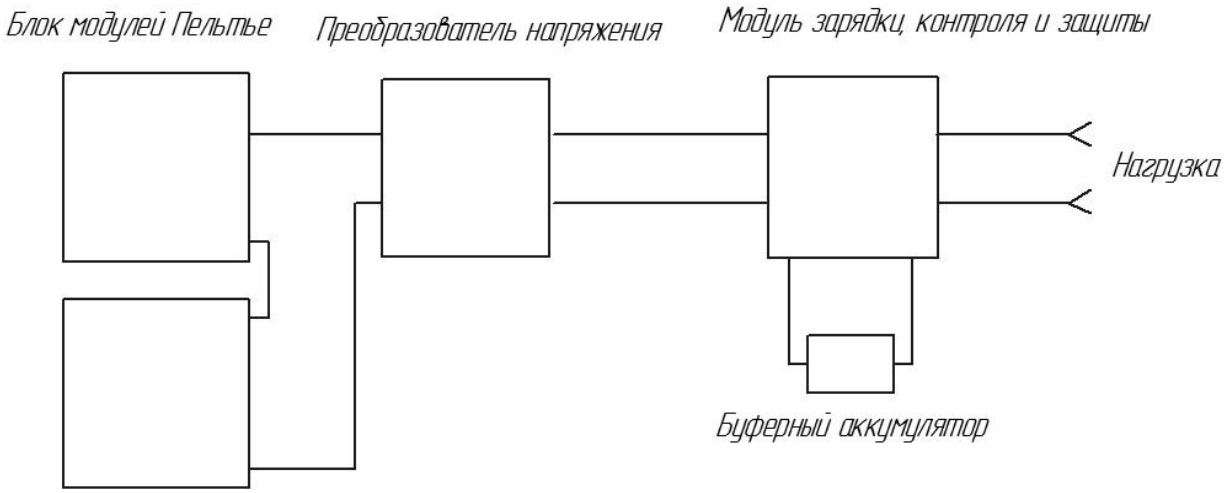


Рис. 5. Схема структурная автономного зарядного устройства

Зарядное устройство структурно состоит из двух основных модулей: модуля генерации на базе нескольких соединенных последовательно и параллельно генераторных элементов Пельтье и модуля управления в составе преобразователя напряжения, модуля зарядки, контроля и защиты, а также буферного аккумулятора.

Проведенные эксперименты показали, что добиться устойчивой разности температур можно только при эффективном жидкостном водяном ох-

лаждении и нагреве контактных площадок элементов Пельтье. Связано это с тем, что удельная теплоемкость воды (4200 Дж/(кг*°С)) выше удельной теплоемкости элементов Пельтье, а именно основного элемента теплопередачи – керамического покрытия (~1000 Дж/(кг*°С)) [1].

Заключение

1. Эффективность работы элементов Пельтье в режиме генератора электрической энергии зависит не только от разности температур, но и от температуры горячей стороны, наиболее эффективна работа элемента при нагреве одной стороны до максимально допустимой температуры (80 °С).
2. Конструкция зарядного устройства должна предусматривать систему с жидкостными теплоносителями нагрева-охлаждения поверхностей.
3. Стоимость зарядного устройства соизмерима с аналогами, работающими на других принципах.
4. За счет непрерывного цикла работы устройство может обеспечить суточную зарядку аккумулятора емкостью 10 Ампер-часов, что достаточно для питания средств телерадиокоммуникаций.

Библиографический список

1. Бабичев, А.П. Физические величины. Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
2. Долбинов, В.М. Элементы Пельтье или бесплатное электричество от костра / В.М. Долбинов // рмнт.ру. – URL: http://www.rmnt.ru/story/electrical/684696.htm.
3. Жуйков, А.О. Термоэлектрический модуль Пельтье и его применение / А.О Жуйков, И.Л. Лушников // Современные проблемы телекоммуникаций: сборник науч. тр. – Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2016. – С. 578–582.

К содержанию

УДК 620.9.004.18 + 621.314.2.08

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СФЕРЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Е.В. Шведова

Представлены результаты поверки измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения 6–35 кВ, проведён их анализ, найдено абсолютное значение потерь при допустимых пределах измерения, суммарное значение искажения.

Ключевые слова: технические потери электроэнергии, поверка измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, энергосбережение.

В настоящее время на объектах электросетевого хозяйства субъектов Российской Федерации наблюдается стабильное повышение потребления электрической энергии потребителями. Увеличение потребления электрической энергии приводит не только к увеличению загрузки оборудования, но и к росту технологических потерь в электросетевом комплексе, что, безусловно, сказывается не только на его надежности, но и на его энергетической эффективности.

В рамках исполнения 261-ФЗ РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» государственное регулирование включает в себя обязанности по учету используемых энергетических ресурсов, устанавливает необходимость периодической поверки используемых средств измерений.

В силу того, что технические потери электроэнергии в электрических сетях, возникающие при ее передаче по электрическим сетям, состоят из потерь, не зависящих от величины передаваемой мощности – условно-постоянных потерь, и потерь, объем которых зависит от величины передаваемой мощности – нагрузочных переменных потерь, стоит отметить необходимость строгого и точного измерения передаваемой мощности каждым элементом, входящим в состав измерительного комплекса электрической энергии.

В настоящее время основным критерием определения погрешности измерительного комплекса является расчет абсолютных потерь, обусловленный допустимыми погрешностями каждого элемента измерительного комплекса (классом точности прибора). Согласно методике расчета абсолютных потерь, обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии, наибольший вклад в величину абсолютных потерь вносят значения погрешности измерительного канала и объем принятой (отданной) электрической энергии, зафиксированный измерительным комплексом.

Таким образом, контроль исправного состояния измерительного комплекса электрической энергии является частью мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережению электросетевого комплекса страны.

Поверка трансформаторов включает такие обязательные процедуры, как:

– внешний осмотр трансформатора;
– проверка сопротивления изоляции;
– размагничивание;
– проверка верности обозначения контактных выводов и зажимов;
– определение метрологических характеристик [3].

При получении негативного результата хотя бы по одной из этих обязательных процедур трансформатор признается непригодным для дальнейшего использования в качестве средства измерений.

Одной из методик проверки исправного состояния измерительного комплекса является проведение метрологической поверки средств измерений не реже установленного межповерочного интервала, со строгим соблюдением методики поверки измерительного прибора в соответствии с его классом точности [1, 2].

Анализ результатов проведенной поверки измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения 6-35кВ (табл.), проведенной в 2014–2016 гг. в одном из крупнейших сетевых распределительных комплексов Урала, показывает, что на дату проведения метрологической поверки часть измерительных трансформаторов тока и напряжения не соответствует требуемым нормированным характеристикам, тем самым искажая реальные значения переданного энергоресурса.

Таблица

Анализ результатов

Наименование	2014			2015			2016		
	Поверено	Брак	%	Поверено	Брак	%	Поверено	Брак	%
Трансформатор тока 6–35 кВ	55	8	15	109	2	2	44	21	48
Трансформатор напряжения 6–35 кВ	16	0	0	29	0	0	14	3	21

Стоит отметить, что в процессе эксплуатации практически невозможно определить момент выхода допустимых пределов измерения измерительного комплекса за допустимые значения, тем самым искажаются реальные объемы переданного энергоресурса и снижается эффективность мероприятий по энергосбережению [3].

Для оценки значений абсолютных потерь при выходе измерительного комплекса из допустимых пределов погрешности примем следующие исходные данные коммерческого учета размещенного на ПС 110/10кВ:

Уровень напряжения – 10 кВ.

Объем переданной электроэнергии, зафиксированный измерительными каналами активной электроэнергии – 153 940 кВт*ч.

Погрешность измерительного канала трансформатора тока – 0,5 %.

Погрешность измерительного канала трансформатора напряжения – 0,5 %.

Погрешность измерительного канала счетчика электрической энергии – 1,0 %.

Абсолютное значение потерь при допустимых пределах измерения составит:

$$\Delta W = 0{,}01 * \sqrt{(0{,}5^2 + 153\,940^2) + (0{,}5^2 + 153\,940^2) + (1^2 + 153\,940^2)} = 2\,666{,}32\ кВт * ч.$$

По результатам проведения метрологической поверки было выявлено фактическое занижение объема переданной электрической энергии трансформатором тока на 23 %, таким образом, объем фактически переданной электрический энергии составил:

$$W = 0{,}23 * 153\,940 + 153\,940 = 189\,346{,}2\ кВт * ч.$$

Таким образом, фактическое абсолютное значение потерь составляет:

$$\Delta W = 0.01 * \sqrt{(0{,}5^2 + 189\,346{,}2^{\,2}) + (0{,}5^2 + 189\,346{,}2^{\,2}) + (1^2 + 189\,346{,}2^{\,2})} = 3\,279{,}58\ кВт * ч.$$

Суммарное значение искажения, связанное с выходом измерительного трансформатора тока из строя, – 36 019,46 кВт*ч, что составляет 18,7 % от фактически переданного объема электрической энергии [4].

Выводы. По результату проведенного анализа стоит отметить необходимость проведения учащенной метрологической поверки измерительных комплексов в рамках действующего межповерочного интервала. Проведение данных мероприятий позволит повысить эффективность планирования мероприятий по энергосбережению электросетевого комплекса, своевременно выявляя «очаги» возникновения технологических и коммерческих потерь.

Библиографический список

1. ГОСТ 8.217-2003 ГСИ. Трансформаторы тока. Методика поверки. – М.: Изд-во стандартов, 2003.

2. ГОСТ 8.216-2011 ГСИ. Трансформаторы напряжения. Методика поверки. – М.: Стандартинформ, 2013.

3. Мольков, В.Ф. Анализ результатов поверки СИ, применяемых в сфере энергосбережения, назначение межповерочных интервалов (МПИ) по результатам утверждения типа и порядок их корректировки / В.Ф. Мольков // Главный метролог. – 2007. – № 4 (81).

4. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. N 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» (с изменениями и дополнениями от 01.02.2010 г.).

К содержанию

УДК 004.451 + 517.1

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATHCAD

Е.Н. Заскалина

В статье рассматривается возможность использования математического пакета MathCAD в математических дисциплинах. Приведены примеры использования пакета MathCAD в математическом анализе.

Ключевые слова: математический анализ, символьные вычисления, математический пакет.

Стремительное развитие вычислительной техники, появление целого ряда математических пакетов диктуют изменения в построении и изучении курсов математики в вузах.

Актуальным является использование MathCAD для понимания студентами межпредметных связей и возможности проверить правильность ответов, полученных при решении задач, например в курсах математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры.

В пакете MathCAD имеется мощный математический аппарат. Он содержит базовые математические функции, включая матричное исчисление, тригонометрию, численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений, некоторые статистические алгоритмы, решение системы нелинейных уравнений, поиск экстремумов функциональных зависимостей и др.

Пакет можно широко использовать на младших курсах как в математическом анализе (интегрирование, дифференцирование, исследование функций и т.д.), так и в линейной алгебре и аналитической геометрии.

В курсе «Математический анализ», например для исследования функций одной переменной и построения графика функции, применяя символьное дифференцирование, можно вычислить первую и вторую производные, найти точки возможного экстремума и перегиба, а затем построить график функции.

Приведем примеры использования пакета MathCAD в математическом анализе.

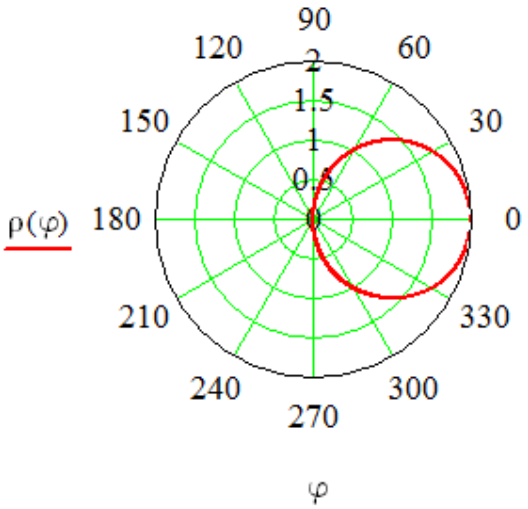
Чтобы проверить результат вычисления неопределенного интеграла, студент использует символьное интегрирование [2]:

$$\int \frac{\operatorname{atan}(x)}{1+x^2}\,dx \rightarrow \frac{\operatorname{atan}(x)^2}{2}$$

При вычислении площади плоской фигуры или длины дуги кривой в полярной системе координат студенту, как правило, необходимо построить кривую. Рассмотрим пример построения кривой в полярной системе координат [1] (рис.):

$$\varphi := 0, \frac{\pi}{1000} .. 2\pi$$

$$\rho(\varphi) := 2\cos(\varphi)$$



Построение кривой в полярной системе координат

Заключение. При составлении рабочих программ по математическим дисциплинам нужно учитывать возможность использования математических пакетов. На младших курсах более удобно использовать пакет MathCAD. Он достаточно прост в освоении, имеет хорошую методическую поддержку.

Библиографический список

1. Соколова, Е.В. MathCAD в технических и экономических расчетах: учебное пособие / Е.В. Соколова, Е.Н. Заскалина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 121 с.

2. Соколова, Е.В. MathCAD в технических и экономических расчетах: сборник заданий / Е.В. Соколова, Е.Н. Заскалина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 80 с.

К содержанию

УДК 666.017.3 + 544.2 + 544.3.01

АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ, РЕАЛИЗУЮЩИХСЯ В БОРОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ЩЕЛОЧНЫЕ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Е.А. Трофимов, Д.П. Галкина

Методом термодинамического моделирования, на примере системы $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$, исследовано влияние состава и температуры на фазовые отношения в боросиликатных оксидных системах, включающих щелочные и щелочноземельные металлы. С помощью программного пакета «FactSage» получены сечения фазовой диаграммы изученной системы. Для широкого диапазона составов и температур определены сочетания стабильных боратных, силикатных и смешанных боросиликатных фаз. Анализ полученных сечений позволяет оценить направление процессов, протекающих с течением времени в составе оксидных матричных материалов, а также определить температурные режимы процесса выплавки и термообработки таких материалов. Осуществлено моделирование процесса кристаллизации расплавов, образующихся в системе $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$.

Ключевые слова: фазовые равновесия, боросиликатные системы, оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, термодинамическое моделирование.

При иммобилизации радиоактивных отходов в оксидных матричных материалах значительное влияние на структуру формирующихся фаз оказывают колебания химического состава исходного расплава. Фазовый состав полученных матричных материалов оказывает решающее влияние на их физические свойства, в том числе на те, которые особенно важны с точки зрения их использования. Поэтому изучение того, как сказывается на фазовом составе твёрдых матричных материалов химический состав ок-

сидного расплава, а также развитие методов моделирования фазового состава многокомпонентных оксидных систем, используемых в качестве основы матричных материалов, имеют большое значение. Ранее [1] была показана возможность использования термодинамического моделирования с помощью программного пакета «FactSage» для корректной оценки состава кристаллических фаз, формирующихся в щелочных алюминийсодержащих матричных материалах при их охлаждении. В ходе настоящего исследования планировалось изучить возможность моделирования фазовых равновесий, реализующихся в боросиликатных оксидных системах, включающих щелочные и щелочноземельные металлы. В процессе работы изучены возможности термодинамического моделирования систем $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$, $Na_2O–SrO–B_2O_3–SiO_2$ и $Na_2O–BaO–B_2O_3–SiO_2$ с помощью блоков «Phase Diagram» и «Equilibrium» программного пакета «FactSage» (версия 7.0) производства «Thermfact» (Канада) и «GTT Technologies» (Германия) [2, 3] и базы данных FToxid, входящей в состав версии этого пакета, принадлежащей ЮУрГУ.

На первом этапе работ была изучена полнота описания в рамках указанной базы двойных и тройных оксидных систем. Результаты проведённых расчётов фазовых диаграмм таких систем сопоставлены с имеющимися литературными данными. По итогам анализа результатов работ такого рода был сделан вывод о том, что при использовании базы FToxid наибольшей точности моделирования следует ожидать для системы $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$.

Целью последующей стадии работы стало использование термодинамического моделирования для анализа фазовых равновесий, реализующихся в системе $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$, для интервалов составов, близких к среднему химическому составу стеклообразных матричных материалов, применяемых при иммобилизации радиоактивных отходов.

В процессе проведённых расчётов принималось, что общее давление в системе равно 1 бар. При этом наличие газовой фазы в системе не учитывалось. Никакие вещества и фазы переменного состава из списка предлагаемых базой при подготовке к расчёту не исключались. Принималось, что мольная доля SiO_2 равна 50 %.

Результатом моделирования системы $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$ стали разрезы её фазовой диаграммы, отражающие фазовые равновесия, реализующиеся в этой системе при разном содержании основных химических компонентов в зависимости от температуры (рис. 1–3). Представлены результаты расчёта для температур 0, 550 и 1100 °C. Помимо расчёта координат изотермических разрезов фазовой диаграммы в ходе работы посредством блока «Equilibrium» осуществлено моделирование (по методике Шейла – Гулливера) процесса кристаллизации расплава Na_2O(0,125 моль)–CaO(0,125 моль)–B_2O_3(0,25 моль)–SiO_2(0,5 моль). Результаты такого моделирования представлены на рис. 4.

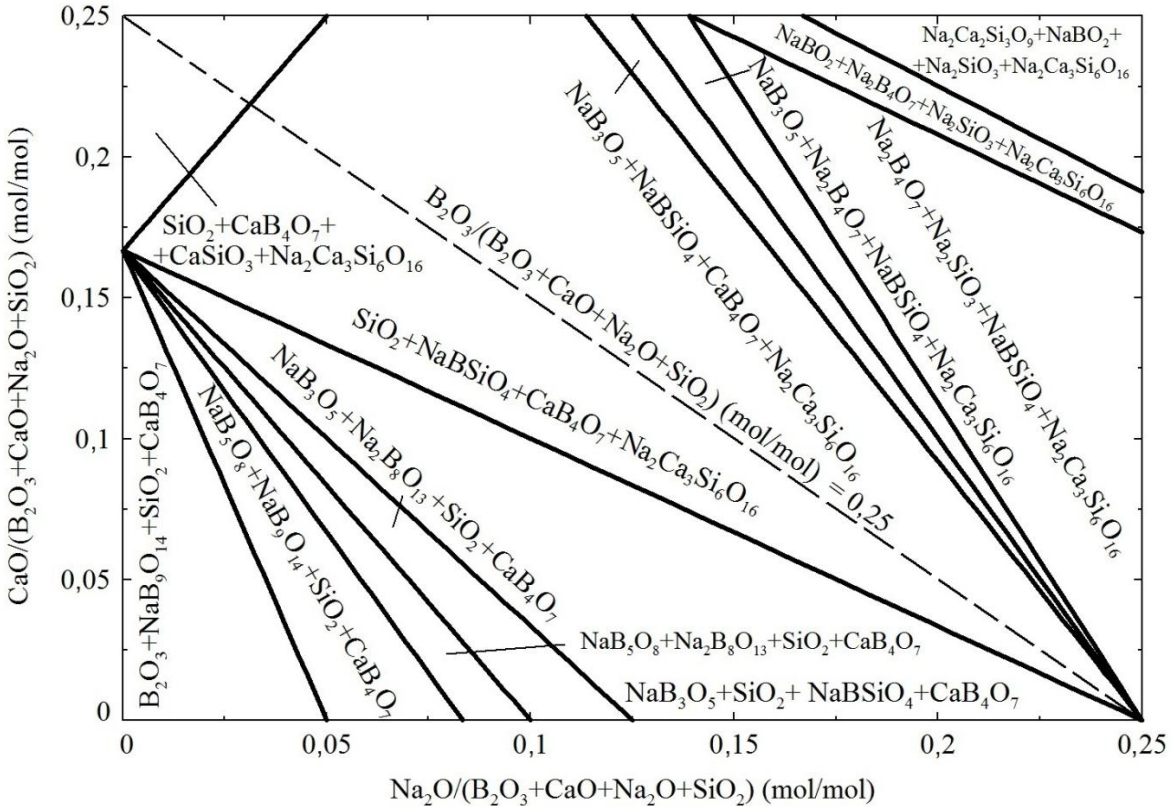


Рис. 1. Фазовая диаграмма системы $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$.
Разрез для мольной доли SiO_2 равной 50 % и T = 0 °C

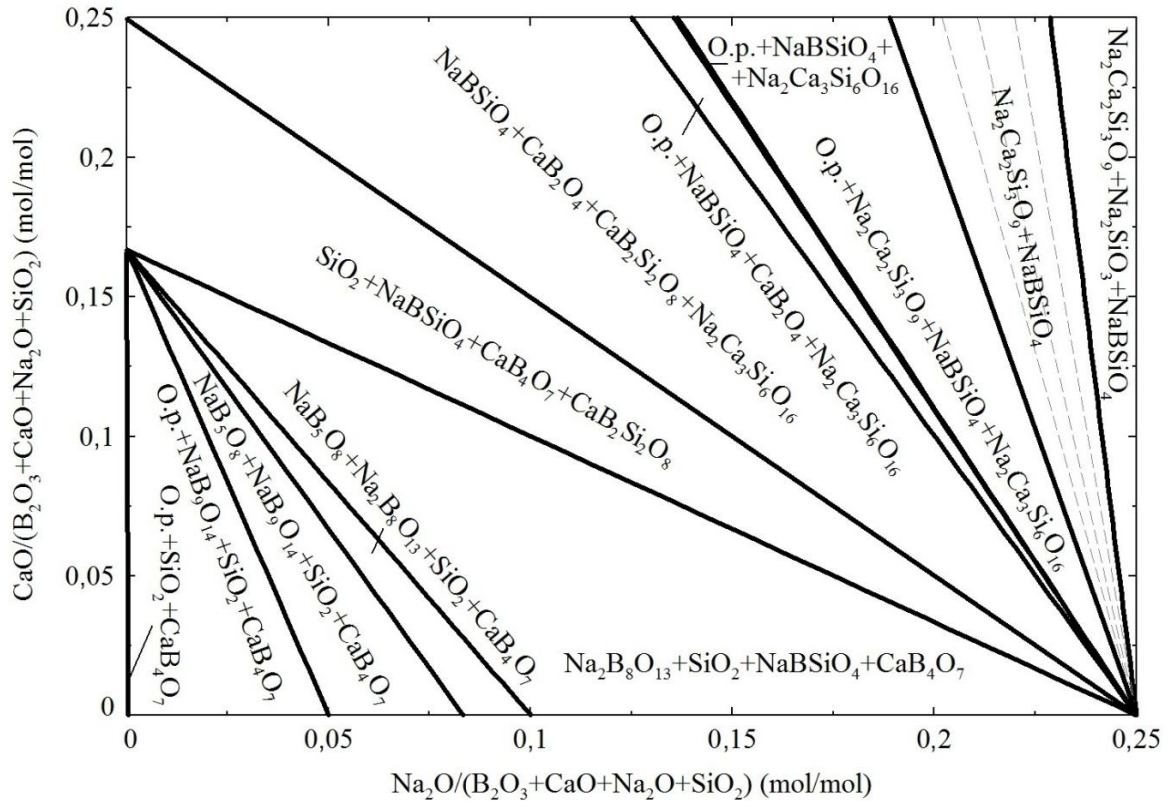


Рис. 2. Фазовая диаграмма системы $Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2$. Р
азрез для мольной доли SiO_2 равной 50 % и T = 550 °C

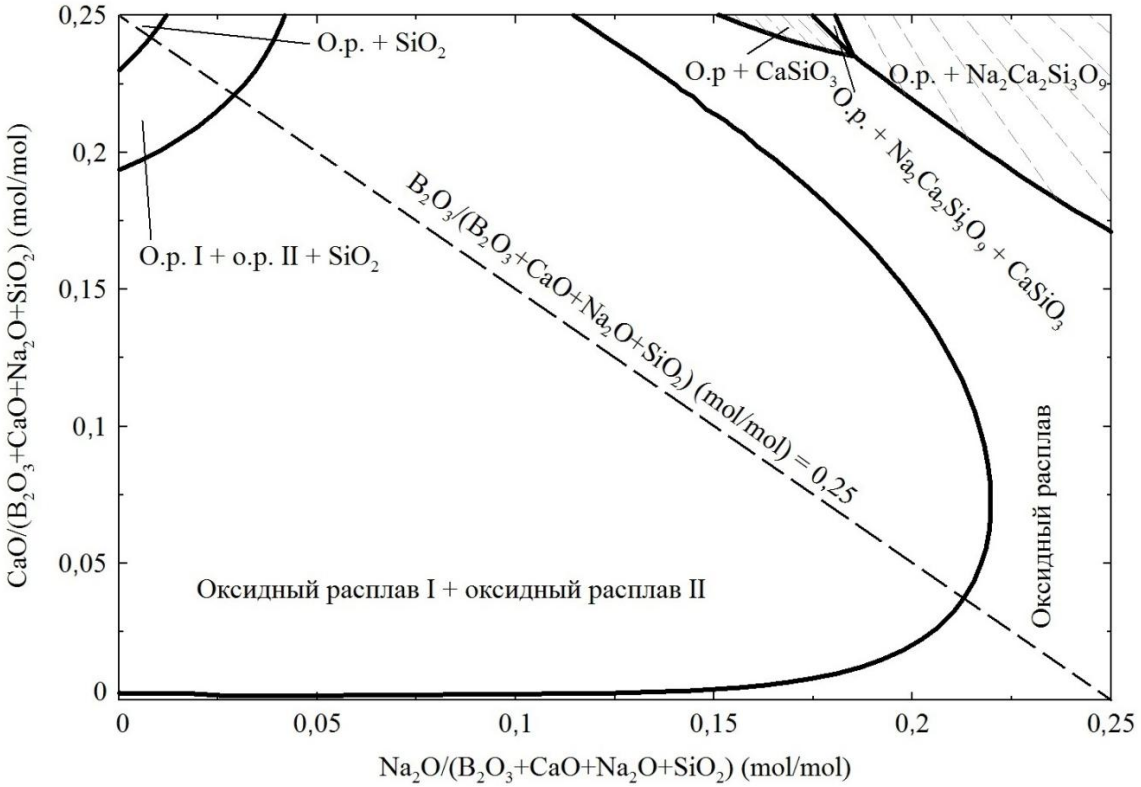


Рис. 3. Фазовая диаграмма системы Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2.
Разрез для мольной доли SiO_2 равной 50 % и T = 1100 °C

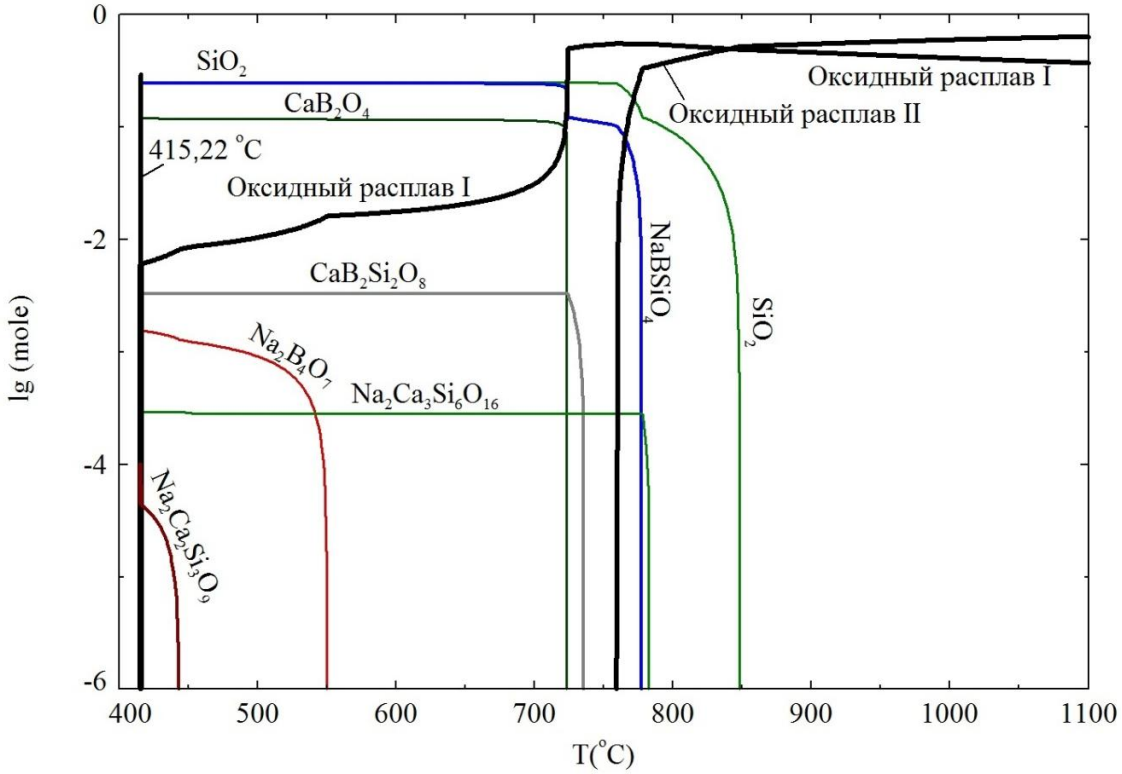


Рис. 4. Результаты моделирования кристаллизации расплава системы Na_2O(0,125 моль)–CaO(0,125 моль)–B_2O_3(0,25 моль)–SiO_2(0,5 моль) посредством методики Шейла – Гулливера

Анализируя полученные результаты, следует учитывать, что они рассчитаны исходя из предположения о достижения системой равновесия. Известно, что в реальности при низких температурах значительная доля твёрдого вещества в исследуемой системе будет находиться в стеклообразном состоянии. Однако представления о равновесном фазовом составе необходимы в качестве ориентира для понимания направления процессов, протекающих с течением времени в составе оксидных матричных материалов. Особый интерес такая информация представляет с точки зрения анализа возможности получения стеклокерамических матричных материалов.

Материалы такого типа могут проявлять высокую устойчивость при длительном хранении за счет большей стабильности установившихся фазовых равновесий с участием кристаллических веществ.

Заключение. В ходе проведённых работ изучены возможности термодинамического моделирования боросиликатных оксидных систем, включающих щелочные и щелочноземельные металлы, посредством программного пакета «FactSage» (версия 7.0) и базы данных FToxid. Представлены результаты моделирования фазовых равновесий для системы Na_2O–CaO–B_2O_3–SiO_2. Построенные в ходе работы разрезы фазовой диаграммы этой системы для широкого диапазона составов и температур демонстрируют боратные, силикатные и боросиликатные фазы, которые должны образоваться при достижении системой химического равновесия. Помимо этого продемонстрированы возможности моделирования кристаллизации расплава исследуемой системы посредством методики Шейла – Гулливера.

Результаты работы могут служить теоретической основой выбора условий синтеза и эффективного использования оксидных композиций в качестве матричных материалов для иммобилизации радиоактивных отходов при длительном использовании в экстремальных условиях.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках госзадания № 11.9643.2017/БЧ.

Библиографический список

1. Eremyashev, V.E. The Effect of Aluminum Oxide Additives on the Phase Equilibrium in Borosilicate Systems and Crystallization of Borosilicate Melts / V.E. Eremyashev, E.A. Trofimov, T.O. Podbornykh // Materials Science Forum. – 2016. – 870. – P. 265–270.

2. Bale, C.W. FactSage Thermochemical Software and Databases / C.W. Bale, P. Chartrand, S.A. Degterov, G. Eriksson, K. Hack, R. Ben Mahfoud, J. Melançon, A.D. Pelton, S. Petersen // Calphad. – 2002. – 26(2). – P. 189–228.

3. Bale, C.W. FactSage thermochemical software and databases – recent developments / C.W. Bale, E. Bélisle, P. Chartrand, S.A. Decterov, G. Eriksson, K. Hack, I.-H. Jung, Y.-B. Kang, J. Melançon, A.D. Pelton, C. Robelin, S. Petersen // Calphad. – 2009. – 33(2). – P. 295–311.

К содержанию

УДК 621.311.1.015 + 621.311.1.027

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗРЯДНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

С.Н. Трофимова

Рассмотрено влияние атмосферных условий на разрядные напряжения в электрических сетях. Показано, что разрядные напряжения в электрических сетях определяются комплексным сочетанием характеристик изоляции, загрязняющего слоя на поверхности изолятора, природно-климатических факторов и загрязненности атмосферы.

Ключевые слова: электрическая сеть, разрядное напряжение, природно-климатические факторы, атмосферные условия.

Надежность работы электрических сетей во многом обеспечивается внешней изоляцией, основным диэлектрическим материалом которой является атмосферный воздух. Электрическая прочность внешней изоляции зависит от взаимодействия с окружающей средой. В воздушных линиях электропередач в качестве внешней изоляции выступают промежутки в атмосферном воздухе вдоль поверхности изоляционного тела. Характеристика состояния атмосферного воздуха в конкретный временной промежуток не является постоянной величиной и определяется внешними природно-климатическими факторами. Климатические зоны в России отличаются большим разнообразием этих факторов (температура, влажность, дождь, соляной туман, загрязняющий туман) и их цикличностью. Давление, температура и абсолютная влажность воздуха оказывают влияние на разрядные напряжения воздушных промежутков.

Кроме того, атмосфера на современном этапе развития общества содержит достаточно большое количество агрессивных составляющих, которые способны осаждаться на поверхности изолятора воздушной линии в процессе их эксплуатации, что может вызвать изменение химического состава поверхности. Следовательно, в условиях длительной эксплуатации характеристики загрязнения элементов воздушной линии определяются растворимым и нерастворимым поверхностным загрязнением.

Загрязнение изоляции приводит к снижению её электрической прочности и может вызвать поверхностное перекрытие. Различные силы, действующие на взвешенные в воздухе и осаждающиеся на поверхности изоляторов частицы (пыль), оказывают определённое влияние на поверхность изоляторов. Кроме того, сопутствующие природно-климатические факторы также могут определять условия и степень интенсивности загрязнения изоляторов [1]. Распределение отказов изоляторов в течение года неравномерно, что объясняется колебаниями температуры воздуха и большим

среднесуточным количеством осадков [2]. Следовательно, необходимо учитывать сложную комбинацию внешних сезонных климатических воздействий и поверхностных загрязнений, проявляющихся в течение года.

Сочетание состава, влажности, толщины и химического состава поверхностного слоя загрязнения с внешними факторами определяет электропроводность этого загрязняющего слоя, а неблагоприятное сочетание этих факторов увеличивает вероятность перекрытия изоляции.

Обобщенные результаты математического моделирования электрической сети показали, что уровень перенапряжений колеблется от $1{,}18U_{ном}$ до $2{,}13U_{ном}$, а значение тока замыкания на землю характеризуется диапазоном (40…70) А (рис. 1).

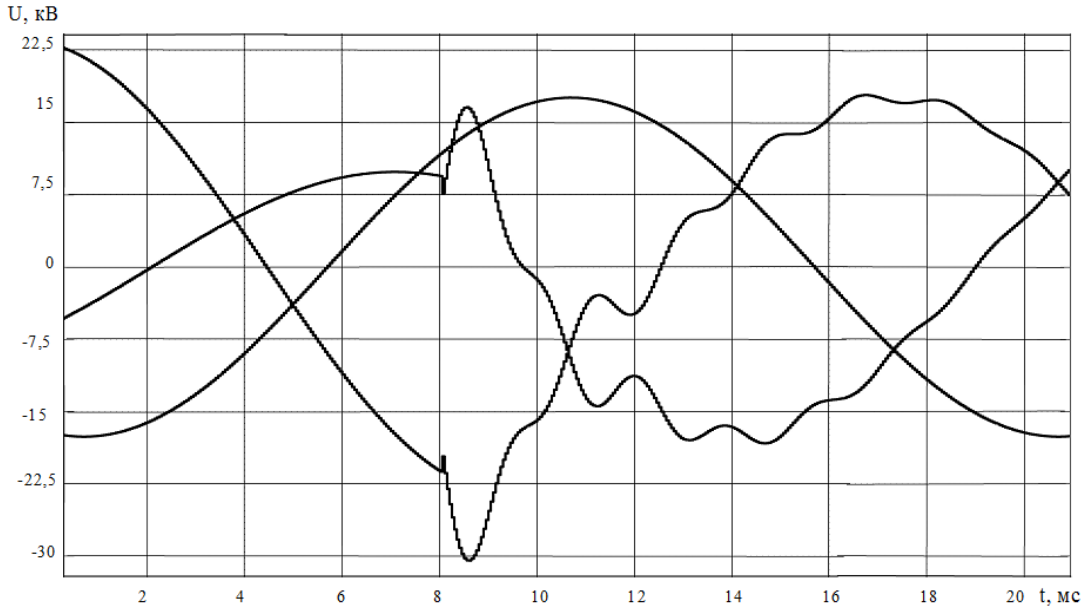


Рис. 1. Линейные напряжения при однофазном замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью

Под действием приложенного к изолятору напряжения на увлажнённом загрязняющем слое происходит непрерывный процесс установления тока утечки. При увеличении напряжения в условиях эксплуатации, например, при замыкании на землю, ток утечки растёт. Поскольку поверхность изоляторов имеет неравномерную плотность загрязнения, то плотность токов утечки в отдельных зонах не одинакова. В местах с большей плотностью сопротивление слоя загрязнения вследствие наиболее интенсивного подсушивания увеличивается. Падение напряжения и выделение тепла на этих участках растут, что может привести к последующему увеличению сопротивления слоя загрязнения. В результате этого линейность распределения напряжения по загрязненной поверхности изолятора резко нарушается.

Комплексный анализ отказов изоляторов в сочетании с природно-климатическими факторами позволил получить зависимость интенсивно-

сти отказов изоляторов от природно-климатических факторов (рис. 2), описываемую следующим уравнением:

$$n=6{,}67-0{,}73\cdot x+55{,}92\cdot y-0{,}05\cdot x^2-7{,}74\cdot x\cdot y-12{,}58\cdot y^2,$$

где x – количество выпавших осадков, мм/час; y – среднесуточная скорость ветра, м/с.

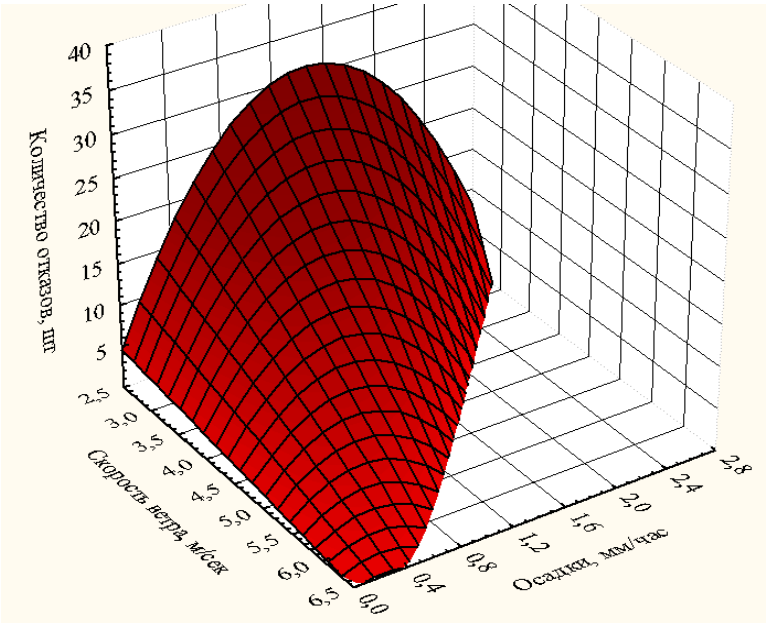


Рис. 2. Зависимость числа пробоя изоляторов
от комплексного действия природно-климатических факторов

Начальные и разрядные напряжения воздушных промежутков зависят от температуры, давления и влажности воздуха, а также от частоты воздействующего напряжения.

При кратковременных импульсах значение разрядного напряжения воздушных промежутков зависит от продолжительности воздействия. Если к промежутку приложено напряжение, достаточное для пробоя, то для развития и завершения разряда в промежутке необходимо определенное время разряда. Развитие самостоятельного разряда начинается с появления в промежутке эффективного начального электрона, что является случайным событием. Время ожидания эффективного электрона подвержено разбросу и является статистическим временем запаздывания разряда. Вторая составляющая – это время формирования разряда, т.е. время от момента появления начального электрона до завершения пробоя промежутка. При достаточно большой длительности фронта импульса имеет значение также время подъема напряжения до номинального значения.

Если длительность приложенного к промежутку импульса меньше времени разряда, то пробоя не произойдет, хотя значение напряжения было

бы достаточным для этого при длительном воздействии. При увеличении напряжения повышается вероятность того, что появляющиеся в промежутке электроны станут эффективными, возрастает интенсивность разрядных процессов, следовательно, уменьшается время развития замыкания.

Разрядное напряжение изолятора также в сильной степени зависит от сопротивления слоя материала на поверхности изолятора. При оседании на поверхности изоляторов загрязнений и их увлажнении дождем и туманом разрядные напряжения изоляторов снижаются.

Граф оценки влияния атмосферных условий на разрядные напряжения представлен на рис. 3.

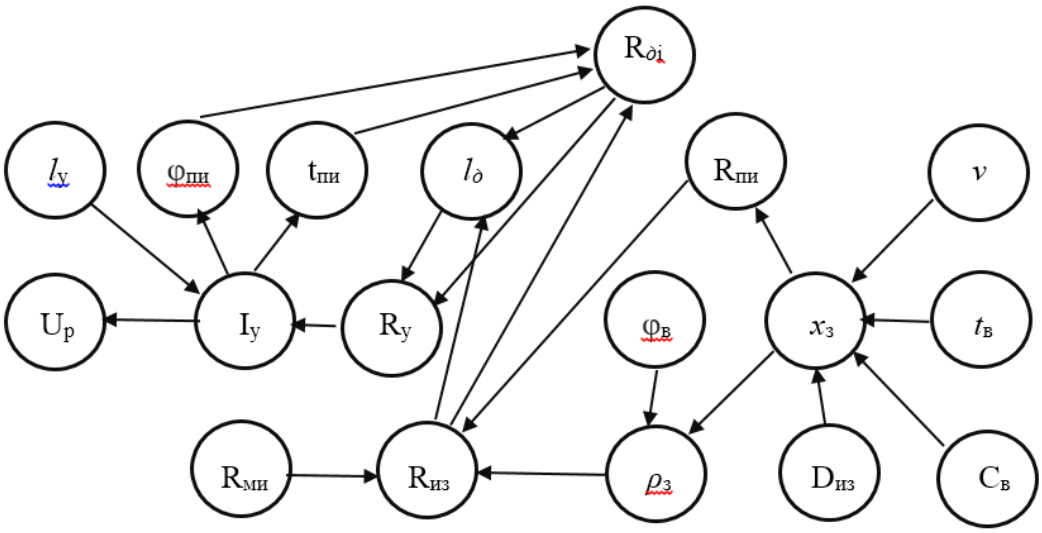


Рис. 3. Граф определения параметров городской электрической сети:
$U_р$ – разрядное напряжение, кВ; I_y – ток утечки, А; R_y – сопротивление утечки, Ом; $R_{\partial i}$ – сопротивление частичной дуги, Ом; l_y – длина тока утечки; $\varphi_{пи}$ – увлажнение поверхности изолятора; $t_{пи}$ – температура поверхности изолятора, град. С; $x_з$ – толщина слоя загрязнения, $м^{-3}$; l_∂ – длина дуги, м;
$R_{пи}$ – сопротивление поверхностного слоя изолятора, Ом; $t_в$, $\varphi_в$,
v – температура, влажность, скорость ветра окружающего воздуха

Сухие загрязнения, имеющие, как правило, большое сопротивление, не снижают разрядного напряжения сами по себе. Увлажнение слоя загрязнения приводит к снижению сопротивления этих участков, следовательно, изменяет распределение напряжения на поверхности изолятора и приводит к уменьшению разрядного напряжения $U_р$. В результате увлажнения и загрязнения изолятора на поверхности изоляции образуется тонкий проводящий слой, увеличивается ток утечки, определяемый как конструкцией изолятора, так и внешними факторами: толщиной и удельным объемным сопротивлением проводящего слоя. Перекрытие изолятора вдоль загрязненной и увлажненной поверхности связано с образованием на его поверхности проводящей пленки воды и подсушиванием отдель-

ных участков поверхности изолятора токами утечки, что приводит к образованию частичных дуг и их удлинению.

Электрическую прочность изолятора характеризует значение мокроразрядной напряженности, которая определяется значением мокроразрядного напряжения гирлянды изоляторов и его геометрическими параметрами.

Токи утечки, протекающие по увлажненной поверхности изолятора, приводят к нагреву и испарению воды на поверхности изолятора, на подсушенных участках возникают частичные дуги, которые приводят к увеличению вероятности и величины токов утечки. В свою очередь, токи утечки увеличивают площадь подсушенной поверхности изолятора, что способствует увеличению длины дуги и вызывает появление такого разрядного напряжения, которое приводит к перекрытию изолятора. Разрядные напряжения изоляторов увеличиваются при снижении значения тока утечки.

Если подсушивание всей поверхности изолятора приводит к снижению тока утечки, то частичные дуги погаснут. При увеличении длины частичных дуг ток утечки повышается, частичные дуги будут удлиняться и перекроют изолятор. Следовательно, перекрытие – случайное событие с определенной вероятностью, которая повышается с увеличением воздействующего напряжения. Следовательно, разрядное напряжение изолятора будет возрастать не только при снижении значения тока утечки, но и при увеличении длины пути тока утечки.

Вероятность перекрытия изоляции определяется комплексным сочетанием характеристик загрязняющего слоя на поверхности изолятора, зависящих от загрязненности атмосферы города, и природно-климатических факторов.

Предполагается, что реализованная согласно графу математическая модель позволит оценить процессы, проходящие в электрических сетях при развитии аварийного режима, определить влияние изменения атмосферных факторов на параметры разрядных напряжений и оценить параметры электрической сети при нормальном и аварийном режимах, провести анализ параметров изоляции при ее работе в длительном режиме и при кратковременных перенапряжениях.

Библиографический список

1. Воскресенский, В.Ф. Электрическая изоляция в районах с загрязненной атмосферой / В.Ф. Воскресенский. – М.: Энергия, 1971. – 80 с.

2. Трофимова, С.Н. Оценка влияния природно-климатических факторов на повреждаемость электрооборудования электрических сетей 6–35 кВ / С.Н. Трофимова // Электробезопасность. – 2008. – № 1. – С. 11–20.

К содержанию

УДК 621.774.6:669.295

СТАНОК ДЛЯ ГИБКИ ТРУБ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Е.В. Халиулин, А.В. Козлов

Разработанный станок предназначен для холодной гибки труб Ø20–40 мм из титановых сплавов. Приведены характерные особенности станка. Предполагается использование станка для проведения экспериментальных исследований.

Ключевые слова: станок, гибка труб, титановые сплавы, натурные эксперименты, отводы.

Для разработки настоящего станка для холодной гибки труб из титановых сплавов была проаназирована установка для гибки мелкоразмерных труб, позволяющая гнуть трубы до Ø20 мм (рис. 1) [1, 2].

Рис. 1. Установки для гибки мелкоразмерных труб

Недостатком устройства является ограниченная область применения: только для тонкостенных труб до Ø20 мм, отсутствие механизированных приводов при изгибе трубы, что ограничивает возможности использования указанной установки. С целью обеспечения возможности гибки труб от Ø20 мм до Ø40 мм был разработан настоящий станок для холодной гибки труб из титановых сплавов [3].

Станок устроен следующим образом. На сварной корпус 1 станка (рис. 2–3) установлен шпиндельный узел 2 со шпинделем 6, ременной передачей 14 и борштангой 3. На конце борштанги 3 закреплен раскатник 4. В качестве привода главного движения использован электродвигатель М1 – 5. Вращение от электродвигателя М1 – 5 через ременную передачу 14 передается борштанге 3 и раскатнику 4. На борштангу 3 устанавливается изгибаемая труба, для захвата которой имеется прижимная планка 10. Изгибаемое усилие передается через двигатель М2 – 7 привода подачи, через ременную передачу 8, редуктор 11 для снижения частоты вращения приво-

да подачи и муфту 12, при помощи червячной передачи, которая находится в коробке передач 13, вращение сообщается гибочному ролику 9, а по его шаблону происходит изгиб трубы.

Раскатник 4 (рис. 4) содержит деформирующий элемент раскатки шарики 15. Для различных диаметров труб использовались шарики различных диаметров, шарики установлены в сепараторе 16, который ограничивает их перемещение в окружном направлении, сохраняя неизменным угловое расположение шариков друг относительно друга при вращении инструмента, опорой для шариков служат передний конус 17 и задний конус 18, установка раскатника на необходимый диаметр осуществляется поворотом винта 19, который закреплен с помощью штифта 20, в результате чего шарики перемещаются в радиальном направлении.

Станок работает следующим образом.

В зависимости от заданного радиуса гиба и типоразмера обрабатываемой трубы, используя тарировочную таблицу, составленную на базе зависимости $R = V_т/\omega_n$, посредством переключения зубчатых передач в редукторе 11 и размеров червячной передачи в коробке передач 13, устанавливают необходимое соотношение скоростей продольной подачи трубы $V_т$ и ее поворота ω_n соответственно.

Трубная заготовка устанавливается в шпиндельном узле 2 на прижимной планке 10, и поворотом винта 19 шарики 15 перемещаются в радиальном направлении и создают определенный натяг с внутренней поверхностью стенки трубы. Затем гибочный ролик-шаблон 9 фиксируется на свободном торце трубы.

Одновременно включаются приводы вращения раскатника 4, шпиндельного узла 2 и узла гибки, редуктора 11 соответственно через двигатели M_1 – 5 и M_2 – 7.

В зависимости от материала трубы и толщины стенки, а также необходимой производительности устанавливают частоту вращения раскатника 4 и величину рабочего натяга сменными шариками 15 для создания стабильного пластического шарнира. Так, например, для трубы диаметром $D_н$ = 20,5 мм со стенкой 1,25 мм из стали 12Х18Н10Т при частоте вращения раскатника от 120 до 300 об/мин, угловой скорости поворота патрона 13 ω_n = 0,030…0,125 рад/с и скорости подачи трубы: $V_т$ = 40…100 мм/с получены радиусы гиба от 2 $Д_у$ до 5 $Д_у$.

В кольцевой зоне контакта шариков 15 раскатника 4 с трубой возникает сложнонапряженное состояние материала за пределами упругих деформаций – пластический шарнир, который перемещается по длине трубы. При этом труба изгибается под действием изгибающего момента, вращение от редуктора 11 передается муфте 12 и далее через червячную передачу коробки передач 13 поворачивает гибочный ролик-шаблон 9. Двигатель М2 – 7 через ременную передачу 8 и редуктор 11 и далее через муфту 12 передает изгибающий момент на червячную передачу коробки передач 13, которая связана с гибочным роликом-шаблоном 9 – осуществляется гибка трубной

заготовки в перемещающейся кольцевой зоне раскатывания, между прижимной планкой 10 и гибочным роликом-шаблоном 9, с последующим перемещением и одновременным изгибом трубной заготовки по гибочному ролику-шаблону 9. Далее после остановки приводов освобождается со сведенных шариков 15 раскатника 4 готовый отвод, затем происходит разбор самой конструкции установки.

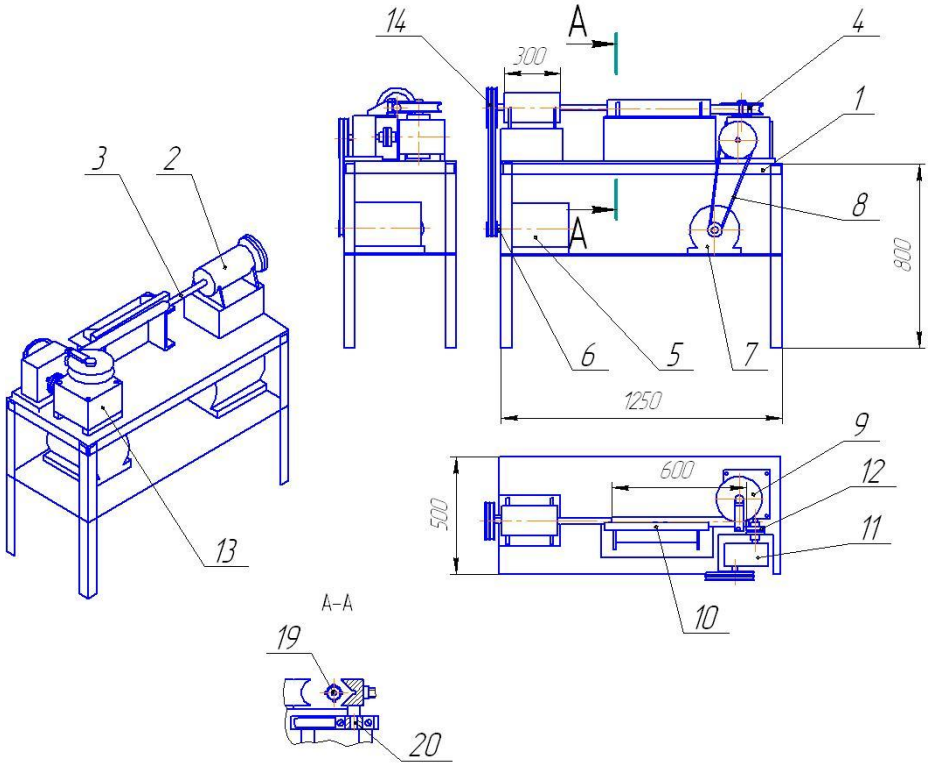


Рис. 2. Схема установки для гибки мелкоразмерных труб с раскатыванием

Рис. 3. Установка для гибки мелкоразмерных труб с раскатыванием

В результате проведенной серии натурных экспериментов были изогнуты несколько труб диаметром от 20 до 40 мм. Образцы изогнутых труб приведены на рис. 5.

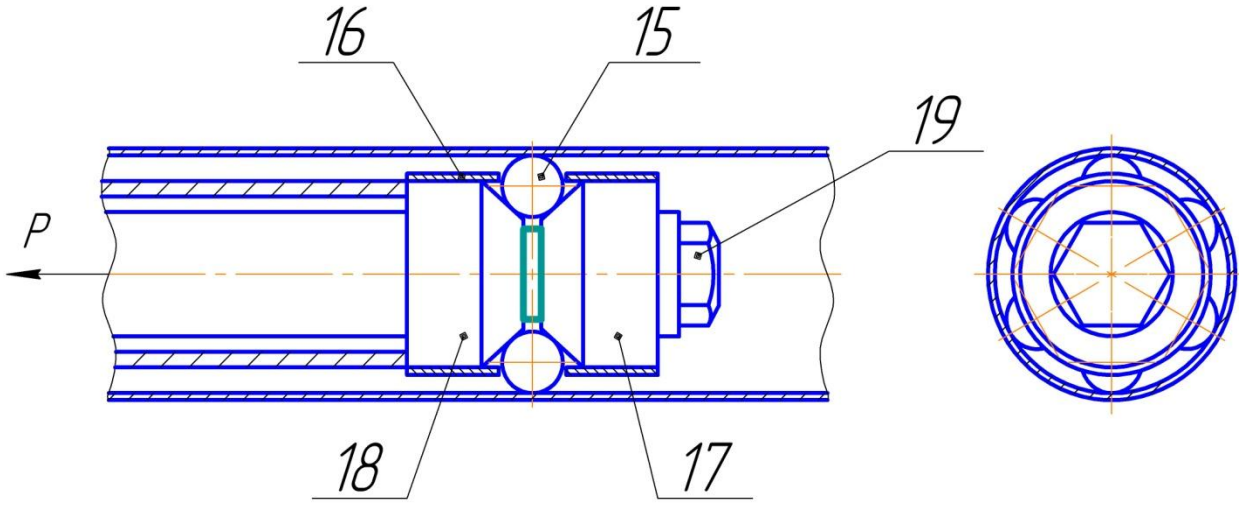


Рис. 4. Раскатной инструмент

Рис. 5. Образцы изогнутых труб

Предложенное устройство просто по конструкции и надежно в эксплуатации. Преимущество перед известными устройствами, использующими метод пластического шарнира, заключается в том, что возможно изготовление крутозагнутых (до 180^{o}) отводов из мерной заготовки (отходов) с минимальными прямыми концами, сопоставимыми с диаметром трубы и практически постоянной толщиной стенки после гибки.

В опытной установке из трубных заготовок диаметром 20…42 мм получены крутозагнутые отводы с радиусами $(2 \div 3)Д_{тр.}$, геометрия которых соответствует требованиям ГОСТ 17380-83.

Библиографический список

1. Козлов, А.В. Особенности холодной гибки труб из коррозионно-стойких сталей и сплавов / А.В. Козлов, А.В. Бобылев, Е.В. Халиулин // Заготовительные производства в машиностроении. – 2014. – № 11. – С. 21–23.

2. Козлов, А.В. Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб: монография / А.В. Козлов, А.В. Бобылев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 169 с.

3. Халиулин, Е.В. Установка для гибки мелкоразмерных труб с раскатыванием / Е.В. Халиулин, А.В. Козлов, М.В. Герасимов. – Патент России № 157963. 2015. Бюл. № 35.

К содержанию

УДК 621.833.001.2

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ ОБКАТКИ ИНСТРУМЕНТОМ РЕЕЧНОГО ТИПА В САПР «КОМПАС 3D»

В.В. Бружас, Б.А. Лопатин, Н.В. Романов

Рассмотрено получение моделей зубчатых колес методом обкатки инструментом реечного типа (зубчатая рейка) в САПР «КОМПАС 3D». Получены модели: прямозубого и косозубого цилиндрических зубчатых колес, прямозубого и косозубого эвольвентно-конических зубчатых колес.

Ключевые слова: «КОМПАС 3D», зубчатое колесо, рейка, процесс нарезания, профиль зуба, эвольвентно-коническое зубчатое колесо.

Современные программы, такие как «КОМПАС 3D», «Autodesk Inventor», «SolidWorks» и различного рода дополнения к ним, позволяют получать модели: цилиндрических зубчатых колес, косозубых цилиндрических зубчатых колес, конических колес с прямым зубом, конических колес с круглым зубом. Но они не позволяют создать модели колес с более сложной геометрической формой зубьев, например, эвольвентно-конические зубчатые колеса, зубчатые колеса, полученные зубчатой рейкой с несимметричным профилем.

Существует несколько способов получения зубчатых колес, например с помощью специальных программных комплексов [1]. Один из способов получения моделей зубчатых колес – построение зубчатых колес методом обкатки инструментом реечного типа. После изучения данного процесса,

было решено создать параметрическую модель процесса нарезания зубчатого колеса инструментом реечного типа в программе «КОМПАС 3D» [2, с. 173]. Для этого, изучив и оценив возможности программы, приняли решение получать зубчатое колесо путем вычитания из него контура рейки.

Для начала была создана модель заготовки путем вращения образующего контура вокруг оси колеса. После чего были созданы вспомогательные плоскости для вычерчивания в них профиля инструмента. Все последующие зубчатые рейки были смещены на шаг поворота заготовки, и тем самым, путем вычитания они формируют профиль зуба. После прохода инструмента и формирования профиля зуба остальные зубья создаются круговым массивом, и мы получаем готовое зубчатое колесо. Плюсом данного смоделированного процесса является то, что можно изготовить модель колеса, в том числе и геометрию галтели, с учетом особенности геометрии инструмента.

Этапы построения рассмотрим на примере создания прямозубого цилиндрического колеса:

Заготовка: Как и во всех случаях изготовления зубчатого колеса, весь процесс начинается с заготовки. В программе «КОМПАС 3D», заготовка была получена путем создания эскиза и вращения его вокруг оси. Эта заготовка изображена на рис. 1.

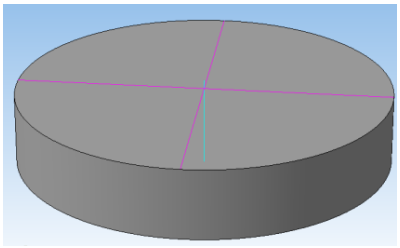


Рис. 1. Заготовка

Геометрия зубчатой рейки для нарезания зубчатых колес с углом зацепления 20° показана на рис. 2.

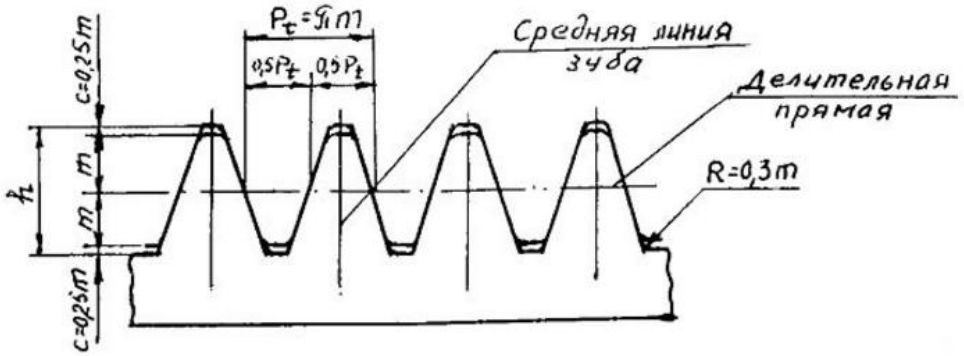


Рис. 2. Профиль зубчатой рейки

В процессе нарезания разных колес делительная прямая рейки может занимать различные положения в пространстве относительно оси будущего зубчатого колеса. Если колесо прямозубое обычное, то зубчатая рейка движется параллельно оси колеса. Если зубчатое колесо косозубое, то рейка уже движется под углом β к оси заготовки. В случае, когда нарезается ЭКК (прямозубое или косозубое), дополнительно появляется угол наклона δ. И инструмент будет перемещаться по траектории, которая находится под наклоном на углы β и δ.

Эскиз рейки, смоделированной в программе «КОМПАС 3D», показан на рис. 4. Данная рейка запараметризирована и может менять углы профиля. На рис. 3 изображена рейка с углами α=20°. Этот угол является стандартным, но можно изготовить рейки и с другими углами, т.к. при нарезании косозубых ЭКК за счет дополнительного наклона рейки изменяются углы режущих кромок. И из-за этого на правой и левой стороне зуба получается несимметричный профиль зуба. Слева на рис. 3 изображена стандартная зубчатая рейка, а справа – с углами α_1=25° и α_2=15°.

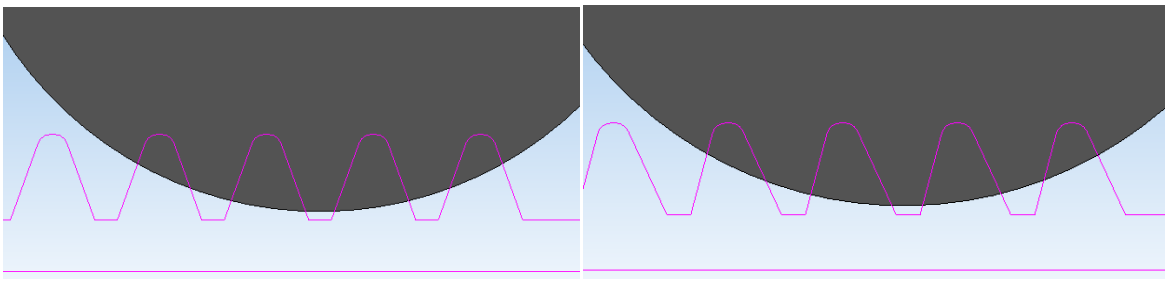


Рис. 3. Эскизы рейки разной геометрии

Подача: Подача имитировалась путем обката делительной прямой инструмента по делительному диаметру зубчатого колеса. На рис. 4 изображены шесть положений инструмента, равноудаленных друг от друга.

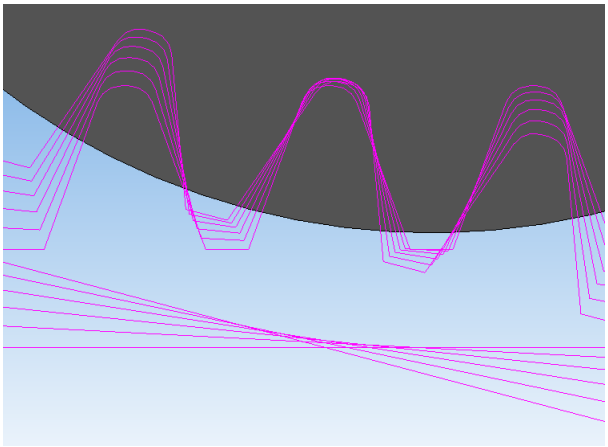


Рис. 4. Положения инструмента

В смоделированном процессе полная модель зубчатого колеса изготавливается за n-раз. И считается по формуле:

$$n = 30 \cdot z, \quad (1)$$

где z – число зубьев изготовляемого колеса.

Подачи для данной модели считаются по формуле.

$$S = \frac{m \cdot \pi}{30} \frac{мм}{дв.ход}. \quad (2)$$

Процесс резания: Путем выдавливания эскиза инструмента и обката его по делительному диаметру будущего колеса происходит формирование правой и левой эвольвенты зуба. Тем самым происходит имитация процесса резания заготовки на станке.

На рис. 5 показан смоделированный процесс резания с подачей рейки 1,0135 мм/дв.ход, что соответствует изготовлению профиля впадин зуба за шесть перемещений рейки.

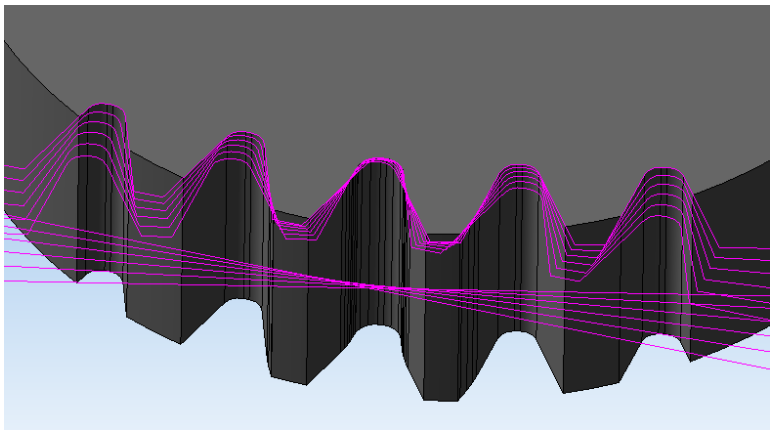


Рис. 5. Сформированные стороны одного зуба

На рис. 6 изображено колесо, полученное с подачей 0,203 мм/дв.ход. Можно оценить шероховатость и точность изготовления, измерив их на данной модели зубчатого колеса.

После того как впадина одного зуба сформирована полностью, производится круговой массив по окружности, и мы получаем остальные зубья. Полностью сформированное колесо, показанное на рисунке 7, также можно видоизменять, добавлять различные конструктивные элементы (ступицы, отверстия, шпоночные пазы и т.п.) и еще можно создавать с него чертеж данного зубчатого колеса.

Создание колес несимметричной рейкой производится также для увеличения их нагрузочной способности. Но если поменять только один угол рейки (α), то нагрузочная способность возрастает только при вращении зубчатых колес в определенную сторону. Варианты несимметричных реек изображены на рис. 8 (а – α_1=15°, α_2=25° ; б – α_1=28°, α_2=10°).

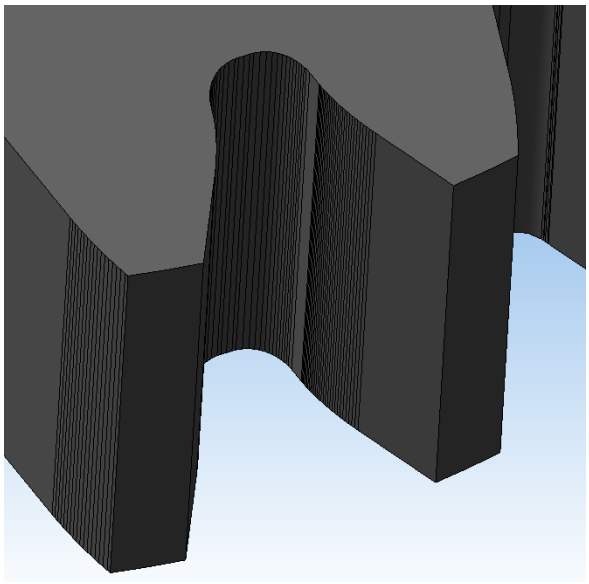


Рис. 6. Сформированная впадина зуба

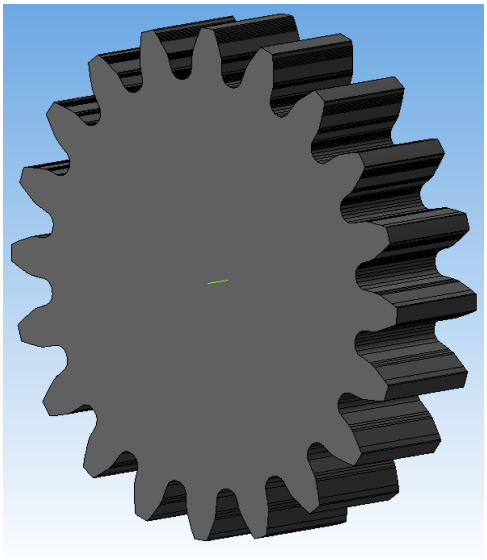
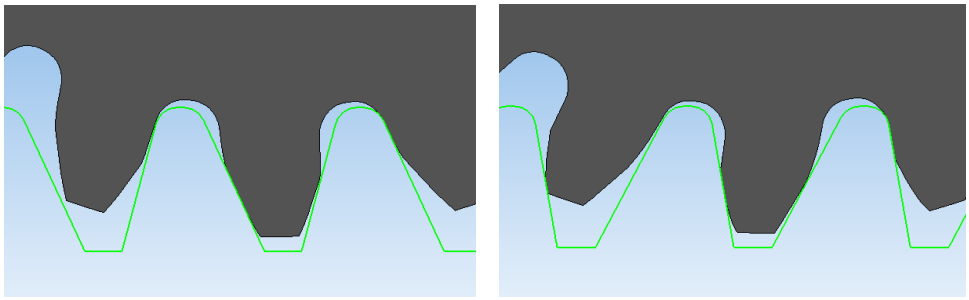


Рис. 7. Готовая модель прямозубого колеса



а) б)

Рис. 8. Нестандартные профили инструмента реечного типа

Зубчатое колесо с параметрами рейки «б» рис. 8 изображено ниже на рис. 9.

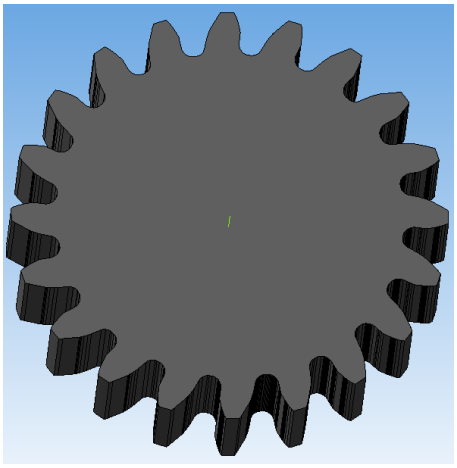
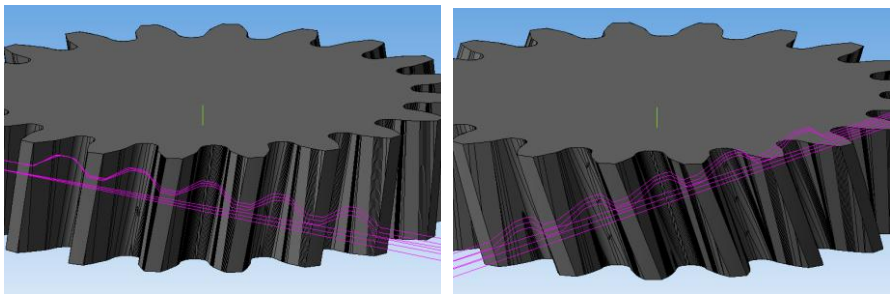


Рис. 9. Зубчатое колесо,
нарезанное несимметричной рейкой

Создание косозубого колеса

Косозубые колёса являются усовершенствованным вариантом прямозубых. Их зубья располагаются под углом к оси вращения, а по форме образуют часть винтовой линии.

По такому же принципу, как и создание прямозубых колес, производится формирование зубьев косозубого колеса. Отличием является то, что инструмент реечного типа наклонен под углом β. На рис. 10а показана наклоненная рейка под углом 10°. Зубья колеса являются правыми. А у зубчатого колеса, изображенного на рис. 10б, – зубья левые с углом β=20°.



а) б)

Рис. 10. Косозубое колесо

Модель косозубого зубчатого колеса представлена на рис. 11. Его параметры: m=2, z=20, β=20°.

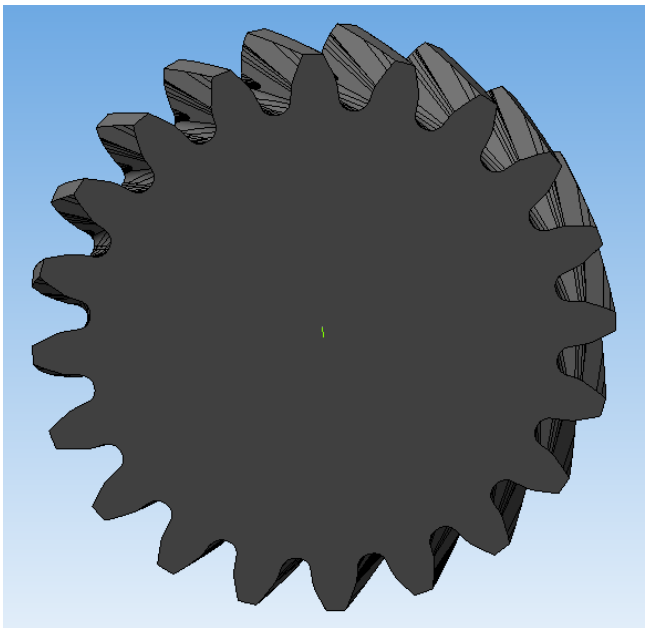


Рис. 11. Косозубое колесо

Создание эвольвентно-конического прямозубого колеса

Эвольвентно-коническое зубчатое колесо – это колесо, нарезаемое инструментом реечного типа (зубчатая рейка, червячная фреза, шлифовальный круг) с переменным вдоль оси колеса смещением инструмента [3, 4]. Простейшим примером зубчатого эвольвентно-конического колеса является долбяк, т.к. он имеет различный коэффициент смещения по ширине. Что сделано специально, чтобы обеспечить задний угол у инструмента, и для простоты переточки по передней поверхности, для того чтобы эвольвентный профиль был неизменным.

Модель колеса создается также, как и косозубое, но заготовка имеет форму усеченного конуса и рейка наклонена только под углом к оси самого колеса δ. На рис. 12 представлена твердотельная модель прямозубого эвольвентно-конического колеса с углом δ=13°.

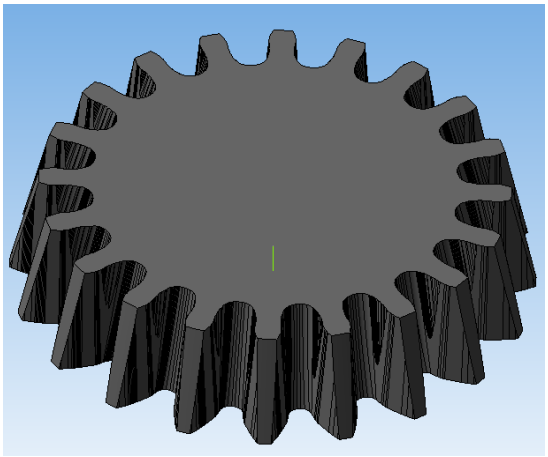


Рис. 12. Прямозубое эвольвентно-коническое колесо

Создание косозубого эвольвентно-конического колеса

Пример создаваемой модели показан на рис. 13. Данное колесо имеет параметры: z=30, m=2, x=0.75, δ=20°, β=10°.

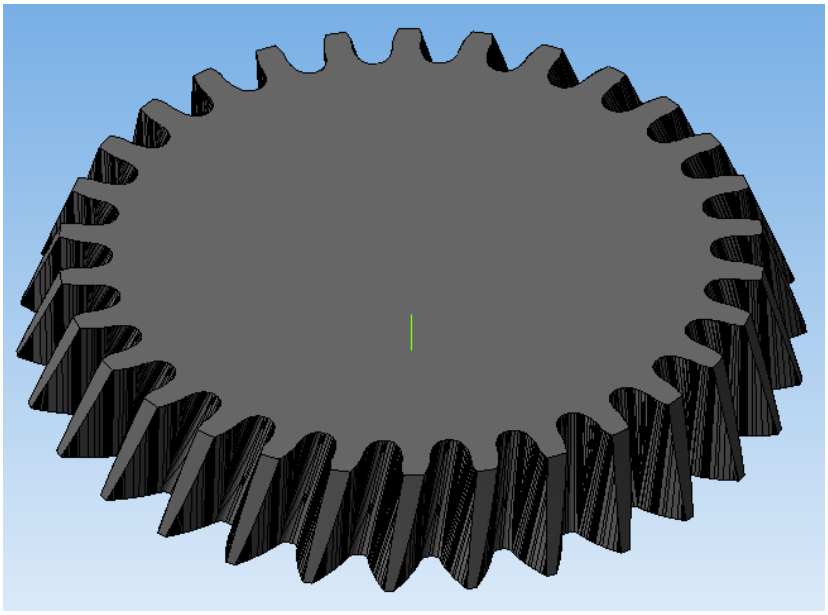


Рис. 13. Косозубое эвольвентно-коническое колесо

Вследствие того, что из-за наклонов рейки под углами β и δ геометрия режущей части инструмента изменяется и профиль получается несимметричным.

Таким способом можно получать модели эвольвентных зубчатых колес с различной геометрией.

Библиографический список

1. Bruzhas, V.V., Lopatin, B.A. Development of solid-state models for the gears of different geometry: Procedia Engineering Сер. “International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2015”. 2015. Pp. 369–373.

2. Большаков, В. Твердотельное моделирование деталей в CAD системах: AutoCAD, Компас-3D, SolidWorks, Inventor, Creo / В. Большаков, А. Бочков, Ю. Лячек. – СПб.: Питер, 2015. – 480 с.

3. Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач / Под. ред. И.А Болотовского. –2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.

4. Лопатин, Б.А. Цилиндро-конические зубчатые передачи: монография / Б.А. Лопатин, О.Н. Цуканов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 200 с.

К содержанию

ФИЛИАЛ В г.ОЗЕРСК

УДК 621.923.02

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЪЕМА МЕТАЛЛА В ПРОЦЕССЕ ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕРЫВИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.В. Акинцева

Анализ технологических особенностей внутреннего шлифовании показал, что в автомобильной и станкостроительной отраслях большинство операций внутреннего шлифования связаны с обработкой прерывистых поверхностей, включая шлицевые и шпоночные отверстия, а также внутренние поверхности, имеющие различные пазы, канавки и отверстия. Шлифование таких отверстий вызывает наибольшие затруднения в связи с высокой нестабильностью процесса, повышенными колебаниями силы резания и упругих деформаций технологической системы, что приводит к снижению точности обработки. С целью учета специфики внутреннего шлифования прерывистых поверхностей при проектировании оптимальных циклов шлифования предложены модели процесса съема металла и расчета погрешностей обработки, позволяющие рассчитывать изменения текущих значений силы резания, фактически снятого припуска, радиусов обрабатываемого отверстия и др. параметров. Разработанная модель съема металла процесса внутреннего шлифования позволяет учитывать переменные условия обработки партии деталей (исходное радиальное биение заготовки, разброс припуска на обработку, затупление зерен шлифовального круга и др.). На основе модели съема металла разработана методика проектирования оптимальных циклов в многомерном пространстве управляющих параметров и технологических ограничений целевой функции.

Ключевые слова: внутреннее шлифование, съем металла, прерывистые поверхности, точность.

Большая часть заготовок, подвергаемых внутреннему шлифованию, имеют прерывистые поверхности в виде шпоночных и шлицевых отверстий, а также отверстий с наличием различных канавок и отверстий. Шлифование отверстий с прерывистой поверхностью вызывает наибольшие затруднения из-за изменений условий резания, связанных с резким уменьшением площади контакта в зоне резания, что приводит к дополнительным периодическим колебаниям силы резания, упругих деформаций технологической системы и появлению дополнительных погрешностей обработки. Причем в процессе шлифования шлицевых и шпоночных отверстий пе-

риодически происходит полное прерывание контакта круга с заготовкой. При этом сила резания и упругие деформации технологической системы снижаются до нуля за время поворота заготовки на ширину паза.

Когда режущая кромка круга проходит поверхность паза, происходит динамический удар круга о заготовку, что вызывает снижение стойкости круга, увеличенное колебание силы резания и возникновение еще больших погрешностей обработки. Но наибольшие погрешности возникают при шлифовании прерывистой поверхности отверстия в зоне реверсирования круга, когда возникает дополнительное колебание силы резания из-за: перебега круга [1], снижения продольной подачи до нуля и ее возрастания до заданного значения в точке реверса, наличия поперечной подачи в точке реверсирования в начальном сечении отверстия.

Таким образом, при моделировании процесса внутреннего шлифования и расчете диаметральной и осевой погрешности обработки необходимо обязательно учитывать эффекты прерывистого шлифования в зонах реверсирования (когда высота рабочей поверхности круга и подачи являются переменной величиной) и в среднем сечении отверстия (когда рабочая высота круга полностью находится в отверстии). Также отметим, что внутришлифовальная обработка заготовок происходит в постоянно меняющихся условиях обработки партии деталей (колебание припуска и исходной точности обрабатываемой поверхности в партии заготовок). Поэтому для обеспечения достоверности результатов моделирования процесса внутреннего шлифования необходимо учитывать переменные условия обработки.

Моделирование съема металла в крайних сечениях отверстия по сравнению со съемом припуска в среднем сечении является сложной задачей, т.к. требует учета большого ряда особенностей обработки начального и конечного сечения, которые оказывают значительное влияние на стабильность процесса (многоэтапность, изменения вероятностного контакта с заготовкой и жесткости технологической системы). Поэтому сначала рассмотрим процесс съема металла с прерывистой обрабатываемой поверхности в среднем сечении на примере автоматического цикла шлифования для абсолютно круглой заготовки, которая описана тремя одинаковыми радиусами под номерами 1, 3, 4 и одним максимальным радиусом под номером 2, отображающим наличие шпоночного паза. Съем металла начинается с момента касания заготовки в точке один, в которой зафиксирован радиус под номером один. На рис. а представлен график изменения фактически снятого припуска на i-м ходе z-й ступени для абсолютно круглого среднего сечения, имеющего шпоночный паз. Наличие прерывистой поверхности приводит к тому, что площадь контакта круга с заготовкой уменьшается. В результате силы резания упругие деформации технологической системы и фактически снятый припуск изменяют свои значения до нуля за время

поворота заготовки на ширину паза, при этом возникает большая вероятность появления дополнительных погрешностей обработки.

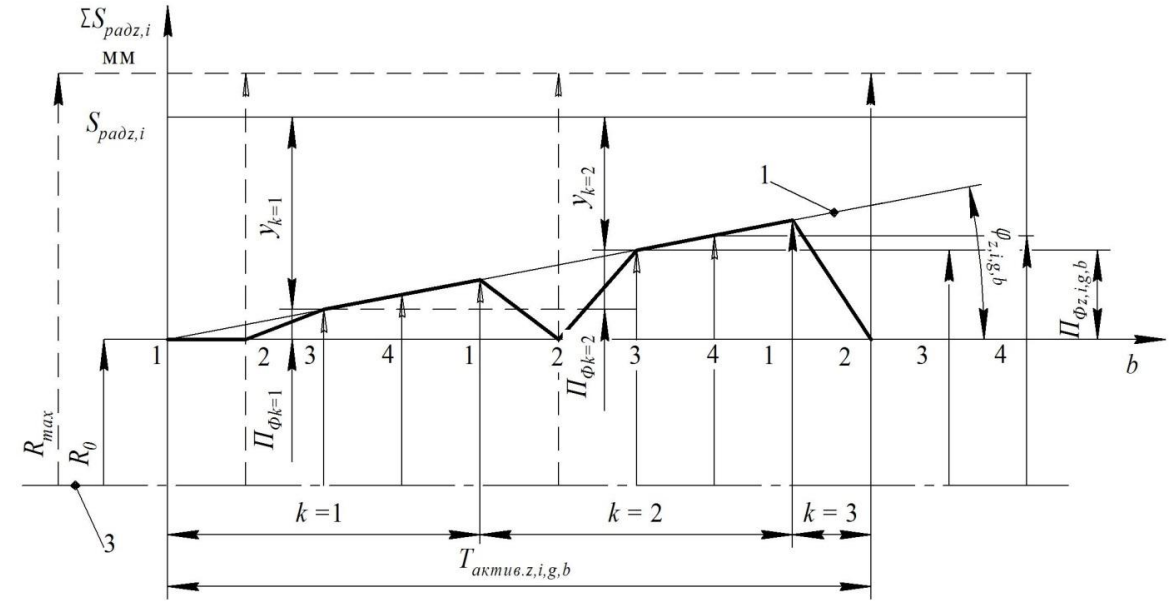
Отметим, что в процессе съема металла отверстие заготовки накапливает некруглость по следующим причинам:

– съем металла осуществляется за *k*-е количество раз, равное количеству рабочих участков (рис. б). Длина последнего рабочего участка является наименьшей по сравнению с предшествующими участками, т.к. количество рабочих участков является нецелым числом (в противоположном случае в обрабатываемом отверстии круг нарежет «резьбу»). Поэтому количество радиусов, обрабатываемых последним неполным рабочим участком, меньше, чем у предшествующего полного рабочего участка. Это приводит к образованию некруглости сечения заготовки;

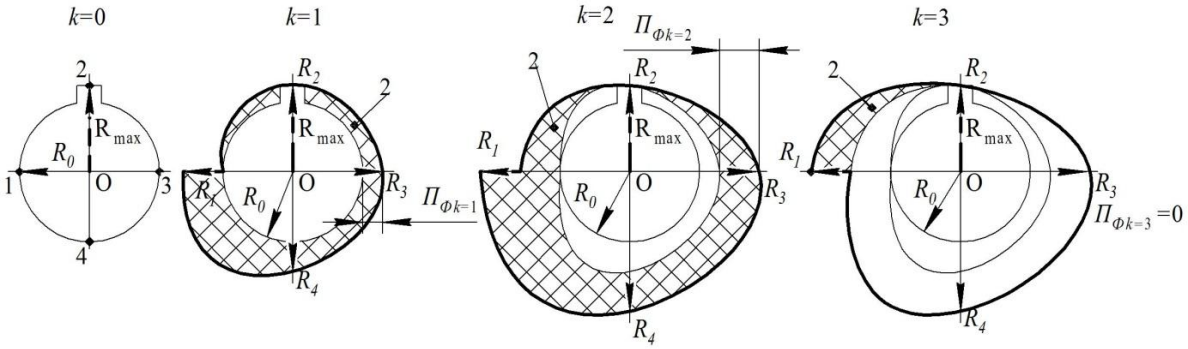
– траекторией снятия припуска при обработке абсолютно круглой заготовки на *i*-м ходе *z*-й ступени является спираль Архимеда [2–3]. В данном случае величина некруглости зависит от величины фактически снятого припуска на предшествующем обороте (рабочем участке). Чем больше был снят припуск за последний оборот заготовки, тем больше наследственный эллипс имеет поступившая заготовка (рис. в).

Помимо накопленной некруглости в процессе обработки отверстия заготовок в партии изначально имеют разное исходное радиальное биение. Поэтому для учета исходной и накопленной некруглости заготовки форма сечения обрабатываемой поверхности принимается в виде эллипса. Каждое сечение описывается массивом радиус-векторов, изменяющихся от R_{min} до R_{max}. Текущие значения радиусов рассчитываются для каждого сечения в течение всего цикла обработки [4–5].

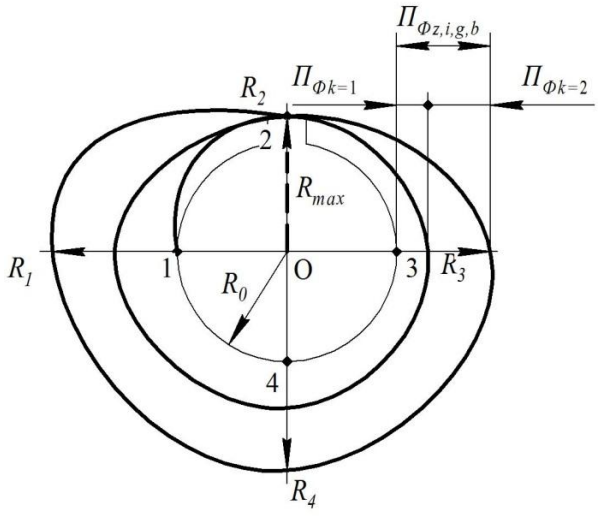
Часть прерывистых поверхностей отверстия заготовки являются сквозными (например, шпоночные или шлицевые пазы), т.е. находятся в зоне реверсирования в крайних сечениях, в которых возникают дополнительные значительные колебания силы резания, вызванные изменением зоны контакта круга с заготовкой, наличием врезной радиальной подачи. Дополнительные колебания силы резания приводят к изменениям упругой деформации технологической системы, активной высоты круга, величины фактически снятого припуска и др. параметров. В результате при обработке прерывистых поверхностей, расположенных в крайних сечениях (в зоне реверсирования), увеличивается вероятность возникновения дополнительной осевой и диаметральной погрешности обработки. Отметим, что при взаимодействии режущей кромки круга с поверхностью паза происходит динамический удар, который приводит к снижению стойкости круга, изменению силы резания, упругой деформации технологической системы, фактически снятого припуска. В результате возникает еще большая вероятность возникновения погрешности обработки.



а)



б)



в)

а) график съема металла с круглой заготовки с прерывистой поверхностью на *i*-м ходе *z*-й ступени; б) этапы обработки заготовки с прерывистой поверхностью на *i*-м ходе *z*-й ступени; в) траектория снятия припуска при обработке заготовки с прерывистой поверхностью на *i*-м ходе *z*-й ступени; 1 – режущая кромка круга; 2 – слой снимаемого металла; 3 – ось отверстия

Большая часть нормативно-справочной литературы содержит рекомендации по выбору режимов резания для внутреннего шлифования и практически не учитывает ни наличия прерывистой поверхности, ни колебания припуска и исходного радиального биения при обработке партии заготовок [6–7]. Поэтому параметры режимов резания, полученные по данной литературе, являются по сути своей «ориентировочными» и требуют адаптации под конкретные условия обработки. Все это приводит к увеличению дополнительных затрат на производстве и снижению производительности, т.к. назначенные режимы обработки изначально занижаются с целью выполнения требований чертежа по точности и качеству. В результате современные станки с ЧПУ используются на 30…40 % от своей мощности, и зачастую их производительность ниже, чем на универсальных станках, особенно при малых партиях деталей.

Для решения данной проблемы нами предложена методика проектирования оптимальных циклов внутреннего шлифования, представленная в данных статьях [8]. Данная методика основана на математической модели внутреннего шлифования прерывистых поверхностей любой сложности при переменных условиях обработки. В модели съема металла профиль и прерывистость поверхности учитываются массивом радиусов отверстия, которые изменяются при съеме припуска на каждом обороте заготовки. Модель съема отражает изменения радиальной составляющей силы резания, активной высоты круга, угла поворота и упругой деформации режущей кромки круга, при этом позволяя рассчитывать величину фактически снятого припуска на b-м радиусе g-го сечения на i-м ходе z-й ступени.

В результате становится возможным осуществлять расчет погрешности обработки по расчетным значениям радиусов на любом этапе цикла шлифования для любых переменных условий обработки, связанных с колебанием припуска и исходного радиального биения отверстий в партии заготовок, характеристики и размеров круга, диаметра и длины обрабатываемого отверстия, жесткости технологической системы и других технологических параметров [9].

Выводы

1) внутреннее шлифование прерывистых поверхностей является самой распространенной операцией в машиностроении (за исключением шарикоподшипниковой отрасли). Поэтому проектирование оптимальных циклов обработки для таких операций является важной и актуальной задачей современного автоматизированного машиностроительного производства;

2) прерывистость поверхности отверстия является мощным технологическим фактором, оказывающим значительное влияние на производительность операции и стабильность процесса съема припуска из-за возникновения значительных колебаний силы резания, упругой деформации технологической системы, точности обработки и др. параметров;

3) разработанная математическая модель съема металла [4–5] позволяет:

– учитывать особенности шлифования прерывистых поверхностей любой сложности, конфигурации конструктивных элементов и переменных условий обработки;

– рассчитывать изменения силы резания, активной высоты круга, упругой деформации и угла поворота режущей кромки круга, фактически снятого припуска на *b*-м радиусе *g*-го сечения на *i*-м ходе *z*-й ступени, в том числе при обработке крайних сечений в зонах реверсирования, где стабильность процесса нарушается дополнительными колебаниями силы резания, вызванными изменением зоны контакта круга с заготовкой, наличием врезной радиальной подачи;

4) разработанная модель расчета диаметральной и осевой погрешностей при внутришлифовальной обработке отверстий учитывает специфику шлифования внутренних прерывистых поверхностей в зонах реверсирования и в середине отверстия [9];

5) на основе полученных моделей разработана методика проектирования оптимальных циклов внутреннего шлифования [8], учитывающая ограничения процесса шлифования, связанные с внутренним шлифованием прерывистых поверхностей.

Библиографический список

1. Сайкин, С.С. Определение величины перебега круга при внутреннем шлифовании / С.С. Сайкин, П.М. Салов, Т.Г. Виноградова // «Инновации в образовательном процессе»: сб. трудов. – Чебоксары: ЧПИ (ф) МГОУ, 2010. – № 8. – С. 85–87.

2. Переверзев, П.П. Моделирование и оптимизация управляющих программ в автоматизированном машиностроительном производстве / П.П. Переверзев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2012. – № 12 (271). – С. 152–157.

3. Переверзев, П.П. Моделирование технологических ограничений при оптимизации автоматических циклов шлифования / П.П. Переверзев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». – 2012. – № 12 (271). – С. 165–168.

4. Переверзев, П.П. Моделирование процесса съема металла при внутреннем шлифовании с учетом особенностей кинематики резания / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // СТИН. – 2016. – № 4. – С. 23–28.

5. Переверзев, П.П. Аналитическое моделирование взаимосвязи силы резания при внутреннем шлифовании с основными технологическими параметрами / П.П. Переверзев, А.В. Попова // Металлообработка. – 2013. – № 3. – С. 24–30.

6. Режимы резанья на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах: справочник. – Челябинск: Изд-во АТКОСО, 2007. – 384 с.

7. Справочник технолога машиностроителя: справочник: в 2 т. / под ред. А.Н. Малова, – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.

8. Переверзев, П.П. Моделирование и оптимизация циклов внутреннего шлифования в условиях автоматизированного машиностроительного производ-

ства / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2016. – № 3. – С. 44–53.

9. Переверзев, П.П. Моделирование ограничений по точности обработки при проектировании оптимальных циклов внутреннего шлифования / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2016. – № 2. – С. 61–71.

К содержанию

УДК 621.923.02

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЦИКЛА НА ПРОЦЕСС ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

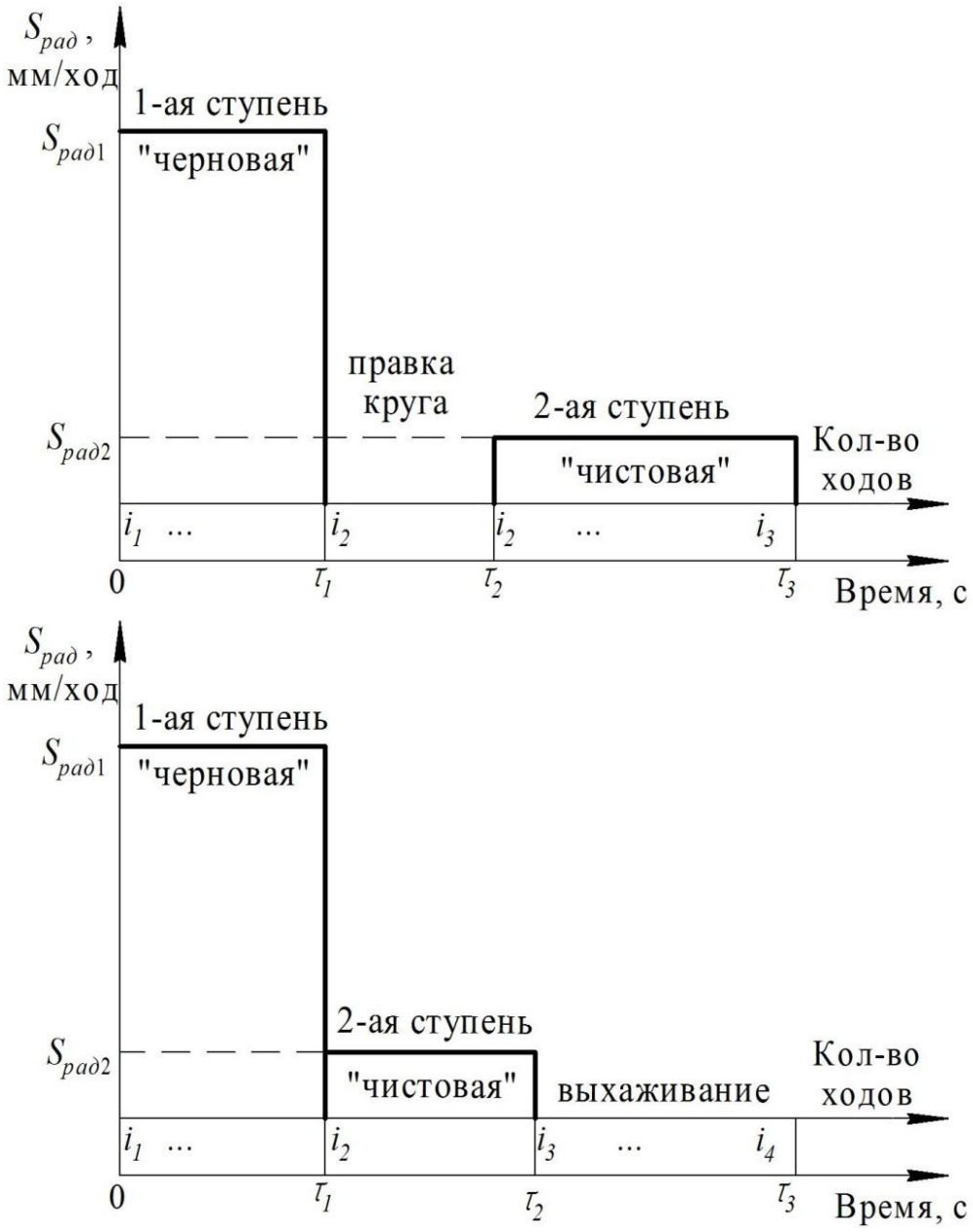
А.В. Акинцева, И.В. Баранов, И.И. Кротов, Т.А. Малева

В данной статье рассмотрены особенности построения структуры цикла внутришлифовальной обработки, произведен анализ влияния таких этапов цикла, как выхаживание и правка круга, на производительность процесса, а также на точность и качество обработанной поверхности.

Ключевые слова: внутреннее шлифование, цикл, выхаживание, правка круга.

Внутреннее шлифование позволяет обеспечить высокое качество обрабатываемого отверстия и прилагающих к нему поверхностей в режущих, мерительных и вспомогательных инструментах, втулках, кольцах шарико- и роликоподшипников, гильзах цилиндров двигателей внутреннего сгорания, шпинделях металлорежущих станков и т.п. Его применяют при обработке сквозных и глухих отверстий различной формы (цилиндрические, конические, сферические и фасонные), отверстий с пересеченной поверхностью (с выточкой, со шпоночным пазом), отверстий в деталях с неодинаковой толщиной стенок или неоднородной твердостью металла, ступенчатых отверстий, отверстий больших диаметров свыше 100 мм. Необходимо также отметить, что для термических обработанных деталей процесс обработки отверстий шлифованием является более производительным, чем другие методы обработки (развертывание, растачивание и т.д.), т.к. позволяет исправить геометрию отверстия, нарушенную в процессе термической обработки. Внутреннему шлифованию подвергаются детали из различных материалов: сталей с различными физико-механическими свойствами, чугуна, твердых и цветных сплавов, неметаллических материалов [1–2 и др.].

Структура цикла оказывает значительное влияние на точность и качество обрабатываемой поверхности, а также на производительность процесса внутреннего шлифования. В состав большинства структур циклов внутришлифовальной обработки входят следующие элементы: ускоренный подвод (отвод) круга, снятие чернового припуска, первое выхаживание, правка круга, снятие чистового припуска, второе выхаживание и др. [2–3 и др.]. В результате сочетания между собой данных элементов можно получить различные структуры циклов (рис.). Например, в работе [4] выделены пять основных групп структур циклов внутришлифовальной обработки: без выхаживания, с выхаживанием, с двукратным выхаживанием, с двукратным выхаживанием и получистовым шлифованием, прочие.



Примеры циклов внутришлифовальной обработки

В первую группу входят структуры циклов, включающие в себя следующие элементы цикла: ускоренный подвод круга, снятие чернового припуска, правка круга, снятие чистового припуска, ускоренный отвод круга. Данная группа из-за своей простоты является наиболее распространенной. Вторая группа структур циклов отличается от первой наличием выхаживания после чистовой стадии обработки. Третья группа отличается от предшествующих двух наличием выхаживания после черновой и чистовой стадии обработки. В четвертую группу входят структуры циклов, характеризующихся двукратным выхаживанием, а также получистовым шлифованием после первого выхаживания или правки круга. В последнюю пятую группу сведены прочие рабочие циклы, применяемые на станках с автоматическими системами регулирования, с адаптивными системами.

Выхаживание значительно повышает геометрическую точность формы обрабатываемой поверхности, уменьшает овальность, конусность и неперпендикулярность образующей отверстия торцу детали на 20–25 % [5]. При этом радиальная составляющая силы резания постепенно убывает, в результате чего происходит снижение копирования исходной погрешности формы на обрабатываемую поверхность. За счет снижения интенсивности съема металла и упругих деформаций системы процесс выхаживания повышает частоту (в среднем на один класс). Выхаживание улучшает и другие физико-механические свойства: повышает микротвердость на 18–20 % [5], при этом уменьшая абразивный наклеп и концентрацию напряжения. Величина остаточных напряжений, создающихся в процессе выхаживания, сравнима с величинами напряжений, возникающих в результате специальных упрочняющих процессов. Время выхаживания возрастает с уменьшением жесткости системы, снижением режущей способности круга и с повышением требований к параметрам шероховатости обработанной поверхности.

Мнения авторов по вопросу оптимальности расположений и количества стадий выхаживания в структуре цикла расходятся между собой. Например, по данным источника [4], циклы с одинарным выхаживанием улучшают качество обработанной поверхности по некруглости на 2–3 мкм и по чистоте на один класс. Циклы с двукратным выхаживанием не дают заметного улучшения качества обработанной поверхности. При этом значительно увеличивается продолжительность цикла, т.е. циклы являются неэффективными. В работе [6] отмечается, что введение выхаживания после черновой стадии обработки не оказывает существенного влияния на точность и качество обрабатываемой поверхности. Существуют и противоположные рекомендации по выбору местоположения выхаживания в структуре цикла. По данным, представленным в работе [5], наиболее совершенным циклом является цикл с двукратным выхаживанием, при этом его необходимо применять при шлифовании отверстий с жесткими допусками. Необходимо также отметить, что циклы, содержащие в своей структуре выхажива-

ние, имеют существенный недостаток. При построении цикла в зависимости от времени возрастет разброс размеров, а при построении в зависимости от величины снимаемого припуска возрастает разброс шероховатости [7].

Еще одним структурным элементом цикла, оказывающим значительное влияние на точность формы и шероховатость обрабатываемой поверхности, производительность операций, является правка круга. Она направлена на восстановление геометрической формы и режущей способности круга. Стойкость круга при внутреннем шлифовании не превышает трех минут [8]. Несвоевременная правка круга может привести к образованию дефекта на обрабатываемой поверхности либо к повышенному расходу шлифовальных кругов. Чаще всего правку круга осуществляют после определенного количества деталей [9].

Подбор количества деталей, после обработки которых необходимо проводить правку инструмента, осуществляется опытным путем. По данным, представленным в работе [4], наиболее приемлемым является непрерывный цикл с постепенно уменьшающейся подачей, обеспечивающей большую эффективность процесса шлифования. При этом возможно выносить правку круга из цикла, совмещая ее с установкой заготовки в приспособлении, что сокращает расход алмаза и абразивного материала в несколько раз.

На данный момент в известных источниках не существует рекомендаций по выбору количества стадий обработки (ступеней цикла) и распределению припуска между ними. Одним из способов повышения производительности процесса механической обработки в советское время считалось деление процесса на две стадии обработки (черновую и чистовую) [10–14 и др.]. Разделение общей величины припуска по стадиям обработки производилось технологом на основании его знаний и опыта, конкретные рекомендации по соотношению черновой и чистовой части припуска в нормативно-справочной литературе отсутствуют.

На черновой ступени обработки принимают максимально возможные значения припуска и радиальной подачи, исходя из прочности и жесткости системы СПИД, мощности станков и других ограничивающих факторов. В процессе черновой обработки стараются снять максимально возможный припуск за минимальное время на повышенных подачах. При этом на качество и точность обработанной поверхности, наличие прижогов не обращают внимания, считая, что данные параметры будут достигнуты на чистовой стадии обработки «по умолчанию». На черновых операциях не допускают лишь появления неисправимого брака – трещин. Обработка на чистовой стадии происходит в зависимости от требований к точности и качеству при пониженных режимах резания. При этом происходит значительное увеличение времени на чистовой операции.

«Условное деление» процесса обработки на черновые и чистовые стадии, несомненно, повышает точность и качество обработки, но при этом за счет увеличения вспомогательного времени и ввода дополнительных операций идет возрастание штучного времени. В массовом производстве данный момент компенсируется созданием поточных и особенно автоматических линий с автоматизацией межоперационного контроля и транспортирования заготовок на конвейерах, который исключает необходимость складирования и межоперационного пролеживания заготовок. В серийном производстве с целью экономии материально-технических средств и времени вынуждены объединять черновые и чистовые переходы в один, теряя при этом точность, качество обрабатываемой поверхности, либо проводить черновые и чистовые операции на одном оборудовании, одним и тем же инструментом.

Большинство современных шлифовальных станков с ЧПУ имеют возможность осуществлять обработку по автоматическому циклу. Например, станки фирмы JAINNHER (Тайвань) моделей JHI-150CNC, JHI-150BCNC, JHI-3012NC оснащены возможностью обработки по трехступенчатому циклу, состоящему из: ускоренного подвода круга, чернового шлифования, правки круга, чистового шлифования, выхаживания, ускоренного отвода круга. Внутришлифовальные станки с ЧПУ JAG-IG150, JAG-IG3510 (Китай) имеют полностью автоматические циклы шлифования, которые включают в себя: шлифование, правку круга, ступенчатое чистовое шлифование, выхаживание. При ступенчатом чистовом шлифовании оператор может выставить количество проходов и величину радиальной подачи. Станки фирмы Okamoto (Япония) серии IGM имеют следующие технические возможности: автоматические циклы обработки (черновое шлифование, тонкое шлифование, автоматическая остановка, отвод круга), выбора цикла обработки из набора готовых циклов, специальные циклы коррекции и функции прерывания цикла шлифования для правки круга.

В известных на данный момент источниках отсутствуют рекомендации по выбору структуры оптимального цикла (количества ступеней цикла, распределение припуска по ступеням, положение правки круга и выхаживание в структуре цикла), т.е. цикла, гарантирующего выполнения требований чертежа по точности и качеству за минимальное время обработки. Предлагаются лишь частные решения проблемы. Например, число ступеней цикла принимается константной величиной, которая не учитывает влияния основных технологических факторов. Аналогичная ситуация происходит и с рекомендациями по выбору режимов обработки (скорости круга, числа оборотов заготовки, скорости осевой подачи и радиальной подачи). В результате чего на предприятиях вынуждены подбирать вручную параметры циклов обработки, теряя при этом время и материальные ресурсы. Отметим, что с целью выполнения заложенных требований чертежа по точности и качеству циклы, полученные методом подбора, принимаются с

существенно заниженными режимами резания, т.е. циклы являются неоптимальными. Поэтому производственная мощность современных станков используется всего лишь на 30–40 %. Часто производительность данных станков ниже, чем на универсальных станках, особенно при малых партиях деталей.

Решением вышеописанной проблемы является разработка методики проектирования оптимальных циклов внутришлифовальной обработки. Основой данной методики служит математическая модель, адекватно описывающая процесс съема металла как при всех возможных сочетаниях основных технологических факторов, так и во всех диапазонах их допустимого варьирования [15–16]. Модель съема металла по сути своей является моделью управления процессом, которая отражает зависимость между программной, фактической подачами и упругими деформациями системы.

Из-за наличия упругих перемещений в технологической системе и инерционности перемещающихся масс фактическая подача не равна программной. При ступенчатом переключении программной подачи значение фактической подачи приближается к ней по экспоненциальному закону. На протяжении всего цикла текущее значение фактической подачи ограничивается комплексом технологических ограничений, включающих в себя ограничения по точности получаемого размера, шероховатости, стойкости режущего инструмента, мощности привода станка и др. Для обеспечения максимальной производительности операции необходимо стремиться к тому, чтобы текущее значение фактической подачи на протяжении всего пути снятия припуска максимально приближалось к области ограничений. В результате величина фактической подачи будет максимально допустимой тем или иным ограничением, а цикл производительней. Управление траекторией фактической подачи осуществляется путем ступенчатого изменения программной. В статье [17–18] можно увидеть разработанную нами модель съема металла для процесса внутреннего шлифования.

Задача оптимизации цикла для обработки конкретной партии заготовок требует нахождения детерминированных режимных параметров цикла при нестабильных значениях ряда технологических ограничений и условий обработки. Такая постановка задачи оптимизации является наиболее сложной и относится к области нелинейного программирования. Анализ методов дискретной оптимизации показал, что наиболее приемлемым для оптимизации циклов является метод динамического программирования (МДП) [19]. Применение МДП обусловлено тем, что данный метод не требует предварительного построения границ области допустимых ограничений и не является чувствительным к свойствам моделей управления и ограничений. Оптимизация цикла проводится МДП по аналогии с оптимизацией транспортной задачи, требующей нахождения оптимального маршрута на разветвленной сети дорог из начального пункта в конечный [19]. Применительно к оптимизации цикла обработки дорожная схема аналогична «вари-

антам состояния процесса». В нашем случае начальный пункт – это исходное состояние процесса (параметры заготовки, характеристика инструмента и т.д.), конечный пункт – это конечное состояние процесса (параметры готовой детали по точности и качеству, основное время и т.д.). В результате возникает задача нахождения цикла, имеющего минимальное основное время среди различных возможных вариантов циклов. МДП не ограничивает ни количество оптимизируемых параметров управления, ни количества ограничений целевой функции. В результате становится возможным не только проектировать структуру оптимального цикла, но проводить многопараметрическую оптимизацию в многомерном пространстве управляющих параметров, т.е. расширить количество оптимизируемых параметров (диаметр и ширина круга, величина перебега, число оборотов заготовки и др.).

Выводы

1) помимо режимных параметров обработки (количества ступеней цикла, распределение припуска по ступеням, положение правки круга и выхаживание в структуре цикла) на точность, качество обрабатываемой поверхности и производительность процесса внутреннего шлифования оказывает значительное влияние структура цикла (количества ступеней цикла, распределение припуска по ступеням, положение правки круга и выхаживание в структуре цикла);

2) большинство современных шлифовальных станков с ЧПУ имеют возможность осуществлять обработку «по заданным» (введенным с пульта) циклам. При этом можно управлять не только режимными параметрами обработки, но и проектировать структуры цикла;

3) на данный момент в известных источниках нет единых рекомендаций по выбору режимов обработки и структуры оптимального цикла. В результате на предприятиях вынуждены подбирать режимы обработки вручную, неся при этом дополнительные затраты на время и производственные ресурсы;

4) методика проектирования оптимальных циклов внутришлифовальной обработки [15–16] позволяет с математической точностью проектировать оптимальные циклы, учитывая при этом изменения условий обработки и любое количество технологических ограничений целевой функции.

Библиографический список

1. Ваксер, Д.Б. Внутреннее шлифование / Д.Б. Ваксер. – Л.: Машиностроение, 1967. – 99 с.

2. Акимов, В.Л. Внутреннее шлифование / В.Л. Акимов, В.А. Иванов. – Л.: Машиностроение, 1986. – 128 с.

3. Манохин, Ю.И. Повышение эффективности внутреннего врезного шлифования на основе оптимального управления: дис. … канд. техн. наук / Ю.И. Манохин. – Челябинск, 1977. – 223 с.

4. Казаков, Н.В. Анализ рабочих циклов внутришлифовальных автоматизированных станков / Н.В. Казаков, А.В. Автономов // Станки и инструмент. – 1974. – № 6. – С. 12–23.

5. Ящерицын, П.И. Влияние структуры рабочего цикла внутришлифовальных станков на качество обрабатываемых поверхностей / П.И. Ящерицын // Станки и инструмент. – 1965. – № 10. – С. 18–24.

6. Лурье, Г.Б. Шлифование металлов / Г.Б. Лурье. – М.: Машгиз, 1969. – 172 с.

7. Михелькевич, В.Н. Автоматическое управление шлифованием / В.Н. Михелькевич. – М.: Машиностроение, 1975. – 304 с.

8. Исаев, П.П. Обработка металлов резанием (резание металлов, режущий инструмент, металлорежущие станки): учебное пособие для вузов / П.П. Исаев, А.А. Богданов А.А. – М.: Оборонгиз, 1959. – 658 с.

9. Лурье, Г.Б. Прогрессивные методы круглого наружного шлифования / Г.Б. Лурье. – Л.: Машиностроение, 1984. – 103 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

11. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2013. – 256 с.

12. Гаврилов, А.Н. Современное состояние и направления развития технологии машиностроения и приборостроения / А.Н. Гаврилов. – М.: Машгиз, 1960. – 564с.

13. Справочник металлиста. В 3 т. / под ред. И.С. Черкан. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1966. – 812 с.

14. Лоскутов, В.В. Шлифовальные автоматы и полуавтоматы / В.В. Лоскутов. – М.: Машиностроение, 1959. – 292 с.

15. Переверзев, П.П. Моделирование и оптимизация циклов внутреннего шлифования в условиях автоматизированного машиностроительного производства / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2016. – № 3. – С. 44–53.

16. Pereverzev, P.P. Automatic cycles' multiparametric o ptimization of internal grinding / P.P. Pereverzev, A.V. Akintseva // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 129. – Pp. 121–126.

17. Переверзев, П.П. Моделирование процесса съема металла при внутреннем шлифовании с учетом особенностей кинематики резания / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // СТИН. – 2016. – № 4. – С. 23–28.

18. Переверзев, П.П. Моделирование ограничений по точности обработки при проектировании оптимальных циклов внутреннего шлифования / П.П. Переверзев, А.В. Акинцева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2016. – № 2. – С. 61–71.

19. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 400 с.

К содержанию

УДК 37.026.7 + 378.041

УТОЧНЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООБРАЗОВАНИЯ

Ю.Е. Калугин

В статье рассматриваются функции профессионального самообразование и его задачи. Выявлены взаимоотношения понятий, найдены соответствия между функциями и задачами, определены и названы новые функции, с которыми соотносятся существующие задачи.

Ключевые слова: функции профессионального самообразования, задачи профессионального самообразовании.

Нередко для научных целей при рассмотрении вопросов, связанных с профессиональным самообразованием (ПС), требуются его функции. В работе [1, 2] представлены функции ПС, отмеченные рядом авторов. Приведем их. Так, А.С. Роботова отмечает две функции:

1) самообразование выступает механизмом превращения репродуктивной деятельности человека в продуктивную;

2) самообразование приближает специалиста к творческому уровню его самореализации в профессиональной деятельности.

В свою очередь автор В.Д. Диденко выделяет такие три функции:

1) компенсация недостатков полученного образования;

2) постоянная адаптация к изменяющейся профессиональной деятельности, ее технологиям;

3) непрерывное развитие творческого потенциала личности.

Наиболее полно они представлены у М.М. Князевой:

1) экстенсивная – накопление, приобретение новых знаний;

2) компенсаторная – преодоление недостатков школьного обучения, ликвидация «белых пятен» в своем образовании;

3) саморазвития – совершенствование личной картины мира, своего сознания, памяти, мышления, творческих качеств;

4) методологическая – преодоление профессиональной узости, достраивание картины мира;

5) коммуникативная – установление связей между науками, профессиями, сословиями, возрастами;

6) сотворческая – сопутствие, содействие творческой работе, непременное дополнение ее.

Однако этот перечень возник, на взгляд автора, вне связи с основными свойствами и характером ПС. Поэтому определим основные термины, отвечающие настоящему случаю: цели, задачи, функции.

Начнем с цели. «Цель – это то, что требуется получить» [3], то есть результат, к которому следует двигаться. Из цели вытекают задачи в виде данных, условий, наметок. «Задача – проблемная ситуация, то, что необходимо сделать, действие, которое необходимо совершить, чтобы получить…» [3]. В силу своей сути задачи являются по большей части внутренним проявлением целей – это их разворачивание на объект реализации в выделенных направлениях.

В свою очередь, «Функция (от латинского functio – исполнение, осуществление) – деятельность, обязанность, работа; внешнее проявление свойств какого-либо объекта в данной системе отношений…» [4]. Таким образом, наметилась связь между задачами и функциями. Одни отражают внутренние проявления целей, другие – внешние, то есть функции должны соотноситься с задачами. При этом иногда задачи ПС соответствуют функциям, иногда функции соответствуют задачам.

Если наложить вышеприведенный перечень функций ПС на задачи, рассмотренные в [5], то обнаружится некоторое несоответствие, так как ряд функций мало отвечают задачам, к некоторым задачам нет функций, а к некоторым задачам относится сразу ряд функций. Поэтому попробуем найти соответствия между задачами и функциями ПС.

В дальнейшем будем приводить задачи по [5] и находить связанные с ними функции.

1. Одной из основных задач использования ПС является восстановление неиспользованных и потому забытых знаний и умений. Такое происходит, во-первых, когда необходимо актуализировать забытые собственные знания в связи с производственной необходимостью. Во-вторых, периодически при изменении технологии внешних задач, что должно происходить каждые 3–7 лет. В-третьих, это могут быть другие случаи, диктуемые условиями существования организации, когда приходится использовать не задействованные ранее компетенции. Могут быть и другие условия. Таким образом, эта задача соответствует редуктивной (reductio – восстановление) функции. Эта функция связана с восстановлением знания, забытого субъектом, поэтому функцию можно уточнить как субъектно-редуктивная. Эта функция не фигурирует у приведенных авторов.

2. Каждый специалист кроме восстановления знаний и умений должен наращивать и приращивать имеющийся объем квалификационных качеств и компетенций.

Наращивание знаний нередко происходит по той причине, что требуется знание материала, который в учебном заведении не изучался. Поэтому приходится его изучать самостоятельно. Этот случай относится к компенсаторной функции (названа и отмечена Диденко и Князевой), которая связана с преодолением недостатков обучения, ликвидацией «белых пятен» в своем образовании.

Для приращения знаний приходится осуществлять поиск и освоение инновационного материала. Этот материал приходится отыскивать как в сфере собственной профессии, так и в соседних областях знаний. Затем осуществлять перенос и адаптацию его в собственную сферу приложения усилий. ПС в этих условиях позволяет наиболее быстро освоить передовые разработки, проверить их на опыте, выявить тенденции и принять соответствующие меры, а также использовать все полученное на практике. Эта задача соотносится с экстенсивной функцией, представляющей собой накопление, приобретение новых знаний.

Профессионал обращается к ПС и тогда, когда возникают какие-то идеи, связанные с преобразованием продукта: при проектировании и моделировании, на этапе конструирования и реализации нового продукта, доведении его до технологической стадии и сопровождении на этой стадии. Таким образом, фактором, способствующим проявлению ПС, служит сама деятельность организации. Это могут быть проблемы, возникающие в процессе производства, это могут быть задачи, возникающие у индивида и связанные с оптимизацией функционирования отдельных подразделений или направлением деятельности организации, а также нацеленные на повышение эффективности как общего, так и собственного труда. Функцию, отвечающую этой задаче, можно назвать методологической, внедренческой, предполагающей как преодоление профессиональной узости, так и конкретизацию управленческо-технологических задач. Эта функция отмечена Князевой.

3. ПС незаменимо в тех случаях, когда человек начинает проявлять себя как личность, реализуя собственный потенциал задатков и социальных приобретений в физической, интеллектуальной, нравственной и духовной сферах, при этом самоопределяясь, самоутверждаясь и самосовершенствуясь. Это способствует карьерному росту, увеличению компетенций, усилению компетентности. Эта задача связана с функцией саморазвития – совершенствование личной картины мира, своего сознания, памяти, мышления, творческих качеств. Функция отмечена М.М. Князевой.

4. Кроме того, официальное образование может научить только тому, что уже знает и умеет человечество, то есть в этом направлении наличествует социальный опыт. Однако существуют такие направления человеческой активности, где этот опыт не наработан. Не могут существовать готовые образовательные услуги при прямом освоении природных и общественных явлений. Это относится к переднему краю науки, к движению на стыках наук, к инновационным проектам и технологиям и т.д. Личный опыт создается в самообразовательной деятельности, которая в данном случае имеет творческую особенность. Творческое созидательное движение происходит в виде самообразования на основе тех потенциальных качеств человека, которые и позволяют ему это совершать. Здесь самообразование связано с творческими актами, процессуально помогая создавать и

нарабатывать личный опыт, который проявляется в инновациях и впоследствии тиражируется, то есть – социализируется. Эта функция творческая, продуктивная, связана с созданием субъективно или объективно нового продукта и отмечается всеми авторами.

5. Ценность ПС повышается в тех сферах, где вообще нет официальных образовательных услуг. В мире существуют штучные специальности, на которые нет смысла оказывать официальные образовательные услуги. В этом случае личный опыт профессионального плана приобретается из непосредственного освоения предметной области, при общении с людьми, имеющими некоторый опыт в этой сфере, из различных источников забытых и полузабытых. Сюда относятся всевозможные ремёсла, народные промыслы и др. Этот тип задач можно отнести к сингулярной (singularis– исключительный**)** функции, связанной с индивидуальностью процесса подготовки специалиста в определенной области. Данная функция не отмечена ни одним из приведенных выше авторов.

6. Нередко мы становимся свидетелями того, что происходит утеря (утаивание) знаний или технологий, когда-то составлявших часть социального опыта. Человек, пользуясь различными источниками, восстанавливает знания, отдельные умения, способы, методики и технологию в целом. Эту функцию назовем объективно-редуктивной, связанной с восстановлением утраченного знания либо умения. Эта функция отличается от субъектно-редуктивной тем, что она более креативна. Решение такой задачи нередко связано с высоким уровнем творчества. Она отличается от чисто творческой тем, что существуют какие-то объективные следы, говорящие о том, что эта вещь, метод, способ или технология уже существовали. В настоящее время с целью повышения конкурентных преимуществ происходит утаивание технологии. То есть отыскание элементов или такой технологии в целом и является задачей самообразования, только усиление и умножение собственного знания позволяет решить задачу. Важно отметить, что самообразование не поддерживает, не сопутствует, не содействует, а совмещается с творчеством, так как результат творчества – это результат самообразования.

Отметим, что существует еще и коммуникативная функция, отмеченная у М.М. Князевой. С ней связано установление связей между науками, профессиями, работниками как всемерная необходимость, неизбежная при решении всех задач. Это может быть диалог, вопросно-ответная форма, консультация, беседа, интервью и множество других форм осуществления. В силу чего коммуникативную функцию можно считать универсальной. Она способствует реализации всех приведенных выше задач.

На основании данного анализа составим сравнительную таблицу, отражающую функции ПС в описании их отдельными авторами.

Таблица

Сравнительная таблица функций
профессионального самообразования по разным источникам

№ п/п	Название функции	А.С. Роботова	В.Д. Диденко	М.М. Князева	Ю.Е. Калугин
1	Компенсаторная		+	+	+
2	Экстенсивная			+	+
3	Методологическая, внедренческая		+	+	+
4	Саморазвития	+		+	+
5	Творческая, продуктивная	+	+	+	+
6	Сингулярная				+
7	Субъектно-редуктивная				+
8	Объективно-редуктивная				+
9	Коммуникативная			+	+

Библиографический список

1. Самосовершенствование личности. – URL: http://repo.gsu.by/bitstream/123456789.pdf.

2. Акмеологические основы самосовершенствования личности: их природа и условия реализации: самообразование, его источники и функции. – URL: http://works.doklad.ru/view/ HWvnm81su_c /15.html.

3. Функция. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/o. html.

4. Задача: национальная психологическая энциклопедия. – URL: http://vocabulary.ru/termin/zadacha.html.

5. Калугин, Ю.Е. Цель и задачи профессионального самообразования / Ю.Е. Калугин, Е.Н. Борисова // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 2 (30). – С. 156–158.

К содержанию

УДК 37.013 + 37.041

ПОНЯТИЕ «ОБРАЗОВАНИЕ» В ШИРОКОМ И УЗКОМ СМЫСЛАХ

Ю.Е. Калугин

В статье рассматривается генезис понятия «образование» в педагогическом плане. Обсуждаются необходимость и возможность использования этого термина в узком и широком смыслах. Приведен вариант понятия «образование» в широком смысле.

Ключевые слова: образование, обучение, воспитание, самообразование.

В педагогике встречаются понятия, рассматриваемые в узком и широком смыслах, например, воспитание. Термин образование тоже рассматривается в узком и широком смыслах, но здесь наметилось неоднозначное толкование.

Понятие «образование» было введено швейцарским педагогом И.Г. Песталоцци (1746–1827 гг.), и соответствовало немецкому слову «Bildung», обозначающее формирование «образа» человека. То есть образование представляет собой «лепку» умственных, физических и духовных начал в единую, цельную личность.

Сразу же заметим, что эта «лепка» может производиться кем-то (профессиональным «лепщиком») – «скульптура», а может выполняться самим человеком – «автоскульптура». Отсюда было бы логично выделить опосредованное образование, которое совершается при участии и под руководством Учителя, и непосредственное образование, которое осуществляет человек сам. Именно эти составляющие и должны быть объединены в родовом понятии «образование».

Несмотря на эти очевидные факты термин «образование» сразу заузили, так как стали рассматривать как состоящий из двух составляющих, относящихся только к опосредованному образованию. Эти составляющие: обучение, которое касалось усвоения ряда научных фактов, явлений, состояний и др., и воспитание, связанное с присвоением правил поведения в обществе. Именно такое толкование дает Даль слову «образованный» – «…научно развитый; воспитанный (приличный в обществе, знающий светские обычаи)» [1, с. 618].

Через эти две составляющие понятие «образование», которое воспринимается в дальнейшем как процесс и результат процесса, прошло весь двадцатый век в России. Приведем ряд дефиниций, которые введены довольно известными педагогами.

«Образование – целенаправленный процесс воспитания и обучения в интересах человека, общества и государства (В.В. Краевский, А.В. Хуторской) [2].

«…образование целостно охватывает процесс целенаправленного формирования личностных качеств человека… К таким процессам относятся воспитание…, обучение и развитие», – считают Н.Д. Никандров и Г.Б. Корнетов [2].

«В понятие «образование» включается кроме обучения также и воспитание личности» (Ф.Ф. Королева, В.Е. Гмурман) [2].

Иногда понятие «образование» зауживали до одного обучения. «Образование: овладение системой знаний основ наук и соответствующих им умений и навыков, формирование научного мировоззрения и развитие познавательных сил и способностей. Основной путь получения образования – обучение. Таким образом, образование характеризуется как процесс и результат обучения» (М.А. Данилов, Б.П. Есипов) [2].

Иногда расширялось… «Опираясь на антропологические основания, Б.М. Бим-Бад приходит к выводам: «Человековедение, синтезируемое педагогикой, привело в XX в. к пересмотру самого понятия «образование», включающего в себя и воспитание, и учение, и обучение и др.» [2].

Все это послужило поводом в начале XXI века педагогу Е.В. Иванову констатировать, что понятие «образование используется в различных науках и несет в себе различные смысловые нагрузки. В педагогике его чаще всего употребляют в двух смыслах: широком и узком. В широком смысле под ним обычно понимается целенаправленный процесс обучения и воспитания в интересах личности, общества и государства, а в узком смысле оно отождествляется с таким педагогическим понятием, как «обучение» [3, с. 3].

Этот так названный «широкий смысл» лег в основу Федерального закона РФ об образовании. «Образование – единый целенаправленный процесс воспитания и обучения, являющийся общественно значимым благом и осуществляемый в интересах человека, семьи, общества и государства, а также совокупность приобретаемых знаний, умений, навыков, ценностных установок, опыта деятельности и компетенции определенных объема и сложности в целях интеллектуального, духовно-нравственного, творческого, физического и (или) профессионального развития человека, удовлетворения его образовательных потребностей и интересов» [4, с. 2].

В этом приведенном понятии нет следов непосредственного образования. Может быть, непосредственное образование не связано с опосредованным? Понятие «самообразование» (синоним непосредственного образования) с подачи Я. Коменского представляется как нечто отличающееся от образования, хотя и связанное конечным состоянием: «… воспитание и образование человека не заканчивается после выхода из школы. Школь-

ное воспитание и образование должно готовить юношество к будущему самовоспитанию и самообразованию» [5].

Эта мысль прослеживается и позднее. «Настоящее образование есть только самообразование, и оно начинается, когда человек прощается со всеми школами», – писал Д.И. Писарев. Его поддерживает известный российский педагог С.И. Гессен. Подытоживая в начале XX века предыдущий педагогический опыт, он высказал следующее: «Образование есть не что иное, как индивидуальная культура. Образование достигается за счет обучения и воспитания, но не любого, а систематического и целенаправленного, которое никогда не бывает завершенным и на определенных этапах своего развития переходит в самообразование» [2].

Однако слова «образование» и «самообразование» интуитивно должны относиться к одному процессу. В связи с этим некоторые педагоги пытаются включить самообразование в понятие «образование». «Образование – процесс и результат усвоения человеком опыта поколений в виде системы знаний, умений, навыков, отношений, полученных в результате обучения и самообразования (это процесс и результат обучения и воспитания). Образование связано со становлением способностей человека, развитием общих способностей: интеллекта, креативности, обучаемости» [6].

Существуют попытки определить термин «самообразование» через родовое слово «образование» – «самообразование это – образование, получаемое вне стен образовательных учреждений, с помощью самостоятельного изучения материала» [7].

То есть отсутствует четкое понимание взаимоотношения понятий «образование» и «самообразование». Поэтому попытаемся внести ясность в обозначенные аспекты.

Термин «образование» связан не только со словом «образ», но и со словом «образование» и в этом случае представляет собой создание в коре головного мозга устойчивых матриц, которые и являются новым знанием или новым умением. Это же, в конечном счете, напрямую связано с формированием личности, восхождением его на более высокие уровни совершенствования. Именно эти образования являются процессом и в нашей действительности реализуются в виде двух данностей, которые осуществляют становление человека, формирование его личности.

Первой является данность, которая связана с социумом, так как заботой социума является формирование человека, способного нести тяготы по социальным направлениям [8]. В этом отношении заботой социума является необходимость индивида в более раннем вступлении его в социальные отношения, в становлении его как социального партнера, появление еще одного активного члена социума, помогающего создавать материальные и нематериальные блага. Эта составляющая задается и контролируется социумом: семьей, социальной группой, к которой принадлежит семья, государством. Для ускорения созревания активного члена социума эта со-

ставляющая осуществляется педагогическими работниками: учителями, воспитателями, тренерами и др. То есть, эта данность представляет собой социальное образование, которое называют официальным, опосредованным, формальным, а иногда просто образованием. Это оно состоит из обучения и воспитания, и процессы, в нем происходящие, контролирует государство: все знания и умения, нормы поведения формулируются в виде стандартов и программ. Таким образом, социальное образование – это то образование, дефиниция которого и сформулирована в Законе об образовании. Именно его следует называть образованием в узком смысле.

Вторая данность связана с самой личностью. Человек с рождения начинает самообразование. «Так интересно в этом мире!». Он прилагает больше или меньше усилий, чтобы стать активным членом общества, при этом всегда стремится обеспечить себе достаточно комфортное существование в среде. Для этого ему необходимо познавать мир, вмешиваться в него с целью обустройства, внесения в существующий мир изменений, которые бы позволяли этому человеку осуществлять более тесный контакт и взаимопонимание с окружением. Чтобы это происходило, человек должен познать более того, что рекомендуют стандарты и программы социального образования, создавать такие вещи, которые являются новыми для самого человека, а возможно, и для всего человечества. Уметь выполнять не только те действия, которые были привиты социальным образованием, но формировать новые, уникальные, позволяющие менять окружающую среду, понимать, воспринимать и проводить в жизнь новые идеи, перемещающие человека на более высокие ступени социального бытия. Это непосредственное образование, называемое самообразованием, неформализованным образованием. Наиболее употребительный термин – самообразование. Поэтому самообразование – это образование, осуществляемое самим человеком в соответствии со своими интересами и потребностями.

Социальное образование и самообразование являются понятиями перекрещивающимися и находятся в родовидовом подчинении к понятию «образование», которое в данном случае нужно воспринимать в широком смысле.

Относительно образования в широком смысле можно привести несколько дефиниций: «образование – это процесс и результат приобщения человека к знаниям о мире, ценностям, опыту, накопленному предшествующими поколениями» [9]. Или перекликающаяся с предыдущей и ее дополняющая: «образование – процесс или продукт формирования ума, характера или физических способностей личности…» [10].

Однако для понятия «образование» в широком смысле вряд ли подходят на роль родовых слов понятия «результат» и «продукт», которые вполне отвечают узкому смыслу: «Он получил образование в Кембридже». Понятие же «процесс», являясь всеобщей категорией, вполне претендует на роль родового понятия. Именно процесс лежит в основе становления индивида личностью.

Таким образом, возвращаясь к истокам понятия «образование», автор берет на себя смелость предложить трактовку термина в широком смысле в следующем виде. Образование – это процесс социального и самостоятельного формирования и становления личности, наделенной свойством адекватного восприятия окружающего мира и способной к его преобразованию.

Библиографический список

1. Даль, В.И. Образованный / В.И. Даль // Толковый словарь живого русского языка: в 4 т.. Т. 2. – СПб.: ТОО «Диамант», 1996. – 784 с.

2. Образование: электронный справочник. – URL: http://met-ist.ru/?p=141.html.

3. Иванов, Е.В. История образования и педагогической мысли: учебно-методические рекомендации к семинарским занятиям / Е.В. Иванов. – Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2002. – 52 с.

4. Об образовании в Российской Федерации: федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ // СПП «Гарант».

5. Сагитова, Р.Р. Генезис сущности понятия самообразования в истории развития отечественной и зарубежной педагогики / Р.Р. Сагитова // Вестник бурятского государственного университета. – 2010. – № 1. – С. 38–41.

6. URL: http://www.kgau.ru /distance/mf_01/ped-asp/01_01.html.

7. Что такое самообразование? – URL: http://gekkon12.livejournal.com/4597.html.

8. Функции образования. – URL: http://www.grandars.ru/college/obrazovanie.html.

9. Образование. – URL: http://www.grandars.ru/college/obrazovanie.html.

10. Kneller, G. Introduction to the Philosophy of Education / George F. Kneller. – New York: John Wiley and Sons, 1971. P. 20–21.

К содержанию

УДК 519.876.5 + 004.94 + 378.018.4

ОБЩИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ КОНТЕНТА СДО С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.Н. Кононов, Ю.Б. Кононова

Приведены рекомендации по улучшению качества контента для СДО при использовании технологий имитационного моделирования.

Ключевые слова: дистанционные образовательные технологии, имитационное моделирование.

В последнее время дистанционные образовательные технологии набирают обороты и в высшей школе. На данный момент внедрение этого новшества связано с рядом трудностей и неопределённостью в будущем. Несмотря на это, сегодня уже нельзя отмахнуться от факта разрастающегося опыта применения новых образовательных технологий. Скептики недовольны переводом некоторых лабораторных и практических занятий в виртуальную форму. Основной аргумент при этом – учащиеся не смогут получить навык работы с реальными аппаратами, приборами и устройствами. Представленная работа предлагает понять, так ли это на самом деле, а также служит некоторой инструкцией по созданию имитационного контента для системы дистанционного обучения [1].

Первое, на что требуется обратить внимание, это верное определение оригинала для создаваемой модели. Если вести речь про моделирование различного рода лабораторных работ, то нельзя забывать, что сами стенды – во многом лишь модели некоторых реальных установок. Попытка создания модели такого стенда заранее и стопроцентно обречена на провал в плане достижения глобальной цели – знакомства студента с реальным оборудованием, реальными аппаратами, механизмами и установками. Задача выбора оригинала целиком и полностью должна решаться преподавателем. Работа программиста по воплощению задуманного в идеале не должна никак влиять на процесс моделирования. Наоборот, процесс создания имитации должен быть построен на прообразе изучаемого объекта. Следует понимать, что создаваемая на компьютере имитационная модель может передавать временные и пространственные параметры оригинала гораздо лучше физической модели.

Следующим шагом хотелось бы присмотреться к процессу использования модели. Здесь справедливо сформулированное ранее утверждение: последовательность действий в имитации должна быть подстроена под работу с оригиналом, но никак не наоборот. В модели должны быть как минимум учтены основные варианты и последовательности действий, приводя-

щих к правильному результату. В некоторых встреченных имитациях предполагается один единственный вариант действий и их последовательность. Во всех этих случаях обучение студентов похоже на прохождение компьютерной игры, но никак не на получение навыков работы с реальными объектами. Отдельно хочется добавить пожелание, которое может оказаться очень и очень спорным. Можно допустить в модели неверную последовательность действий, приводящую, возможно, либо к неверным результатам, либо к имитации поломки. К примеру, в электрической схеме можно дать возможность подключить амперметр вместо вольтметра, что однозначно приведёт к его поломке. Не рассматривая тот вопрос, как реализовать фиксацию поломки оборудования и реализовать замену амперметра модели, можно отметить, что этот отрицательный опыт, полученный в процессе обучения, может помочь в будущем, при работе с реальными приборами, сэкономить на неверном подключении оборудования гораздо больше средств, чем было потрачено при программировании усложнённой модели.

Близко к предыдущему вопросу стоит ещё предполагаемая множественность решения поставленной перед студентом задачи путём увеличения вариативности в выборе элементов модели. Некоторое увеличение стоимости имитационного моделирования позволит студенту ознакомиться с различными приборами и устройствами, выбирать их по параметрам проводимой работы. Также желательно предусмотреть возможность «обновить» элементы модели, что позволит оперативно провести актуализацию модели при изменении оригинала.

В случае, когда имитационная модель предполагает использование измерительных приборов, возникают дополнительные возможности по обучению студентов. Все производимые измерения обычно идеализируются. Все до единого измерения студентов абсолютно одинаковые. Достаточно ввести в измеряемые величины случайные составляющие, чтобы работы студентов перестали быть «под копирку». Некоторые ошибки по решению преподавателя можно специально завысить, чтобы студенты могли сделать вывод о работоспособности прибора и заменить его по необходимости.

Усилить связь процесса обучения студента с работой на реальном объекте можно добавлением в модель реальных данных – фотографий, спектрограмм, таблиц. Очевидно, что эти данные должны быть представлены в наборе, чтобы у преподавателя была возможность давать студентам задания по варианту. Невозможность сравнить результаты своих измерений и, как следствие, «подгонять» измерения под правильный результат сподвигнет обучающихся к самостоятельной работе и глубокому пониманию предмета.

Мотивировать студента глубоко знакомиться с теорией, описывающей модель, может добавление в неё задаваемых преподавателем параметров, неизвестных заранее студенту.

В заключение можно сказать, что добавление в имитационную модель дополнительного функционала немного увеличивает работу программисту и является, пожалуй, самым дешёвым способом расширить возможности модели.

Поэтому при подготовке к созданию имитационной модели для ДОТ необходимо:

– верно определить оригинал для модели;

– со всех сторон рассмотреть процесс использования модели;

– предположить множественность решения поставленной перед студентом задачи;

– предусмотреть возможность введения погрешностей в измерения;

– по возможности добавить в модель наборы реальных данных и задаваемых преподавателем параметров.

Библиографический список

1. Воронин, В.Е. О дистанционных образовательных технологиях / В.Е. Воронин, И.С. Зоря // Перспективы развития российского государства и общества в современных условиях: сб. науч. тр. – 2015. – № 1. – С. 171–173.

К содержанию

УДК 373.24

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ДОШКОЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Д.П. Химичева

Рассматриваются информационно-коммуникационные технологии в современной дошкольной образовательной среде. Приведены основные направления развития информационно-коммуникационных технологий. Описано применение ИКТ в дошкольной образовательной организации.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, информационное общество, дошкольное образование.

Становление современного общества прочно связано с научно-техническим подъемом. Человечество вошло в новую эру развития, получившую термин «информационное общество». Благодаря появлению информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) ускорилась передача знаний, а также накопление технологического и социального навыка людей от одного человека другому.

Понятие грамотности расширилось благодаря научно-технической революции: теперь грамотным является тот человек, который не только пишет, читает, считает, но и владеет персональным компьютером.

В современной образовательной среде осуществляются большие перемены. Появляются новые Законы «Об образовании» и стандарты образования, внедряются федеральные государственные требования, реализуется программа «Электронная Россия», принимаются на государственном уровне Стратегии развития информационного общества. Так, на примере дошкольного образования процесс ИКТ определен социальными потребностями в улучшении воспитания и обучения детей старшего дошкольного возраста, условиями современного общества.

Все это предъявляет качественно новые требования и к дошкольному образованию, главной задачей которого является «создание благоприятных условий развития детей, развитие способностей и творческого потенциала каждого ребенка как субъекта отношений с другими детьми, взрослыми и миром» [1]. Следовательно, в систему дошкольного образования и воспитания необходимо вводить ИКТ.

ИКТ связываются в сочетании двух видов технологий: информационными и коммуникационными.

Информационные технологии – система взаимосвязанных методов и способов сбора, хранения, накопления, поиска, обработки информации на основе применения средств вычислительной техники [2].

Коммуникационные технологические процессы устанавливают способы, методы и средства взаимодействия человека с внешней средой. Компьютер обеспечивает удобное, персональное, многообразное, высокоинтеллектуальное взаимодействие объектов коммуникации.

Объединяя информационные и коммуникационные технологии, проецируя их на образовательную деятельность, мы должны подчеркнуть, что главной задачей, стоящей перед их внедрением, является адаптация человека к жизни в информационном обществе.

Итак, информационно-коммуникационные технологии в дошкольной образовательной организации (ДОО) – это комплекс учебных и методических материалов, инструментальных и технических средств вычислительной техники в учебном процессе, формах и методах их применения для повышения качества работы специалистов учреждений образования (воспитателей, администрации), а также для воспитания и образования детей.

Специфика введения ИКТ в ходе обучения дошкольников состоит в использовании компьютера как средства воспитания и формирования творческих способностей ребенка, становления его личности, обогащения интеллектуальной сферы дошкольника, и таким образом, она расширяет возможности воспитателя.

Основные направления развития ИКТ:

– применения ПК с целью приобщения ребенка к современным техническим средствам передачи и хранения информации;

– информационно-коммуникационные технологии как средство интерактивного обучения, помогающее стимулировать познавательную активность ребенка и принимать участие в освоении новых знаний;

– совместная работа с семьей ребенка в вопросах применения ИКТ дома, в особенности компьютера и компьютерных игр; считается основным направлением.

Для дошкольного образования информационные технологии обозначаются следующим образом: комплекс учебных и учебно-методических материалов, инструментальных и технических средств вычислительной техники учебного назначения.

Использование информационно-коммуникационных технологий помогает не только добиваться максимально нового качества образования среди детей дошкольного возраста, формирует логическое мышление дошкольников, но и побуждает дошкольников к приобретению новых знаний, формирует новые средства воспитательного влияния, знакомит детей с социальным миром.

Применение ИКТ на различных занятиях дает возможность: совершенствовать способности детей дошкольного возраста освоиться в информационных потоках окружающего мира; овладевать практическими методами работы с информацией; формировать умения, предоставляющие возможность обмениваться информацией с помощью современных технических средств; активизировать их познавательную деятельность. За счет применения ИКТ педагог переходит от объяснительно-иллюстрированного метода обучения к деятельностному, в результате чего дети делаются активными субъектами учебной деятельности. Это содействует сознательному освоению познаний детьми. ИКТ порождает у дошкольника заинтересованность; анимационные фрагменты приближают изучаемые процессы к жизни ребёнка.

На занятиях в ДОО применение ИКТ дает возможность поднять процесс обучения и воспитания на качественно новый уровень – современным детям значительно интереснее усваивать информацию непосредственно в этой форме. Включение в мультимедиа фрагментов видеофильмов, анимации помогает повысить зрительное понимание и способствует усвоению учебно-воспитательного материала [3].

Следовательно, с помощью средств ИКТ труд, потраченный на управление познавательной деятельностью, оправдывает себя в полной мере: улучшает качество знаний; продвигает дошкольника в общем развитии; способствует справляться с трудностями; вносит радость в жизнь дошкольника; дает возможность вести обучение и воспитание в зоне ближайшего развития; формирует подходящие условия для лучшего взаимопонимания воспитателя и дошкольника. Применение ИКТ в дошкольном образовании позволяет расширить творческие способности воспитателя и оказывает позитивное влияние на воспитание, обучение и развитие дошкольников [4].

Таким образом, можно сделать следующие выводы: использование компьютера в дошкольной образовательной организации возможно и необходимо, оно содействует увеличению заинтересованности к учебе, формирует ребенка всесторонне. Компьютерные программы вовлекают дошкольника в развивающую деятельность, вырабатывают культурно значимые знания и умения. Регулярное применение электронных мультимедийных обучающих программ в образовательном процессе в совокупности с традиционными способами обучения и педагогическими инновациями существенно увеличивает эффективность обучения дошкольников.

Использование ИКТ в дошкольной образовательной организации становится очень актуальной проблемой современного дошкольного образования. Современные инновации помогают улучшить качество образования и обучения и дают возможность любому дошкольнику успешно и быстро приспособиться к окружающей среде и совершающимся социальным изменениям.

Библиографический список

1. Примерная основная образовательная программа дошкольного образования (протокол от 20 мая 2015 г. № 2/15). – URL: http://www.firo.ru/wp-content/uploads/2014/02/POOP_DO.pdf.

2. URL: http://cde.osu.ru/demoversion/course157/text/1.2.html.

3. Полат, Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. – 3-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 368 с.

4. Никишина, Т.А. Компьютерные занятия в детском саду / Т.А. Никишина // Информатика и образование. – 2003. – № 4. – С. 89–95.

К содержанию

УДК 373.24

О ПРАВОВЫХ ЗНАНИЯХ ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

О.В. Елисеенко

Рассматриваются вопросы правового обучения и воспитания в современной дошкольной образовательной среде. Приведены основные направления развития социального и правового образования детей старшего дошкольного возраста. Обоснована актуальность правового обучения и воспитания детей в дошкольной образовательной организации.

Ключевые слова: правовое образование, гражданское общество, дошкольное образование.

Главнейшим условием развития современного общества является воспитание граждан правового, демократического государства, имеющих способность к социализации, уважающих личные свободы и права, владеющих высокой нравственностью, выражающих национальную терпимость, уважительное отношение к традициям, языкам и культуре иных народов [4]. Именно сегодня, когда демократия обретает силу, а права человека не являются фикцией, можно по-настоящему ставить такую приоритетную задачу, как становление гражданственности: предоставление любому ребенку условий для творческой самореализации и условий для свободного самоопределения как гражданина новейшей общественной системы, при которой человек признается не только субъектом практического действия, разработки средств достижения цели, но и субъектом общественного целеполагания. Личность, которая уважает себя, всегда обладает большей потенциальной активностью, чем личность, которая лишена достоинства. Именно дошкольному учреждению отводится важная роль в воспитании будущего гражданина нашей страны.

Становление правовой культуры – главнейшая составляющая политики государства, ратифицировавшего документ «Конвенция о правах ребенка».

Вопросы развития социальных навыков и умений у детей, первостепенными составляющими которых являются правовые умения, – особая гуманитарная, социальная и психолого-педагогическая задача, решение которой затрагивает важнейшие вопросы как общества, так и системы образования. В условиях социально-экономических преобразований перед образованием стоит задача не только дать воспитанникам базовый уровень знаний, умений и навыков по основополагающим направлениям развития, но также обеспечить возможность и способность жить в современном сложном обществе, достигать социально-важных целей, эффективно сосуществовать и решать жизненные задачи [2].

Новизна исследования на социально-педагогическом уровне устанавливается тем, что социальная политика государства направлена на создание условий для стойкого совершенствования общества на основе наиболее эффективного применения и развития человеческого потенциала и предполагает переход на компетентностное образование, улучшающее соответствующие знания, умения и навыки. Рекомендации Совета Европы, которые ориентированы на улучшение образования, его приближение к социальному заказу, явно касаются разработки подхода в оценке качества приспособленности к жизни и конструктивной практической деятельности выпускников учебных заведений. В России компетентностно-ориентированное образование нормативно установлено «Концепцией Федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 гг.» и подтверждено «Национальной доктриной образования в Российской Федерации до 2025 года».

Теоретический анализ психолого-педагогических материалов позволяет сделать вывод, что в данное время проводится активная разработка компетентностного подхода в образовании, определяется выбор основных умений, навыков и знаний, изучаются пути реализации данного подхода на практике. Определяется, что ключевыми для становления личности, необходимой современному обществу, становятся социальные навыки, а главными их составляющими называются правовые умения. Как раз они и влияют на развитие успешной самореализации и самообучение гражданина страны всю его последующую жизнь, на развитие его потенциала на благо общественной жизни. Но комплекс проблемных вопросов, связанных с разработкой компетентностного образования и становления правовых умений, решается главным образом для высшего и общего образования. В дошкольном образовании недостаточно базовых программ развития детей дошкольного возраста применяют указанный подход как основу.

В научных трудах (А.Г. Гогобиридзе, Т.В. Ермоловой, Ю.А. Лебедева, Л.В. Трубайчук, Р.М. Чумичевой и др.) вопросы становления социальных и в том числе правовых умений детей дошкольного возраста изучаются, но не слишком активно, что определяет значительность такого изучения на научно-теоретическом уровне [2].

Важность научного исследования определяется тем, что развитие правовых умений дошкольников просит новых подходов и видов работы, которые бы соответствовали требованиям гуманизации образования. Педагоги дошкольных образовательных учреждений очень сложно переходят на гуманистические принципы выстраивания отношений с детьми и организацию их процесса обучения, эти принципы представляют собой важнейшие факторы становления правовых умений детей дошкольного возраста. Занятия по социальному развитию часто носят наставительный характер, проходят в виде теоретических обсуждений, и хотя дети получают некоторые знания о нормах социально-правового поведения, переход их на уровень практических навыков и умений не происходит ввиду отсутствия

условий для непрерывной практики, выработки моделей поведения. Недостаточным образом раскрывается назначение специально подготовленного предметного пространства в формировании правовых и социальных навыков у детей, оно же при верном построении предоставляет возможность развить самостоятельность, ответственность, навыки самостоятельно работать, совершенствовать коммуникативные умения и прочие социальные навыки. Недостаточно применяется в практической деятельности ДОО потенциал разновозрастных групп, дающих возможность прожить разнообразные роли, развивать способность сопереживать, помогать, принимать окружающих такими, какими они являются. Необходимо применение социально активных видов работы с дошкольниками, таких, например, как проектная деятельность, разрешение проблем, моделирование правовой ситуации, но педагоги ДОО или не владеют данными методиками, или применяют их на основе старого опыта.

Следовательно, в данное время имеются следующие противоречия:

– между увеличивающейся потребностью нашего общества в позитивном правовом обучении и воспитании детей и имеющимися традиционными подходами к социальному развитию дошкольников в ДОО, которые не позволяют вполне формировать начальные правовые умения детей;

– между важностью становления правовых умений детей старшего дошкольного возраста и наличием недостаточной разработанности теоретических вопросов и соответствующих практических способов и средств развития правовых навыков детей старшего дошкольного возраста;

– между запросами практики к научно-методическому обеспечению изучаемого процесса и недостаточной методической, содержательной выработанностью решения этого вопроса [2].

В результате направленного правового обучения у детей формируется определенное усвоение прав и гражданское поведение, при котором:

– активизируется социальная позиция детей, обогащается их шкала ценностей и нравственность;

– закладываются и формируются такие качества личности, как активность, инициатива, самостоятельность, умение свободно делать выбор, принимать решения;

– ребенок учится правильно вести себя в природе и обществе, он обучается решать конфликтные моменты нормативными приемами, учитывать позиции, желания, потребности прочих людей и обретать умения произвольного контроля своих действий и управления ими;

– формируется ответственное отношение к себе и окружению, к природной среде;

– закладывается и развивается интерес к своему внутреннему миру, личной области потребностей и интересов, что является психологической основой для самосовершенствования [1].

Правовое обучение и воспитание дошкольников – это важнейший момент, его нельзя упускать. Когда детям верно поясняется, какие действия являются хорошими и плохими, то возможно избежать множество проблем в будущем. Только в юном возрасте у детей формируются такие важнейшие понятия, как любовь к порядку, уважение к людям и т.д.

Правовое образование – это воспитание социально-активной личности, правового мышления и сознания, привычек поступать соответственно законам. Главное – ребенку осознавать, что он имеет право на любовь, внимание и защиту со стороны взрослых. Дети должны быть ограждены от каких бы то ни было видов насилия. Необходимо пояснять ребенку доступные понятия о нормальном уровне жизни и отдыхе, объяснять, что он имеет на это право.

Правовое образование дошкольников – основа процветания нашего общества. Дети – это самая дорогая ценность общества, независимо от политического строя и религии. Педагоги, понимающие это, заняты решением наиболее главной проблемы – защитой прав детей.

Необходимо формировать у ребенка мышление о самом себе, о своих правах и обязанностях, важно не только доносить ему эти данные, но также развивать оценочное отношение к социальным явлениям, фактам, событиям и обучать применять полученные навыки [3].

В начале XXI века возросло внимания к ребенку как к личности, члену социума, который наделяет детей определенными правами. Этот главный признак общественного прогресса указывает на непростую социальную и экономическую ситуацию в России. Большинство изменений в социуме – социальные, политические, экономические новации – подразумевают переоценку роли ребенка в нем. В настоящее время обществу необходима социально зрелая, свободная личность, владеющая правовыми знаниями.

Правовое обучение и воспитание заключается в передаче, накоплении и освоении знаний, принципов, норм права, в становлении соответствующего отношения к праву, к практике его реализации, в навыках применять свои права, исполнять установленные запреты и соблюдать существующие в обществе обязанности. Тем не менее, в социуме не всегда имеются необходимые условия, при которых дошкольник имеет возможность развиваться полноправным и полноценным членом общества, сохраняя при этом свои индивидуальные особенности.

Вследствие этого настоящая ситуация указывает на необходимость пересмотреть основные подходы к организации образования в общем, нахождения современных способов и средств, дающих возможность организовать правовое обучение в дошкольном образовании. Данные условия повышают значение приемов формирования правовых умений дошкольника как деятельности непрерывной, научно-обоснованной, для целей наилучшего поиска задач, способов, решений правового обучения, что оказывает влияние на возможности возрастания положительного воздействия на детей и уменьшения отрицательных воздействий.

Правовое образование в раннем возрасте помогает общему социальному росту ребенка – становлению сознания, развитию познавательных интересов, навыков самостоятельных умозаключений, к правовому поведению.

В настоящее время, когда гуманизация и демократизация системы образования набирает силу, нашему обществу необходима социально зрелая, свободная личность, владеющая правовыми знаниями, что и обуславливает необходимость приоритетного правового обучения детей.

Правовое обучение и воспитание – это системное и целенаправленное воздействие на сознание и поведение дошкольника для развития у него законно-правового уровня воспитания, именно таких совокупных качеств личности, которые определяются наличием и уровнем сформированности у детей-дошкольников глубоких и устоявшихся правовых познаний и убеждений в верном правовом поведении, осуществление которых в практической деятельности отвечает запросам социума [2].

Этапы правового обучения и воспитания складываются путем формирования трех компонентов: во-первых, информационно-познавательного (это познания детей о правах и обязанностях); во-вторых, эмоционально-оценочного (это оценка своей деятельности и поступков иных людей с точки зрения норм права); в-третьих, поведенческо-деятельностного (это овладение умениями и навыками в осуществлении правового поведения, возможность применять свои права при осуществлении деятельности, не нарушать запреты и выполнять обязанности).

Библиографический список

1. Гусева, Н.Г. Дидактическая игра как средство формирования основ правовых знаний детей старшего дошкольного возраста / Н.Г. Гусева // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 26 февр. 2017 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 136–139.

2. Зайдуллина, Г.Г. Гражданско-правовое воспитание дошкольников в ДОУ / Г.Г. Зайдуллина // «Имею честь достойно Родине служить». Проблемы духовности современного общества и патриотического воспитания молодежи ХМАО: направления и перспективы: Материалы окружной научно-практической конференции / Отв. ред. Н.В. Сапожникова. – Нижневартовск, 2006. – 174 с.

3. Никитина, Е.Ю. Развитие социального интеллекта у старших дошкольников и первоклассников в процессе общения со значимым взрослым / Е.Ю. Никитина, О.В. Шилова // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2009. – № 6. – С. 119–127.

4. Примерная основная образовательная программа дошкольного образования (протокол от 20 мая 2015 г. № 2/15). – URL: http://www.firo.ru/wp-content/uploads/2014/02/POOP_DO.pdf.

К содержанию

УДК 378.016:514.18 + 378.026.7

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Л.А. Силаева

В статье рассматриваются подходы к преподаванию начертательной геометрии, причины непонимания начертательной геометрии, пути повышения мотивации студентов к аудиторным занятиям и самостоятельной работе. Сделан вывод по преодолению проблем при изучении дисциплины студентами.

Ключевые слова: начертательная геометрия, адаптация первокурсников, проблемы успеваемости, мотивация к обучению.

Одними из самых «трудных» предметов для студентов первых курсов технических, особенно строительных, специальностей вузов является начертательная геометрия. Все преподаватели и студенты сталкиваются с неприятностью, по какой-то причине почти 85 % учащихся из потока не могут понять эту науку. Им кажется, что происходит какая-то странность: что и откуда берется, как построили эту линию?

Проанализируем причины непонимания данной дисциплины и выработаем концепцию мотивации для изучения начертательной геометрии.

Начертательная геометрия изучает методы изображения пространственных геометрических фигур на плоскости, а также сами эти фигуры по их изображениям. Развивает у человека пространственное видение, мышление, и создает теоретическую базу для последующего курса. Вместе с тем, нужно отметить следующее. В психологии восприятия давно уже известно, что изначально зачатками пространственного мышления обладает всего несколько процентов населения. При вступительных экзаменах целенаправленный отбор по признаку наличия пространственного мышления у абитуриентов основных технических специальностей не ведется. Следовательно, у большей части студентов просто отсутствует то, что предполагается развивать. Попытка же развить пространственное мышление «на пустом месте», вкупе с отсутствием четкого представления у студента о том, зачем это все нужно, и приводит к такой ситуации, когда начертательная геометрия попадает в разряд «трудных» дисциплин. Это является одной из основных причин при изучении начертательной геометрии.

Не смотря на то, что в начертательной геометрии, изучение дисциплины начинается с основ изображений простых геометрических образов (точек, прямых, плоскостей и т.д.), студент считает причиной непонимания дисциплины то, что у него не было в школе черчения. С этим можно частично согласиться как с психологическим моментом. Необходимо объяс-

нить и убедить студента, что это не является первопричиной непонимания дисциплины, и рекомендовать таким студентам обязательно посещать консультации по начертательной геометрии.

К причинам непонимания дисциплины также можно отнести то, что большинство студентов первого курса очного отделения вуза, как правило, являются вчерашними выпускниками школ, которые усиленно занимались подготовкой к ЕГЭ, сдачей экзаменов в школе. И обычно в начале учебного года, упиваясь «мнимой свободой» от контроля родителей и учителей, расслабляются, и первый семестр позволяют пропускать занятия, не выполнять к указанному сроку контрольные задания, не готовятся к практическим занятиям.

На сегодняшний день немаловажной причиной проблем при изучении начертательной геометрии является зависимость студента от гаджетов. Студент постоянно отвлекается во время занятий на переписку по телефону в социальных сетях, просматривает интернет и т.д., что отвлекает его от учебного процесса, мешает ему быть внимательным на уроке и качественно осваивать материал. Мы рассмотрели только несколько причин, которые отрицательно сказываются на освоении дисциплины. Как увлечь студента учебным процессом, как повысить мотивацию к обучению, в том числе к изучению начертательной геометрии?

Наблюдения и исследования любой деятельности человека отмечают необходимость наличия в ней компонента мотивации. То же самое происходит в учебном процессе со студентом. От того, насколько сформированы мотивы учебной деятельности, зависит ее успешность. От силы и структуры мотивации зависят как учебная активность учащихся, так и их успеваемость. Потребность и желание студента получения знаний напрямую связаны с уровнем академической успеваемости. Наибольшее влияние на академические успехи оказывает познавательная потребность в сочетании с высокой потребностью в достижениях. У студента должны быть сильные, глубокие мотивы, вызывающие желание освоить учебный материал любой дисциплины, с полной отдачей сил, преодолевать неизбежные затруднения, неблагоприятные условия и другие обстоятельства, настойчиво продвигаясь к намеченной цели. Учебная деятельность, идет более успешно, если у учащихся сформировано положительное отношение к учению, если у них есть познавательный интерес, потребность в получении знаний, умений и навыков, если у них воспитаны чувства долга, ответственности и другие мотивы учения.

Для того чтобы сформулировать такие мотивы учебной деятельности, используется весь арсенал методов организации и осуществления учебной деятельности: словесные, наглядные и практические методы, репродуктивные и поисковые методы, индуктивные и дедуктивные методы, а также методы самостоятельной учебной работы [1].

На первой лекции, «Введение в дисциплину «Начертательная геометрия», необходимо очень подробно и наглядно объяснить цели и задачи дисциплины. С помощью демонстрационного материала наглядно показать необходимость изучения данной дисциплины на технических и строительных специальностях, использование знаний и навыков этой дисциплины на последующих курсах обучения. Продемонстрировать работы студентов, прошедших этот курс. Вселить надежду и уверенность студенту, что он это тоже сможет. Рекомендовать студенту освоить самостоятельно или на курсах компьютерную графику 3D-моделирования, которая поможет ему в развитии пространственного воображения и при решении задач. Стимулировать студента к учебному процессу.

Накоплен большой арсенал методов вовлечения студентов в активную учебно-познавательную деятельность. Преподаватель в своей профессиональной деятельности использует ту классификацию и группу методов, которые наиболее полно помогают осуществлению тех дидактических задач, которые он ставит перед занятием. И активные методы обучения являются одним из наиболее эффективных средств вовлечения студентов в учебно-познавательную деятельность. Активные методы обучения – это способы активизации учебно-познавательной деятельности студентов, которые побуждают их к активной мыслительной и практической деятельности в процессе овладения материалом, когда активен не только преподаватель, но активны и студенты.

Существуют имитационные и неимитационные формы организации обучения с использованием активных методов обучения. Обратим внимание на неимитационные методы, которые можно использовать при чтении лекций, проведении практических занятий. Рассмотрим некоторые нетрадиционные формы проведения лекции, которые применимы к начертательной геометрии [2].

Проблемная лекция. Лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. Проблемные вопросы отличаются от непроблемных тем, что скрытая в них проблема требует не однотипного решения, то есть готовой схемы решения в прошлом опыте нет. Для ответа на него требуется логическое размышление, выстраивание алгоритма решения.

С помощью проблемной лекции обеспечивается достижение трех основных дидактических целей: усвоение студентами теоретических знаний; развитие теоретического мышления; формирование познавательного интереса к содержанию учебного предмета и профессиональной мотивации будущего специалиста.

Лекция-визуализация. Эффективность изучения начертательной геометрии в значительной степени можно повысить за счет использования новых информационных технологий, наибольшую эффективность принесет использование трехмерной компьютерной графики и анимации. Муль-

тимедийное обеспечение лекций не только дает возможность разнообразить иллюстративный материал, но, благодаря использованию новых технологий, преобразивших традиционную форму обучения, становится более привлекательным, позволяет студентам представить и понять сложный теоретический материал. Такие лекции проходят более разнообразно, вызывая повышенный интерес аудитории, что формирует повышение познавательной активности студентов. Использование анимации и электронных слайдов повышает у студентов осознание отображения различных пространственных объектов на плоскости, способствует развитию пространственного мышления и повышает уровень усвоения рассматриваемого материала. Подготовка данной лекции преподавателем состоит в том, чтобы изменить, переконструировать учебную информацию по теме лекционного занятия в визуальную форму для представления студентам через технические средства обучения или с использованием плакатов. К этой работе могут привлекаться и студенты, у которых в связи с этим будут формироваться соответствующие умения, развиваться высокий уровень активности, воспитываться личностное отношение к содержанию обучения. Чтение лекции сводится к связному, развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных материалов или созданных непосредственно в период чтения лекции с использованием компьютерной графики, полностью раскрывающему тему данной лекции [2].

Лекция-беседа, или «диалог с аудиторией», является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения студентов в учебный процесс. Эта лекция предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

Лекция-пресс-конференция. После названия темы лекции преподаватель просит студентов в письменной форме задавать ему вопросы по данной теме. Каждый студент в течение 2–3 минут формулирует наиболее интересующие его вопросы, пишет на бумаге и передает преподавателю. Преподаватель в течение 3–5 минут сортирует вопросы по их смысловому содержанию и начинает читать лекцию. Изложение материала строится не как ответ на каждый заданный вопрос, а в виде связного раскрытия темы, в процессе которого формулируются соответствующие ответы. В завершение лекции преподаватель проводит итоговую оценку вопросов как отражения знаний и интересов слушателей.

Случается так, что не все студенты могут грамотно формулировать и задавать вопросы. Это служит для преподавателя свидетельством уровня знаний студентов, степени их включенности в содержание курса и заставляет преподавателя совершенствовать процесс преподавания всего курса.

Нельзя не отметить проблему, с которой сталкивается преподаватель на лекции или практическом занятии по начертательной геометрии. Это ожидание, когда студент перечертит чертеж с доски во время объяснения учебного материала. Из-за этого процесс объяснения затягивается, и материал не выдается в полном объеме. Для решения этой проблемы необходимо разработать учебно-методический комплекс для работы в аудитории. Разработать рабочую тетрадь для лекций и для практических занятий, которая будет содержать название тем, ключевые слова и исходные чертежи разбираемых на лекции эпюр, условия задач для практических занятий. Используя такие тетради, студенты будут успевать за объяснениями лектора.

Рассматривая методы повышения мотивации в учебном процессе, следует отметить прием создания в учебном процессе ситуаций успеха. Известно, что без переживания радости успеха невозможно по-настоящему рассчитывать на дальнейшие достижения в преодолении учебных затруднений. Вот почему опытные преподаватели так подбирают для учеников задания, чтобы те из них, которые нуждаются в стимулировании, получили бы на соответствующем этапе доступное для них задание, а затем уже переходили бы к выполнению более сложных упражнений. Важную роль в создании ситуации успеха играет обеспечение благоприятной морально-психологической атмосферы в ходе выполнения тех или иных учебных заданий. Благоприятный микроклимат во время учебы снижает чувство неуверенности, боязни. Состояние тревожности при этом сменяется состоянием уверенности.

Итак, чтобы повысить мотивацию студентов к аудиторным занятиям и самостоятельной работе по начертательной геометрии, необходимо использование преподавателем активных методов в процессе обучения. Применять новейшие технические, компьютерные и другие интерактивные средства в преподавании начертательной геометрии, что способствует преодолению стереотипов в обучении, выработке новых подходов к профессиональным ситуациям, развитию творческих способностей студентов.

Библиографический список

1. Мешков, Н.И. Педагогика высшей школы: учеб.-метод. пособие / Н.И. Мешков, Н.Е. Садовникова. – Саранск, 2010. – 80 с.

2. Захаров, И.П. Использование компьютерных технологий при самостоятельном изучении курса «Инженерная графика» / И.П. Захаров, Н.Ф. Логвиненко, А.Н. Никитенко // Сборник трудов 4-й Международной конференции «Образование и виртуальность-2000». – Харьков-Севастополь: УАДО, 2000. – С. 98–104.

К содержанию

ФИЛИАЛ В г. САТКА

УДК 621.313.13 + 621.313.333

ВКЛЮЧЕНИЕ ТРЁХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ОТ ОДНОФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В.В. Масолов

В работе обсуждается современное состояние теории и практики включения трёхфазного асинхронного двигателя переменного тока от однофазной электрической системы: наиболее распространенные виды соединения обмоток статора двигателя, принципы и особенности их функционирования.

Ключевые слова: трехфазная цепь, фаза, электротехника, электрическая сеть, двигатель.

Трехфазная цепь является частным случаем многофазных электрических систем, представляющих собой совокупность электрических цепей, в которых действуют электродвижущие силы (далее ЭДС) одинаковой частоты, сдвинутые по фазе относительно друг друга на определенный угол. Каждую из частей многофазной системы, характеризующуюся одинаковым током, называют фазой, т.е. фаза – это участок цепи, относящийся к соответствующей обмотке генератора или трансформатора, линии и нагрузке. Таким образом, понятие «фаза» имеет в электротехнике два различных значения:

- фаза как аргумент синусоидально изменяющейся величины;
- фаза как составная часть многофазной электрической системы.

Разработка многофазных систем была обусловлена исторически. Важнейшей предпосылкой разработки многофазных электрических систем явилось открытие явления вращающегося магнитного поля (Г. Феррарис и Н. Тесла, 1888 г.). Первые электрические двигатели были двухфазными, но они имели невысокие рабочие характеристики. Наиболее рациональной и перспективной оказалась трехфазная система. Большой вклад в разработку трехфазных систем внес выдающийся русский ученый-электротехник Михаил Осипович Доливо-Добровольский, создавший трехфазные асинхронные двигатели, трансформаторы, предложивший трех- и четырехпроводные цепи, в связи с чем по праву считающийся основоположником трехфазных систем (сетей). Трехфазные и однофазные системы одинаково широко используются в электрооборудовании многоквартирных и частных домов. Вообще-то промышленная сеть изначально трехфазная и в большинстве случаев к многоквартирному дому или улице частных домов подходит именно трехфазная сеть. Потом уже она разветвляется на три однофазные. Это сделано в целях обеспечения максимально эффективной пере-

дачи электроэнергии от электростанции к потребителям, а также с целью максимального снижения потерь в процессе транспортировки. Стоит отметить, что трехфазные сети в квартирной электросети используются достаточно редко. Три фазы подают одному абоненту только в случае использования на кухнях трехфазных электрических плит или для подключения чрезвычайно мощных потребителей в частных домах (мощные нагревательные и отопительные устройства). Если сети не имеют каких-то специфических параметров, то их можно различить еще и по значению входного напряжения. Абоненту (потребителю) можно инициировать подключение частного дома к трехфазным сетям, для этого понадобятся технические условия (проект на подключение) со стороны электроснабжающей организации и договор о технологическом подключении, а это, как следствие, экономические затраты и бюрократия [1]. Поэтому и возникает потребность подключения трёхфазного двигателя переменного тока от имеющейся у каждого потребителя однофазной сети.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (далее АДКЗ) при подключении электрической сети работает по принципу индукции токов от обмоток статора на замкнутые проводники ротора. В результате их протекания по короткозамкнутым обмоткам в каждой из них возникает магнитное поле, вступающее во взаимодействие с силовыми линиями статора, так получается вращающий момент, приводящий к круговому движению оси двигателя. Среди разных способов подключения трехфазных АДКЗ в однофазную сеть наиболее простой – подключение третьего контакта обмотки ротора через фазосдвигающий конденсатор. Частота вращения трехфазного двигателя, работающего от однофазной сети, остается почти такой же, как и при его включении в трехфазную сеть. Точные значения потери мощности зависят от схемы подключения, условий работы двигателя, величины емкости фазосдвигающего конденсатора. Ориентировочно, трехфазный двигатель в однофазной сети теряет около 30–50 % своей мощности. В основном для работы в однофазных сетях используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (А, АО2, АОЛ, АПН и др.) [3]. В случае бытовой сети, с точки зрения получения большей выходной мощности наиболее целесообразным является однофазное подключение трехфазных двигателей по схеме «треугольник». При этом их мощность может достигать 70 % от номинальной. Два контакта в распределительной коробке подсоединяются непосредственно к проводам однофазной сети (220 В), а третий – через рабочий конденсатор (Ср) к любому из двух первых контактов или проводам сети. Если электродвигатель имеет какую-то нагрузку, т.е. к валу подключен исполнительный механизм, он или не запустится, или будет набирать обороты очень медленно. Тогда для быстрого пуска необходим дополнительный пусковой конденсатор (Сп). Пусковые конденсаторы включаются только на время пуска двигателя (2–3 сек, пока обороты не достигнут примерно 70 % от номинальных), затем пусковой конденсатор нуж-

но отключить и разрядить. Необходимая емкость рабочих конденсаторов для работы трехфазного двигателя в однофазной сети зависит от схемы подключения обмоток двигателя и других параметров.

Для соединения «треугольником»:

$$Ср = 4800 • I/U,$$

где Ср – емкость рабочего конденсатора в мкФ; I – ток в А; U – напряжение сети в В.

Ток рассчитывается по формуле:

$$I = P/(1{,}73 •U • \eta • \cos\varphi),$$

где Р – мощность электродвигателя кВт; η – КПД двигателя; cosф – коэффициент мощности; 1,73 – коэффициент, характеризующий соотношение между линейным и фазным токами.

Правильность подбора емкости конденсатора проверяется результатами эксплуатации двигателя. Если её значение оказалось больше, чем требуется при данных условиях работы, двигатель будет перегреваться. Если емкость конденсатора оказалась меньше требуемой, выходная мощность электродвигателя будет слишком низкой. Резонно подбирать конденсатор для трехфазного двигателя, начиная с малой емкости и постепенно увеличивая её значение до оптимального. Если есть возможность, лучше подобрать емкость измерением тока в проводах, подключенных к сети и к рабочему конденсатору, например токоизмерительными клещами. Значение тока должно быть наиболее близким [2]. Замеры следует производить при таком режиме, в котором двигатель будет работать. При определении пусковой емкости исходят прежде всего из требований создания необходимого пускового момента. Необходимо обратить внимание на то, что пусковая емкость – это не емкость пускового конденсатора. Пусковая емкость равна сумме емкостей рабочего (Ср) и пускового (Сп) конденсаторов. Если по условиям работы пуск АДКЗ происходит без нагрузки, то пусковая емкость обычно принимается равной рабочей, т.е. пусковой конденсатор не требуется. Пуск под нагрузкой требует наличия дополнительной емкости (Сп), подключаемой на время запуска двигателя. Увеличение отключаемой емкости приводит к возрастанию пускового момента, и при некотором определенном ее значении момент достигает своего наибольшего значения. Дальнейшее увеличение емкости приводит к обратному результату: пусковой момент начинает уменьшаться. Исходя из условия запуска двигателя под нагрузкой, близкой к номинальной, пусковая емкость должна быть в 2–3 раза больше рабочей. Но если двигатель имеет небольшую нагрузку при запуске, емкость пускового конденсатора может быть меньше или, как описано выше, его вообще может не быть. Необходимо отметить, что у двигателя, подключенного к однофазной сети через конденсатор, работающего без нагрузки, по обмотке, питаемой через конденсатор, идет ток, на 20–30 % превышающий номинальный. Поэтому если двигатель исполь-

зуется в недогруженном режиме, то емкость рабочего конденсатора следует уменьшить. Но тогда, если двигатель запускался без пускового конденсатора, последний может потребоваться. Лучше использовать не один большой конденсатор, а несколько поменьше, отчасти из-за возможности подбора оптимальной емкости, подсоединяя дополнительные или отключая ненужные, оставшиеся можно использовать в качестве пусковых.

Необходимое количество микрофарад (мкФ) набирается параллельным соединением нескольких конденсаторов, исходя из того, что суммарная емкость при параллельном соединении считается по формуле: $C_{общ} = C_1 + C_1 + ... + C_n$. В качестве рабочих используются обычно металлизированные бумажные или пленочные конденсаторы (МБГО, МБГ4, К75-12, БГТ, СВВ-60 и др.). Допустимое напряжение используемых конденсаторов должно не менее чем в 1,5 раза превышать напряжение сети. Эксперимент проводился с трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором АОЛ22-43Ф мощностью 400 Вт. На валу двигателя установлен наждачный камень, надёжное соединение которого осуществляется с помощью фланца. Данный двигатель преобразован в самодельный заточной станок и использовался в домашних условиях от однофазной сети для заточки ножей, сверл, шлифовки металлических изделий. Двигатель работал с конденсатором С1 емкостью 20 мкФ. В результате удалось быстро запустить АДКЗ без пускового конденсатора и заметно увеличить крутящий момент, ощущаемый при торможении наждачного камня на валу двигателя. К сожалению, провести более объективную проверку затруднительно, поскольку в любительских условиях практически невозможно обеспечить нормированную механическую нагрузку на двигатель.

Использование АДКЗ в однофазной сети является универсальным средством в домашних условиях. Принципы подключения трехфазных асинхронных двигателей в однофазную электрическую систему уже устоялись и остаются неизменными в течение столетия, что не исключает их развитие в части улучшения электромагнитной совместимости электроприводов с питающей сетью.

Библиографический список

1. Кацман, М.М. Электрические машины: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – 12-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 496 с.

2. Кацман, М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 256 с.

3. Москаленко, В.В. Электрический привод / В.В. Москаленко. – М.: «Мастерство», 2000.

К содержанию

УДК 331.101.6 + 331.101.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

А.В. Михайлов

В работе идёт речь о роли использования профессионального инструмента в повышении производительности труда.

Ключевые слова: производительность труда, профессиональное оборудование, эргономика.

В погоне за улучшением результатов следует усвоить простую аксиому: если на производстве или в быту используются любительские или некачественные инструменты, о высокой производительности и качестве выполняемых работ не может быть и речи. Данный проект направлен на ознакомление с основными для профессионального применения видами электроинструментов как на способ увеличения производительности труда, повышения качества работ, снижения производственного травматизма и себестоимости монтажных работ.

Одна и та же бригада квалифицированных специалистов показывает более низкие результаты, работая на технически устаревшей или часто выходящей из строя технике. Что мы имеем в итоге? Низкий коэффициент использования рабочего времени, простои, не самое лучшее качество выполняемых работ. Затраты на закупку более дорогостоящего, но более надежного профессионального оборудования малы по сравнению с потерями из-за простоев. Кроме того, технически устаревшие инструменты, в свою очередь, не выполняют всех необходимых для современного производства функций, тем самым вынуждая работодателя приобретать дополнительный инструмент.

Бригады, оказывающие электромонтажные, монтажные, сварочные и другие виды работ, имеющие в своём арсенале профессиональный высокопроизводительный инструмент и средства связи, имеют возможность динамично развиваться, так как они выполняют свои работы, не опасаясь за травматизм и профзаболевания, производительность труда увеличивается в разы за счёт снижения простоев (перегрев электроинструмента), повышается качество выполняемых работ. Профессиональный инструмент имеет более долгую жизнь при одинаковых условиях эксплуатации по сравнению с любительскими аналогами.

Можно сделать вывод, что профессиональный электроинструмент при правильной эксплуатации, правильном выборе производителя может прослужить вам и вашей организации долгое время, радуя своей эргономикой, безопасностью и высокой производительностью.

Библиографический список

1. Кацман, М.М. Электрические машины: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – 12-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 496 с.

2. Кацман, М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 256 с.

3. Москаленко, В.В. Электрический привод / В.В. Москаленко. – М.: «Мастерство», 2000.

К содержанию

УДК 621.3.016.3 + 621.311.1

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ»

В.В. Михайлов, А.В. Михайлов

Доказана высокая актуальность изготовления лабораторного стенда. Рассмотрены основные этапы изготовления стенда.

Ключевые слова: электрическое, электромеханическое оборудование, автоматизация, лабораторный стенд.

Несколько лет назад в связи с переходом на новый федеральный государственный образовательный стандарт (далее – ФГОС) среднего профессионального образования перед специальностью 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)» остро встал вопрос комплектования отдельных дисциплин лабораторными установками и наглядными пособиями. Согласно ФГОСу [1], одним из основных видов деятельности, к которым мы готовим наших выпускников, является организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования, а также участие в модернизации отраслевого электрического и электромеханического оборудования. Но это невозможно без изучения современного энергосберегающего оборудования. Это связано с тем, что в настоящее время в системах энергоснабжения российской промышленности наблюдается четкий тренд на их инновационное развитие, увеличение энергоэффективности и внедрение автоматизации. При этом наибольшие изменения коснулись осветительных сетей промышленного предприятия.

Приведём простой пример: в 2012 году светодиодная энергоэффективная лампа стоила тысячу рублей. Министерство промышленности и торговли и другие государственные органы власти организовали широкую кампанию, в рамках которой разъяснили бизнесу и обществу, что будет проводиться политика, направленная на вытеснение ламп накаливания с рынка. Методичная работа, проведённая в этом направлении, позволила за четыре года снизить стоимость светодиодных ламп в 4–6 раз – это без учёта инфляции и девальвации рубля. Отечественный бизнес быстро освоил рынок светодиодных ламп: появилось множество компаний–производителей, выросла конкуренция, как результат – снизилась цена на продукцию и подскочил спрос [2].

В этом и заключается высокая актуальность изготовлении лабораторного стенда «Энергоснабжение в осветительных сетях промышленного предприятия». Настоящий лабораторный стенд предназначен для изучения эффективности применения различных типов источников света и использования различных видов автоматики управления освещением. В то же время, будущему техническому специалисту необходимо во время учебы в колледже не только передать материалы по технологии и экономике, но и дать ему возможность правильно использовать эти материалы, вырабатывая при этом в нём логическое мышление.

Для изготовления настоящего лабораторного стенда на добровольной основе была сформирована группа из 2 специалистов. Сам процесс изготовления стенда (от замысла до окончания пуско-наладочных работ) занял 7 месяцев, т.е. фактически 2 учебных семестра.

Перечислим вкратце основные этапы при изготовлении нашего стенда:

1. Формирование замысла стенда. Если с выбором общей концепции изготовления стенда проблем не возникло, то на ее конкретизацию ушло гораздо больше времени – порядка 4-х недель.

2. Конструирование. Данный этап занял менее трех недель, т.к. значительная часть вопросов, связанных с конструированием установки, была проработана нами на первом этапе. На данном этапе была разработана принципиальная электрическая схема установки, изготовлен шаблон лицевой панели и нарисован в графическом редакторе макет стенда. Итогом этапа стала смета затрат на изготовление схемы.

3. Изготовление лабораторной установки. Это самый продолжительный этап – он длился почти 5 месяцев. Высокая продолжительность объясняется тем, что часть работ (в основном сварочные) пришлось производить на стороне, а также проблемами с финансированием проекта. Основная часть работ производились в слесарных мастерских колледжа силами ведущего инженера филиала. Непосредственно монтаж установки занял только 4 дня. Параллельно с монтажом установки были разработаны методические указания.

4. Пуско-наладочные работы. Завершающая часть проекта длилась менее недели, в ходе нее были отработаны все предварительно подготовленные лабораторные работы и устранены мелкие недочеты, касаемые настройки датчиков.

5. Процесс опытной эксплуатации продолжается по сей день. В ходе него выявлены все «конструкторские» болезни стенда, которые планируется устранить в будущем при изготовлении еще трех стендов.

Библиографический список

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 28 июля 2014 г. N 831 «Об утверждении и введении в действие Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)».

2. Электронный журнал по энергосбережению «Энергосовет». Интервью заместителя министра энергетики А.Ю. Инюцына. Август 2016 г. – URL: http://www.energosovet.ru/stat886.html

К содержанию

ФИЛИАЛ В г. НИЖНЕВАРТОВСК

УДК 621.31+ 620.9:004.8 + 004.8

РАЗВИТИЕ СЛАБОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Д.В. Топольский

Рассмотрен переход к интеллектуальному управлению и инжинирингу как к одному из направлений развития интеллектуальной энергетики. Определены возможности разработки программно-аппаратного комплекса цифровых подстанций на основе слабого искусственного интеллекта. Проведена разработка киберфизического устройства – цифрового комбинированного измерительного трансформатора тока и напряжения для цифровых подстанций. Установлено, что разработанное киберфизическое устройство соответствует современным требованиям к программно-аппаратному комплексу цифровых подстанций.

Ключевые слова: слабый искусственный интеллект, цифровая подстанция, программно-аппаратный комплекс, цифровой измерительный трансформатор, МЭК 61850.

В настоящее время мировая энергетика находится в состоянии реформации. Современные научно-технические и экономические требования к энергетике задают необходимость перехода к новому технологическому укладу, включающему передовые энергетические, измерительные, информационно-коммуникационные и другие технологии. Новый технологический уклад полностью сформируется в течение ближайших лет, и будет определять технологический профиль рынков оборудования, программных систем, инжиниринга и сервисов в энергетике.

Национальная технологическая инициатива в дорожной карте «Энерджинет» отмечает, что в России имеются научные заделы, кадровый потенциал, развитая инфраструктура и механизмы поддержки инновационных компаний для занятия отечественными производителями оборудования для энергетики существенных позиций на новых глобальных рынках. Не менее важно то, что распространение в России решений на основе нового технологического уклада позволит решить ряд проблем эффективности функционирования и развития энергетики, ее национальной безопасности. В основе энергетики нового уклада будут разномасштабные комплексные системы и сервисы интеллектуальной энергетики, построенные на открытой сетевой архитектуре.

Отдельным направлением при переходе к новому технологическому укладу энергетики является переход к интеллектуальному управлению и инжинирингу – внедрение интеллектуальных киберфизических устройств,

использование методов и инструментов слабого искусственного интеллекта для автоматического управления технологическими процессами и коммерческими отношениями, а также для автоматического инжиниринга, настройки, восстановления систем управления. В частности, данное направление предусматривает разработку программно-аппаратного комплекса цифровых подстанций различного класса напряжения (интеллектуальные коммутационные аппараты, цифровые измерители, цифровые системы управления подстанциями) [1–9].

Этому направлению посвящен проект, выполненный совместно компанией «Челэнергоприбор» (www.limi.ru) и учеными Южно-Уральского государственного университета. В результате выполнения проекта изготовлен экспериментальный образец цифрового комбинированного трансформатора тока и напряжения (ЦКТТН) (рис.). Функциональное назначение ЦКТТН – источник информации о мгновенных значениях тока и напряжения в ячейке MiniGrid для целей управления, коммерческого учета и защиты, а также анализа качества электроэнергии.

Экспериментальный образец ЦКТТН

Основные параметры, определяющие количественные, качественные и стоимостные характеристики ЦКТТН:

1) класс напряжений (35–110) кВ по ГОСТ 1983;

2) номинальный ток (100–800) А по ГОСТ 7746;

3) максимальный ток 12 кА;

4) классы точности: 0,2 по напряжению, 0,2S по току, 5P по току для цепей защиты;

5) преобразование измеряемых физических величин в цифровой код в высоковольтной части универсального цифрового комбинированного измерительного трансформатора и передача цифрового кода в оборудование подстанции по ВОЛС на расстояние до 1 км;

6) климатические факторы внешней среды при эксплуатации должны соответствовать группе У1 по ГОСТ 15150;

7) масса измерительного устройства, устанавливаемого на открытом распределительном устройстве, не более 100 кг, масса оконечного преобразовательного блока, устанавливаемого на подстанции, не более 20 кг;

8) стоимость комплекта для одной фазы класса 110 кВ – не более 420 тысяч рублей.

Для получения вышеприведённых характеристик было предложено построение ЦКТТН на основе электромагнитного трансформатора тока и емкостного делителя напряжения, размещенных на стороне высокого напряжения, со встроенным электронным блоком синхронного преобразования аналоговых сигналов от трансформатора и емкостного делителя в цифровой код и передачей этих сигналов по оптоволоконному кабелю. В существующих комбинированных измерительных трансформаторах такое сочетание не используется. По имеющимся данным серийный выпуск подобных изделий в настоящее время не производится, а это указывает на возможность получения результата, способного к правовой охране и дальнейшей коммерциализации.

Функционирование ЦКТТН обеспечивается разработкой и использованием исключительно отечественного программного обеспечения. ЦКТТН является полностью российской разработкой, исключающей возможность программных «закладок» и уязвимости энергообъектов.

Новизну представляют комбинация цифровых измерителей тока и напряжения с соответствующей серии стандартов МЭК 61850 синхронизацией измерительной информации, методика повышения точности емкостного масштабирующего делителя напряжения, а также адаптивный алгоритм работы универсального цифрового комбинированного трансформатора тока и напряжения.

Предлагаемая комбинация цифровых измерителей тока и напряжения снижает стоимость интеллектуальных киберфизических устройств для цифровых подстанций и систем управления интеллектуальными энергосистемами.

Адаптивный алгоритм работы ЦКТТН обеспечивает возможность его применения во всем диапазоне измеряемых величин без подбора коэффициента трансформации с выдачей универсального набора сигналов без применения дополнительных внешних преобразователей. В ходе проекта в алгоритме реализовано 4 состояния:

1) отсутствует напряжение;

2) активация;

3) нормальные условия;

4) пониженное напряжение.

Заключение. Выполненный проект способствует использованию в энергетике методов и инструментов слабого искусственного интеллекта

для автоматического управления технологическими процессами и делает шаг вперёд в разработке программно-аппаратного комплекса цифровых подстанций. Высокий научно-технический уровень разработки подтвержден рядом результатов интеллектуальной деятельности [10, 11].

Библиографический список

1. ГОСТ Р МЭК 61850-3-2005. Сети и системы связи в подстанциях. Архитектура цифровой подстанции. – М.: Стандартинформ, 2006. – 15 с.

2. Калинкин, С.Ю. Технические решения в области АСУ ТП для цифровых подстанций 110/35 кВ. Энергия под ключ / С.Ю. Калинкин. – 2010. – URL: http://forca.ru/stati/rzia/resheniya-v-oblasti-asutp-dlya-cifrovyh-podstanciy.html.

3. Маслов, А.М. Вопросы стандартизации при реализации концепции Цифровой подстанции / А.М. Маслов, П.Л. Лобанов // Материалы 2-й Международной выставки и конференции по инновационным проектам в электросетевом комплексе IPNES 2011, 6–8 сентября 2011 г.

4. Моржин, Ю.И. Цифровая подстанция ЕНЭС / Ю.И. Моржин, С.Г. Попов, П.А. Горожанкин, В.Г. Наровлянский, М.А. Власов, А.А. Сердцев // ЭнергоЭксперт. – 2011. – № 4 (27). – С. 27–32.

5. Чичёв, С.И. Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций / С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин. – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 140 с.

6. Гельфанд, А.М. Перспективы создания цифровых программно-аппаратных комплексов подстанций ЕНЭС / А.М. Гельфанд, П.А. Горожанкин, В.Г. Наровлянский, Л.И. Фридман // Электрические станции. – 2012. – № 5.– С. 55–58.

7. Тазин, В.О. Инжиниринг систем автоматизации цифровых подстанций / В.О. Тазин, А.В. Головин, А.О. Аношин // Релейщик. – 2012. – № 1.

8. Горелик, Т.Г. Автоматизация энергообъектов с использованием технологии «цифровая подстанция». Первый российский прототип / Т.Г. Горелик, О.В. Кириенко // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 1(05). – С. 86–89.

9. Маслов, А.М. Системный подход к автоматизации на основе МЭК-61850 / А.М. Маслов, С. Гершпах // Энергетика и промышленность России. – 2011. – № 18 (182).

10. Источник питания высоковольтной части цифрового измерительного трансформатора тока с отбором мощности от фазного провода линии электропередачи высокого напряжения: пат. 159443 Рос. Федерация: МПК G01R 19/00 / Г.И. Волович, Д.В. Топольский, И.Г. Топольская; заявитель и патентообладатель ООО «Челэнергоприбор». – № 2015131578/07; заявл. 29.07.2015; опубл. 10.02.2016. Бюл. № 4. – 1 с.

11. Масштабирующий преобразователь напряжения в цифровой код: пат. 161918 Рос. Федерация: МПК G01R 19/25 / Г.И. Волович; заявитель и патентообладатель ООО «Челэнергоприбор». – № 2015144611/28; заявл. 16.10.2015; опубл. 20.05.2016. Бюл. № 14. – 2 с.

К содержанию

УДК 621.317.08

УСТРОЙСТВО, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ СИГНАЛАМИ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ С ЗАДАННОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Н.И. Юмагулов, А.Л. Галиев

В статье рассматривается один из способов формирования сигнала воздействия на исследуемые физические объекты с постоянной энергией. Приводится описание разработанного устройства, осуществляющего воздействие на объект исследования сигналами затухающих колебаний с заданной энергией.

Ключевые слова: измерительный генератор заданной мощности, нелинейные теплозависимые объекты, компаратор, заданная энергия, затухающие колебания, заданная мощность.

На сегодняшний день среди большого числа решаемых задач большое внимание уделяется развитию средств измерений, контроля и управления, которые направлены на получение объективной и воспроизводимой информации о состоянии протекающих процессов или свойствах объекта исследования (ОИ).

Зачастую оценку состояния ОИ осуществляют через электрофизические параметры (ЭП) как наиболее удобные для измерения, передачи и воспроизведения. Как правило, оценка ЭП осуществляется введением в ОИ электрической энергии в виде заданного значения тока или напряжения.

Однако при исследовании нелинейных, теплозависимых объектов введение электрической энергии приводит к изменению их термодинамического состояния, проявляющемуся в изменении их формы, структуры и соответственно ЭП. В свою очередь, изменение ЭП приводит к изменению величины протекающего через него тока или напряженности приложенного электрического поля и, соответственно, рассеиваемой в нем электрической энергии. Неопределенность вносимого возмущения, вызванная нелинейной зависимостью изменения ЭП ОИ от приложенной электрической энергии, отражает существенный недостаток общепринятых методов измерения, выраженный плохой воспроизводимостью полученных результатов измерения и невозможностью их интерпретации.

Для получения однозначных и воспроизводимых результатов при исследовании теплозависимых объектов предложено [1, 2] использовать измерительные генераторы заданной мощности (ИГЗМ), обеспечивающие постоянство вносимого возмущения и определенность термодинамического состояния ОИ.

Техническая реализация измерительных генераторов, обеспечивающая работу контрольно-измерительных приборов в постоянном энергетическом режиме, возможна при воздействии на объект исследования энергией заряженного конденсатора [3].

На рис. 1 приведена функциональная схема разработанного формирователя затухающих колебаний с постоянной энергией и мощностью (ФЗЭМ), по сути являющегося измерительным генератором, учитывающим нелинейность и теплозависимость исследуемых объектов на вносимое возмущение.

Разработанный ФЗЭМ представляет собой устройство, работающее в режиме импульсной генерации, в котором постоянство мощности достигается воздействием на объект исследования сигналами, заполненными затухающими гармоническими колебаниями.

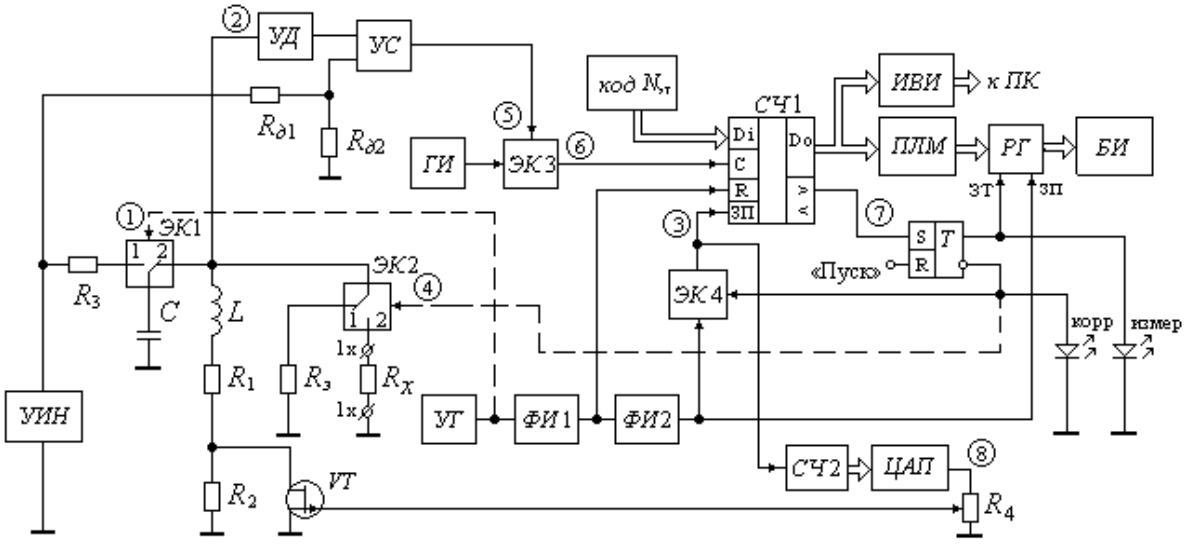


Рис. 1. Структурная схема ФЗЭМ, воздействующего
на объект исследования энергией заряженного конденсатора

В состав устройства входят: *УИН* – управляемый источник напряжения; *ЭК*1 – электронный ключ управления процессами заряда и разряда конденсатора *С*; *ЭК*2 – электронный ключ, позволяющий выбирать режим коррекции мощности сигнала или режим воздействия на объект исследования; *УД* – усилитель-детектор, выпрямляющий переменное напряжение затухающего колебания контура; *УС* – устройство сравнения (компаратор), отслеживающее изменение напряжения на контуре; *ГИ* – генератор импульсов эталонной частоты; *ЭК*3 – электронный ключ, останавливающий отсчет импульсов, подаваемых с генератора эталонной частоты; *ЭК*4 – электронный ключ, разрешающий предустановку *СЧ*1; *СЧ*2 – счетчик числа циклов коррекции; *Т* – триггер, устанавливающий режим работы ИГЗМ; *ЦАП* – цифроаналоговый преобразователь, управляющий сопротивлением

канала транзистора *VT*; *РГ* – регистр временного хранения числа импульсов; *УГ* – управляющий генератор; *ФИ*1 и *ФИ*2 – формирователи импульсов; *ПЛМ* – программируемая логическая матрица; *БИ* – индикатор, отображающий величину сопротивления ОИ; *ИВИ* – интерфейс вывода информации на персональный компьютер.

Временные диаграммы, поясняющие принцип работы системы коррекции, приведены на рис. 2, номера эпюр которого соответствуют цифровым обозначениям контрольных точек, указанных на рис. 1.

Автокоррекция мощности, осуществляемая путем управления сопротивлением открытого канала транзистора *VT* (см. рис. 1), производится при каждом включении источника питания прибора, в процессе которого электронный ключ *ЭК*4 находится в состоянии, запрещающем запись в регистр хранения *РГ*.

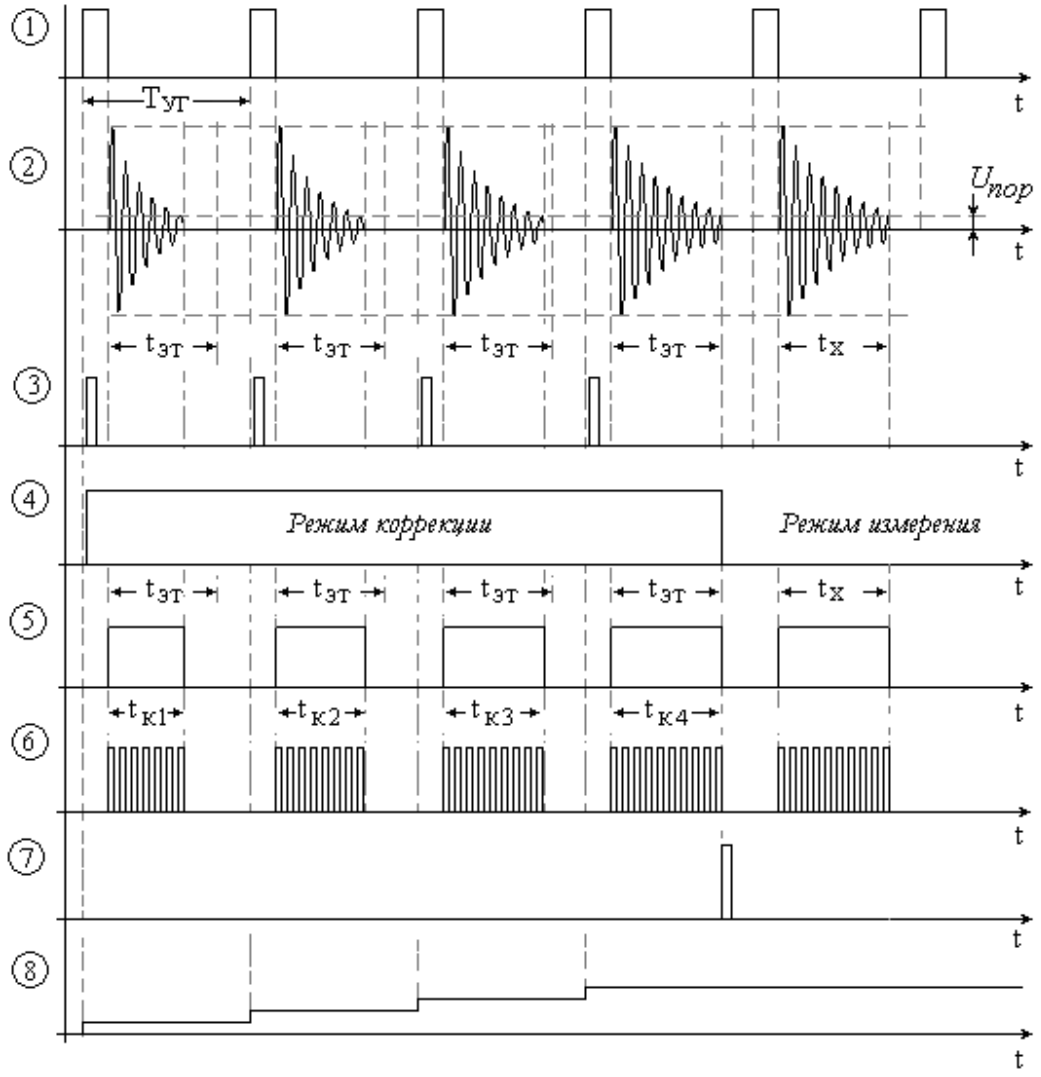


Рис. 2. Временные диаграммы,
поясняющие работу системы коррекции мощности

Коррекция может протекать в течение от одного до десяти циклов, т.е. за время от 0,1 до 1,0 с. Под действием управляющего импульса генератора *УГ*, длительность которого определяется временем заряда конденсатора C_1 (позиция 1):

$$t_з = (3 \div 4)\tau_{зар},$$

осуществляется «сброс» *СЧ*1 и последующая «запись» в его регистр памяти кода эталонного числа $N_{ЭТ}$ (позиция 3), определяемого выражением:

$$\text{код } N_{ЭТ} = M\text{-}N_{ЭТ},$$

где M – модуль счета *СЧ*1. При формировании заднего фронта управляющего импульса электронный ключ *ЭК*1 коммутирует конденсатор в цепь, содержащую катушку индуктивности, образуя параллельный колебательный контур, который формирует затухающие квазигармонические колебания (позиция 2). Напряжение, снимаемое с контура, образует сигнал воздействия, который в режиме коррекции подается на эталонное сопротивление $R_Э$.

По мере достижения амплитудой предварительно выпрямленного усилителем-детектором *УД* затухающего колебания уровня опорного напряжения, подаваемого с делителя сопротивлений $R_{д1}$ и $R_{д2}$:

$$U_{оп} = E_0 \frac{R_{д2}}{R_{д2} + R_{д1}},$$

на выходе компаратора *УС* формируются прямоугольные импульсы (позиция 5), длительность которых зависит от эталонного сопротивления $R_Э$ и сопротивления потерь контура R_n, определяемого суммой:

$$R_n = R_L + R_1 + \frac{R_2 \cdot R_{VT}}{R_2 + R_{VT}},$$

где R_L – активное сопротивление катушки индуктивности; R_{VT} – сопротивление канала управляющего транзистора.

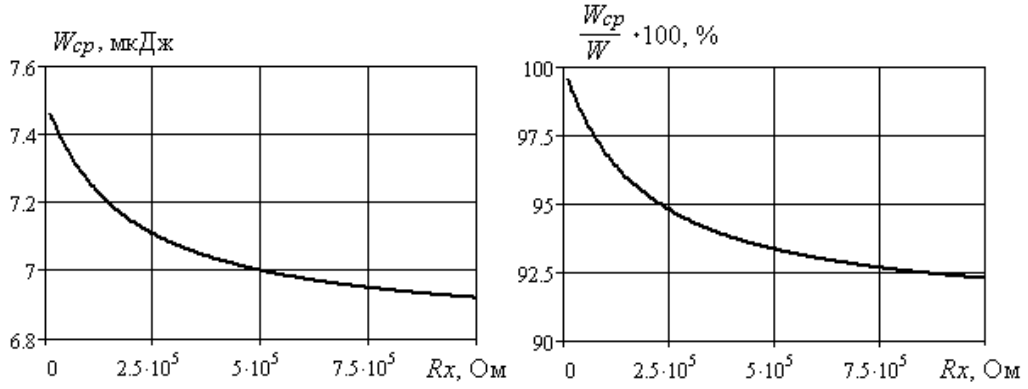
В момент равенства напряжений компаратор, управляя ключом *ЭК*3, останавливает отсчет импульсов N_i (позиция 6), поступивших с генератора *ГИ* на вход *СЧ*1. Сосчитанное счетчиком число импульсов, определяемое частотой генератора $f_{ГИ}$ и длительностью выходного импульса компаратора, «суммируется» с модулем счета M, результат которого сравнивается с «эталонным» числом.

При числе импульсов меньше эталонного числа процесс коррекции, осуществляемый в течение от одного до десяти циклов генератора *УГ*, продолжается, с каждым управляющим импульсом которого содержимое счетчика *СЧ*2 увеличивается на единицу (позиция 8). В свою очередь, увеличение содержимого счетчика приводит к изменению управляющего сопротивлением канала *VT* напряжения на выходе *ЦАП*, полярность которого

выбирается так, чтобы при росте напряжения сопротивление канала *VT* уменьшалось. Длительность процесса коррекции, осуществляемая до наступления момента, когда число принятых импульсов будет соответствовать эталонному числу, не превышает 0,1÷1,0 с.

При равенстве числа поступивших импульсов с «эталонным» числом счетчик *СЧ*1 коротким импульсом (позиция 7) опрокидывает триггер *Т* (позиция 4), который «запрещает» предустановку *СЧ*1, работу *СЧ*2 и «разрешает» запись информации в регистр *РГ* и одновременно переключает ключ *ЭК*2 в режим измерения R_x.

Воздействие на объект исследования в «режиме измерения» осуществляется средней энергией $W_{ср}$, изменение которой относительно величины накопленной на конденсаторе энергии *W* представлено на рис. 3.



а) б)

Рис. 3. Абсолютное (*а*) и относительное (*б*) изменение средней рассеиваемой энергии в нагрузке от сопротивления ОИ R_x

Нелинейный характер изменения энергии, вводимой в объект исследования, объясняется увеличением потерь на активном сопротивлении контура R_n (см. рис. 3б). Поэтому для поддержания с заданной точностью вводимый в ОИ средней мощности, график которой представлен на рис. 4, целесообразно весь диапазон изменения сопротивления нагрузки разбить на отдельные поддиапазоны.

Помимо потерь на активном сопротивлении контура потребление энергии осуществляется в течение всего времени работы устройства. Поэтому для измерительного генератора, работающего от автономного источника питания, практический интерес представляет оценка экономичности и КПД устройства. Не рассматривая вопросы управления отдельных функциональных узлов измерительного генератора, которые определяют ряд основных параметров, таких как ток потребления, скорость нарастания сигнала воздействия и т.д., потребление энергии во многом связано с процессом заряда конденсатора *С* (рис. 1) и формированием затухающего колебания в колебательном контуре.

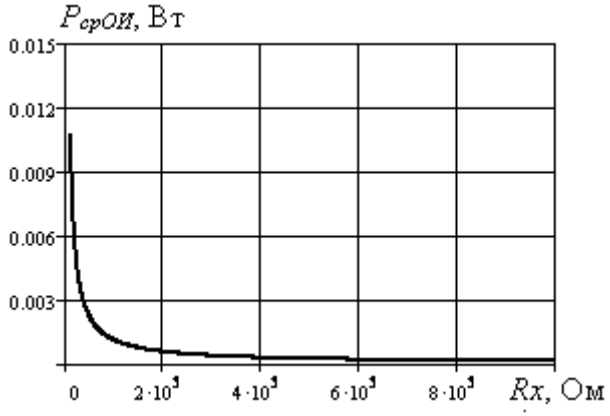


Рис. 4. Изменение рассеиваемой в ОИ
средней мощности сигнала воздействия от R_x

В процессе заряда скорость нарастания напряжения на обкладках конденсатора определяется значением сопротивления R_3, минимальное значение которого определяется предельным значением тока электронного ключа *ЭК*1 (рис. 1). При длительности $\tau_{зар} = 3R_3C = 0{,}1\,\text{мс}$, в течение которого напряжение на конденсаторе C возрастает до $0{,}952E_0$, максимальное значение тока заряда при E_0=10 В составляет $I_{\max зар} = \dfrac{E_0}{R_3} = 45{,}5\,\text{мА}$. При среднем значении тока $I_{\text{ср}\,зар} = 18\,\text{мА}$, убывающем по экспоненте, на сопротивлении R_3 рассеивается количество энергии, определяемое выражением:

$$W_{R3} = \int_0^{\tau_{зар}} \frac{E_0^2}{R_3} e^{-\frac{2t}{\tau}} dt,$$

величина которого равна 7,48 мкДж при напряжении E_0=10 В.

Изменение напряжения питания E_0 за счет увеличения тока заряда приводит к увеличению потерь контура, зависимость которой представлена на рис. 5. Однако за счет увеличения накопленной на конденсаторе энергии:

$$W = \frac{CE_0^2}{2}.$$

коэффициент полезного действия в течение заряда конденсатора остается постоянным, величина которого при сопротивлении R_3=220 Ом не превышает 50,1 %.

В процессе формирования затухающего колебания в колебательном контуре энергия заряженного конденсатора W рассеивается на ОИ и активном сопротивлении потерь контура, состоящее из резисторов R_1, R_2, сопротивления открытого канала транзистор *VT*, активного сопротивления катушки индуктивности L и электронного ключа. Использование электрон-

ного ключа, составленного из двух пар кремниевых эпитаксиально-планарных МДП транзисторов с сопротивлением канала 1,2 Ом, катушки индуктивности с индуктивностью 0,17 Гн, выполненного из медного провода диаметром более 0,5 мм, позволяет изготовить колебательный контур, активное сопротивление которого будет в пределах 6–8 Ом.

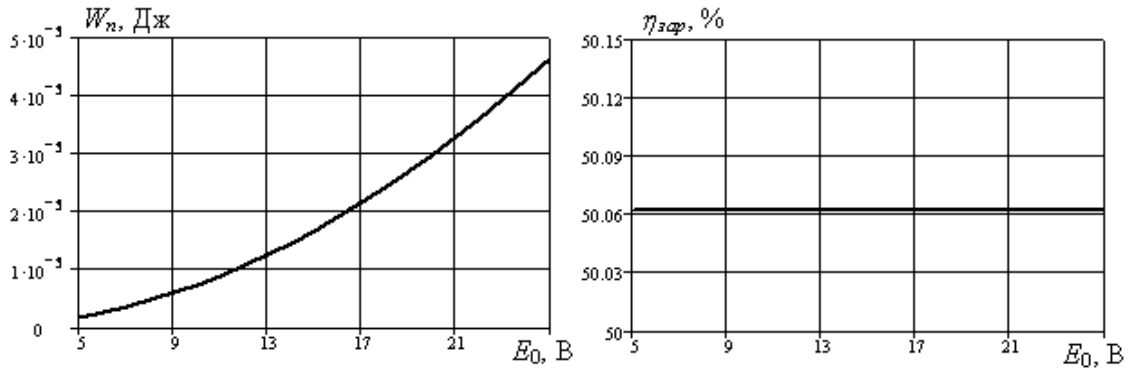


Рис. 5. Зависимость изменения потерь энергии и КПД заряда конденсатора при изменении напряжения *УИН*

В заключение отметим, что разработанный формирователь затухающих колебаний постоянной энергии и мощности может работать как автономный генератор заданной мощности и энергии с автокоррекцией мощности, обладающий высокими метрологическими характеристиками.

Библиографический список

1. Гусев, В.Г. Новый подход к построению приборов для измерения электрического импеданса биологических тканей / В.Г. Гусев // Измерительная техника. – 1996. – № 2. – С. 59–61.

2. Измерительный генератор с колебательным контуром и автокоррекцией мощности / А.Л. Галиев, Н.И. Юмагулов, А.В. Орлов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2010. – № 5. – С. 62–65.

3. Экономичный датчик информации для измерительных генераторов / Н.И. Юмагулов, А.В. Орлов, А.Н. Ликонцев // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 8. – С. 66–70.

К содержанию

НАУКА ЮУрГУ

Материалы 69-й научной конференции

СЕКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Текстовое электронное издание

19,4 Мб

1 оптический компакт-диск

Компьютерная верстка электронной версии *Е.В. Федоровой*
Дизайн обложки диска *А.С. Панова*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано к использованию 27.06.2017.
Тираж 100 экз. Заказ 223.

454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76