

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра экономики и финансов

658.5(07)

Б158

Баева Д.А., Ильичёв А.В., Шеметов И.О.
ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД В ПЛАНИРОВАНИИ

Учебное пособие по курсовой работе

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2012

УДК 658.5(076.5)+658.512(076.5)
ББК У9(2)23.я7

Одобрено
учебно-методической комиссией факультета экономики и управления

Рецензенты:
Л.А. Галкина, В.А. Пилипчук

Баева, Д.А.

Б158 Проектный подход в планировании: учебное пособие по курсовой работе / Д.А. Баева, А.В. Ильичев, И.О. Шеметов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 49 с.

В учебном пособии представлены рекомендации по разработке индивидуального плана реализации проекта.

Предназначено для студентов специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии» в качестве учебного пособия при выполнении курсовой работы по дисциплине «Планирование на предприятии».

УДК 658.5(076.5)+658.512(076.5)
ББК У9(2)23.я7

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	5
1. КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА	5
2. СТРУКТУРНЫЙ ПЛАН.....	8
3. НОРМИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ.....	11
4. СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТА	13
4.1. Порядок и правила построения сетевых графиков.....	16
4.2. Упорядочение сетевого графика. Понятие пути.....	19
4.3. Расчёт параметров событий сетевого графика.....	22
4.4. Расчет параметров работ сетевого графика.....	22
4.5. Расчет параметров сетевого графика	24
5. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН.....	24
6. ПЛАНИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ И ЗАТРАТ	25
6.1. План по персоналу	25
6.2. Прочие затраты.....	28
6.3. Базовый план стоимости проекта	28
7. ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ	29
7.1. Перераспределение ресурсов	30
7.2. Привлечение/высвобождение ресурсов	32
7.3. Выравнивание занятости	34
8. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЕКТА	36
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	38
Приложение А	38
Приложение Б	39
Приложение В.....	46
Приложение Г	49

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных функций управления на любом промышленном предприятии является планирование. От качественной реализации этого этапа управления во многом зависит успех всей дальнейшей деятельности. Поэтому особенно важным представляется освоение наиболее передовых и эффективных методик планирования.

В рамках данного курсового проекта предлагается освоить основы проектного подхода к планированию. Для этого Вам необходимо разработать план реализации проекта, который вы выберете и согласуете с руководителем.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе выполнения настоящего задания необходимо:

1. Выбрать направление реализации проекта, конкретизировать цели проекта и выразить их в названии, определить концептуальные параметры и составить проектную Декларацию.

2. Произвести декомпозицию генеральной цели на цели более низкого уровня и далее – до уровня отдельных пакетов работ.

3. Установить взаимные связи работ и событий, определить их продолжительности, упорядочить работы и сформировать таким образом сетевую модель проекта.

4. Рассчитать параметры сетевой модели.

5. Спланировать потребность в ресурсах по отдельным работам и проекту в целом, определить его финансовый профиль.

6. Произвести оптимизацию проекта по определенным критериям в условиях ограничений.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями СТО ЮУрГУ 04-2008.

Защита работы осуществляется в формате презентации проекта, регламент доклада – 7 минут.

График контроля выполнения работы: 4-я неделя – 50% объема работы, конец 8-й недели – сдача на проверку.

Таблица 1

Критерии оценки

№	Вид учебной работы / позиции начисления баллов	Максимальное количество баллов
1	Выполнение работы	60
1.1	Соблюдение графика работы	15
1.2	Результаты проверки работы (проекта)	45
2	Защита работы	40
2.1	Качество доклада, презентации	30
2.2	Ответы на вопросы	10

Возможна групповая работа по согласованию с руководителем.

1. КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА

В качестве проекта по согласованию с руководителем курсового проекта может быть выбрана разработка абсолютно нового бизнеса либо реализация развития нового направления в рамках существующего предприятия.

Кроме того, следует выбрать отрасль или направление реализации проекта. Наибольшее распространение принципы проектного управления приобрели в следующих отраслях:

- строительство;
- авиастроение, космос;

- индустрия развлечений, event marketing;
- информационные технологии и сети;
- консалтинг.

Также принципами проектного подхода руководствуются в различных отраслях при проектировании, создании новых продуктов, модернизации производства, управлении стратегическими изменениями. При выборе предметной области проекта вы можете руководствоваться тематикой производственной практики или предстоящего дипломного проекта.

Важнейшими параметрами с точки зрения трудоёмкости планирования являются масштаб проекта и его продолжительность.

Поэтому не следует выбирать для данной работы слишком масштабные проекты, так как не будет достигнут необходимый уровень детализации (см. раздел 2), а также проекты длительностью более 1 года.

Применительно к настоящей работе под проектом понимается только предынвестиционная и инвестиционная фазы бизнес-проекта, а дальнейшая операционная деятельность располагается за горизонтом рассмотрения, поскольку основывается на иных принципах управления.

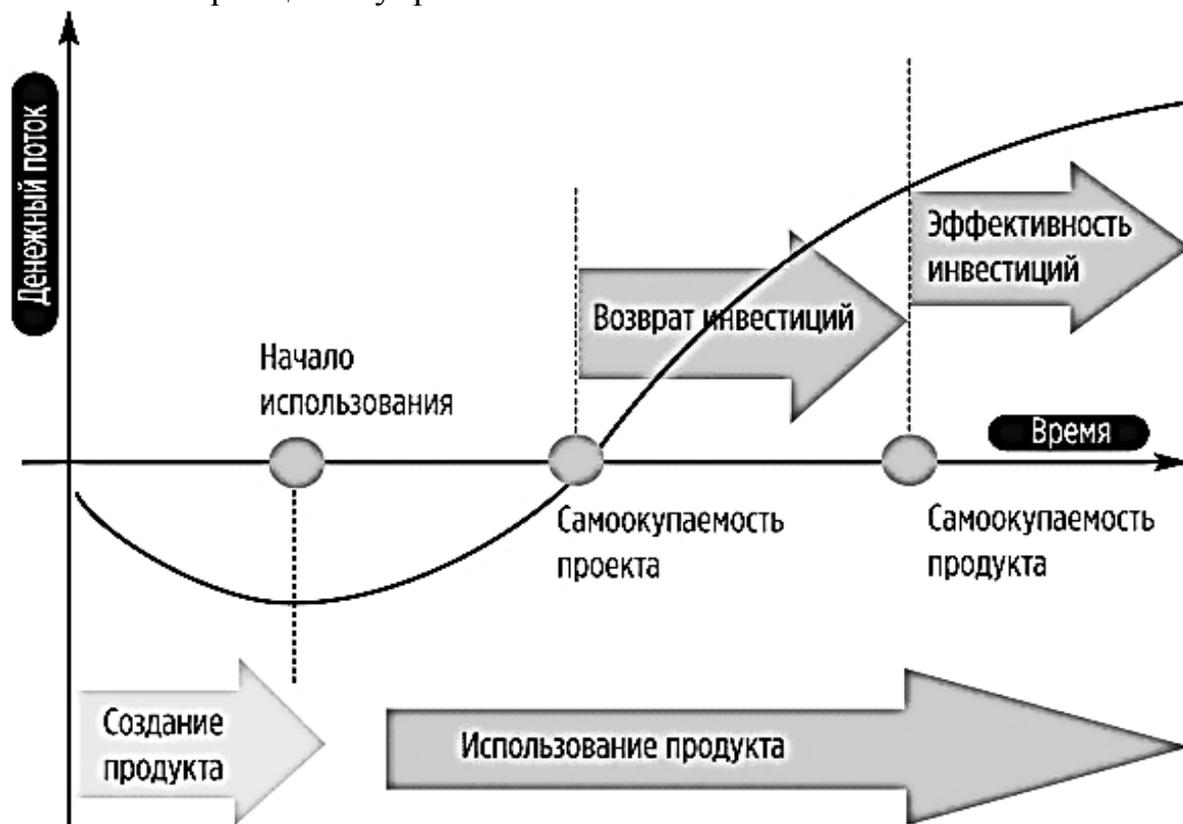


Рис. 1. Жизненный цикл и этапы реализации проекта

Устав проекта - документ, который формально санкционирует проект или его фазу и устанавливает первоначальные требования, удовлетворяющие потребности и ожидания заинтересованных сторон проекта. Как правило, описательная часть Устава включает следующие разделы:

1. Общая информация
2. Цели проекта

3. Обоснование целесообразности реализации проекта
4. Ожидаемые результаты проекта
5. Продукт проекта и его структура
6. Основные этапы и результаты реализации проекта
7. Заинтересованные стороны проекта
8. Ожидания заинтересованных сторон
9. Риски проекта
10. Допущения и ограничения
11. Периодичность отчетности участников проекта

Устав является по сути резюме проекта и, следовательно, не может быть составлен без детальной и всесторонней проработки его аспектов. На начальной фазе планирования проекта начинается работа над составлением Устава проекта. По мере дальнейшей работы над проектом следует дополнять Устав, согласно принципу «набегающей волны».

Общая информация о проекте включает в себя следующие минимальные сведения:

Инициатор проекта – это сотрудник, который идентифицирует потребность в проекте и вносит «предложение» об инициации проекта. Этот человек может быть представителем любого функционального подразделения или уровня внутри или вне организации.

Заказчик – сторона, заинтересованная в осуществлении проекта и достижении его целей, уполномоченное инвесторами физическое или юридическое лицо, которое осуществляет реализацию инвестиционных проектов. Будущий владелец результатов проекта. Заказчик определяет основные требования к результатам проекта, обеспечивает финансирование проекта за счет своих или привлекаемых средств, может заключать контракты с основными исполнителями проекта.

Ожидаемые сроки реализации (длительность, дата начала) – общая продолжительность реализации проекта.

Цели проекта должны соответствовать требованиям SMART (Specific – Специфические, конкретные, Measurable – Измеримые, Attainable – достижимые, Relevant – согласованные, Time-bound – Определенные во времени).

Следует выделить генеральную цель и основные задачи, реализация которых в совокупности приводит к достижению генеральной цели.

Результат проекта – любой уникальный и проверяемый продукт, результат или услуга, которые необходимо произвести для завершения процесса, фазы или проекта. Часто используется в более узком значении для обозначения внешнего результата проекта, т.е. результата, требующего утверждения спонсором или заказчиком.

Продукт проекта – производимое изделие или услуга, которые можно измерить и которое в итоге реализации проекта получает заказчик (продукт проекта – более узкое понятие, чем результат).

Таким образом, Устав должен представлять основных участников проекта, определять его продолжительность, а также содержать концептуальные параметры проекта в их количественном измерении. В дальнейшем выполнение соответст-

вующих этапов планирования позволит дополнить Устав проекта недостающими разделами.

Пример одного из вариантов оформления Устава проекта представлен в приложении Б.

2. СТРУКТУРНЫЙ ПЛАН

Наряду с системой целей важнейшим основополагающим документом проекта является структурный план. Прежде всего, при разработке структуры следует принимать во внимание уровень планирования.

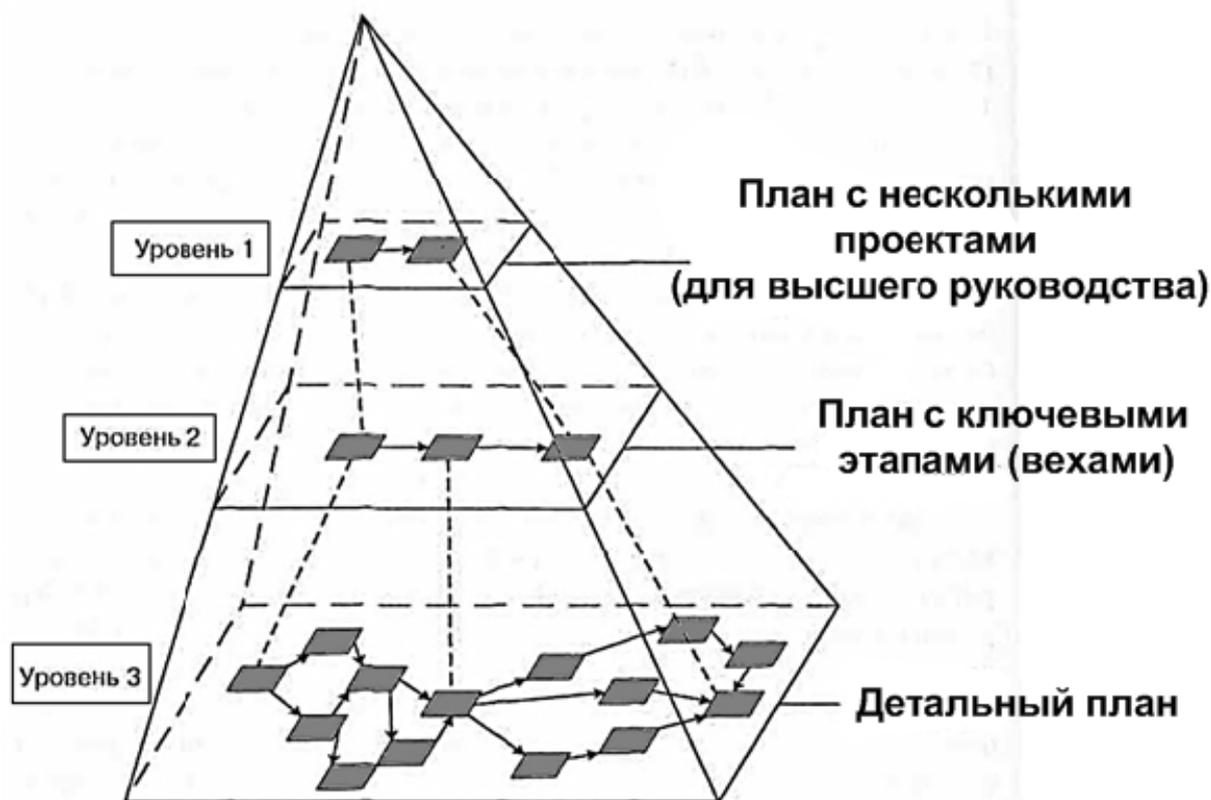


Рис. 2. Взаимосвязь уровней планирования и управления

В рамках настоящей работы целесообразным уровнем детализации является {2...3} уровня планирования, необходимых для менеджмента среднего звена.

Структура декомпозиции работ (WBS – Work Breakdown Structure) – иерархическая структура последовательной декомпозиции проекта на подпроекты, пакеты работ различного уровня, пакеты детальных работ.

В процессе создания WBS могут использоваться детальные технические спецификации или только функциональные спецификации с требованиями к работам в самом общем виде (рис. 3).

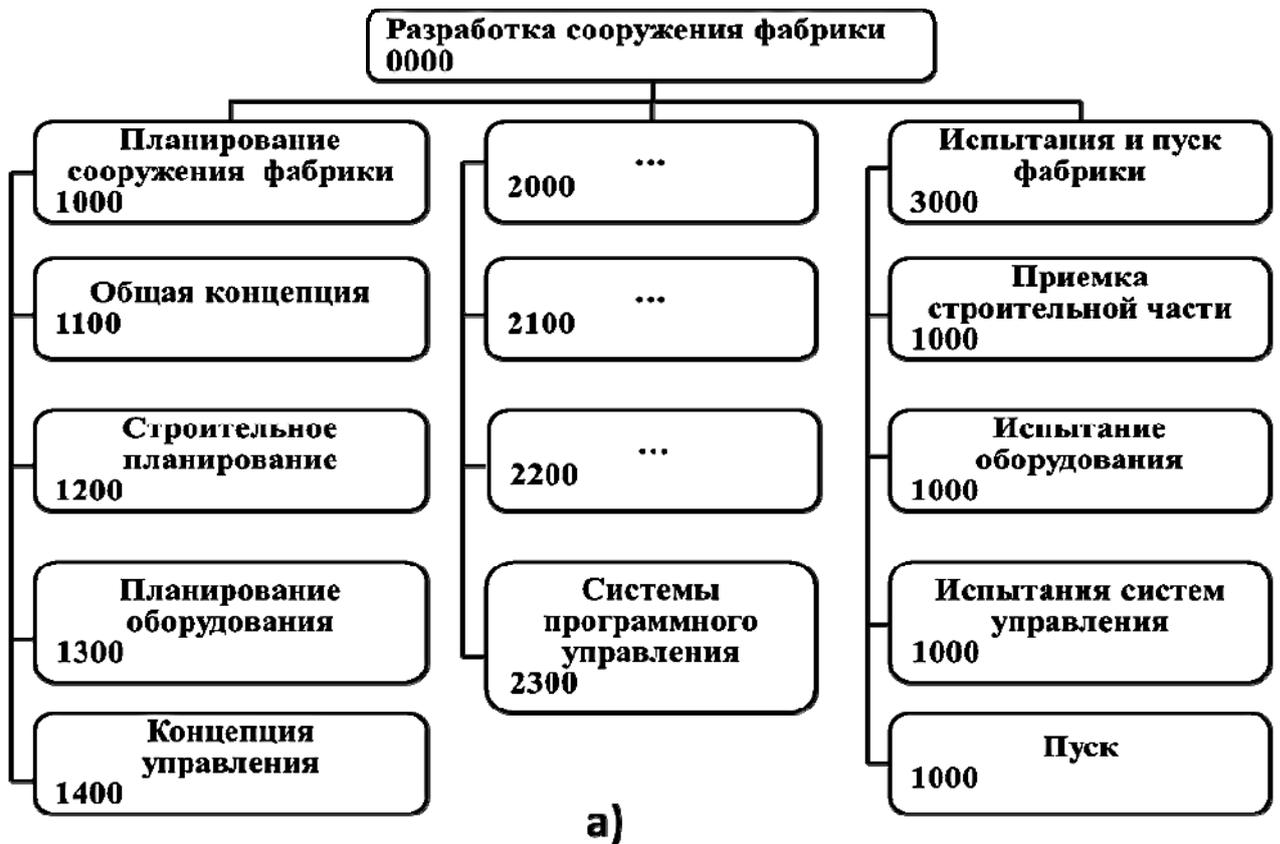


Рис. 3. Объектный (а) и функциональный (б) принципы декомпозиции
 Основанием декомпозиции WBS могут служить:

а) компоненты товара (объекта, услуги, направления деятельности), получаемого в результате реализации проекта;

б) процессные или функциональные элементы деятельности организации, реализующей проект;

в) этапы жизненного цикла проекта, основные фазы;

г) подразделения организационной структуры;

д) географическое размещение для пространственно распределенных проектов.

На практике используются комбинированные структуры WBS, построенные с использованием нескольких оснований декомпозиции.

Основные правила построения WBS следующие:

1) процесс декомпозиции продолжается до тех пор, пока все значимые (важные, ключевые) работы, пакеты работ или любые части проекта не будут выделены и идентифицированы в такой степени и таким образом, чтобы они могли планироваться, для них можно было определять бюджет и составлять расписание, выполнять функции мониторинга и контроля (в нашем случае мы ограничимся 3–4 уровнями декомпозиции);

2) для наглядности и простоты автоматизации использования WBS каждому элементу декомпозиции присваивается уникальный идентификатор, соответствующий уровню и порядковому номеру на уровне;

3) каждый следующий уровень в WBS добавляет более детальные элементы, каждый из элементов связан с более общим элементом, расположенным на уровень выше. На любом из уровней группе «дочерних» (детальных) элементов соответствует только один «родительский» (суммарный) элемент.

После предварительной структуризации проверьте WBS на полноту, двигаясь снизу вверх. Совокупность элементов каждого уровня должна быть достаточной для «родительского» элемента. Также в большинстве проектов должны присутствовать элементы, отражающие его связь с внешней средой (например: согласования, разрешения).

Также на данном этапе необходимо выделить ключевые вехи для согласования основных стадий, этапов, фаз разработки и реализации проекта, а также для анализа и контроля хода реализации проекта на соответствующих этим вехам уровнях управления. Планирование вех составляет начальную, наиболее обобщенную часть плана, который потом развертывается в укрупненный и, наконец, детальный график (рис. 4).

Для подробного описания работ может быть составлен словарь работ проекта, который формируется в форме таблицы и должен включать информацию о содержании работы, о связях между работами (входящие и исходящие), о требуемых ресурсах, о контрольном событии и о критериях приемки результата, об ответственном за выполнение работы и о документах, которыми необходимо руководствоваться в процессе выполнения работы.

В рамках настоящей работы, исходя из выбранной степени детализации, необходимо выделить вехи на верхнем уровне, а также более «мелкие» события, соответствующие окончанию отдельных работ или пакетов работ.

При определении вех используется информация о ключевых точках, стадиях и состояниях, через которые проходит проект в течение своего жизненного цикла.

Вехи отмечают существенные, определяющие дальнейший ход развития проекта точки перехода. Поэтому вехи позволяют решать проблемы контроля, предоставляя набор естественных контрольных точек.

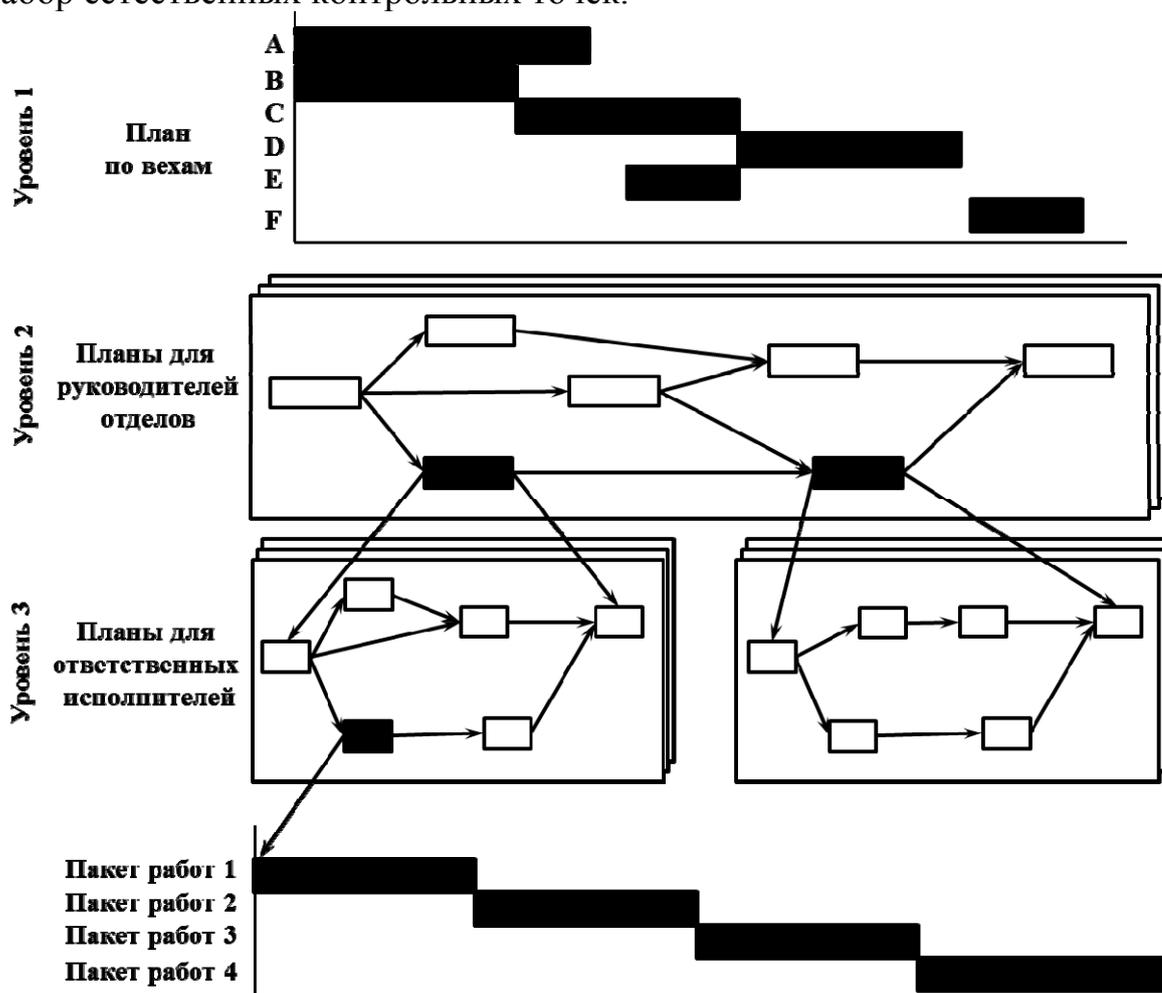


Рис. 4. Уровни планирования проекта: от вех к пакетам работ

В нашем случае достаточной степенью детализации проекта будет наличие 10–15 ключевых событий и соответственно 20–30 пакетов работ. Пример реализации структурного плана представлен на рис. Б.1 в приложении Б.

В рамках курсового проекта необходимо:

1. Составить структурный план проекта.
2. Занести информацию о работах и событиях табл. В.1 и В.2 приложения В.
3. Если требуется, сформировать словарь работ проекта.

3. НОРМИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ

Следующим этапом выполнения курсового проекта является определение продолжительности выполнения отдельных работ или совокупных процессов. В детерминированных моделях длительность работ считается неизменной. В реальных условиях время выполнения разнообразных работ зависит от большого числа как внутренних, так и внешних факторов и поэтому считается случайной величиной. Для установления длительности любых работ необходимо в первую очередь поль-

зоваться соответствующими нормативами или нормами трудовых затрат. А при отсутствии исходных нормативных данных продолжительность всех процессов и работ может быть установлена различными методами, в том числе и с применением экспертных оценок.

На стадии планирования для определения продолжительности работ, содержащихся в сетевых моделях, могут быть использованы следующие методы:

- по действующим нормам, с помощью которых может быть наиболее точно обоснована на каждом предприятии длительность самых различных трудовых, технологических и производственных процессов;
- по достигнутой производительности труда, на основе которой можно установить продолжительность ранее выполнявшихся работ на различных типах технологического оборудования;
- по экспертным оценкам, которые обычно применяются для определения продолжительности вновь проектируемых оригинальных работ.
- При установлении экспертных оценок необходимо соблюдать ряд требований:
 - оценку длительности планируемого процесса должны производить наиболее опытные специалисты-эксперты, руководители или ответственные исполнители работ;
 - при выборе оценки необходимо максимально использовать имеющиеся на производстве справочно-нормативные материалы;
 - полученную оценку следует рассматривать как временной ориентир или возможный вариант продолжительности работ;
 - установленные оценки на стадии разработки сетевых графиков необходимо корректировать в ходе их выполнения при изменении проектных условий.

В процессе сетевого планирования экспертные оценки длительности предстоящих работ обычно устанавливаются ответственными исполнителями. По каждой работе, как правило, дается несколько оценок времени: минимальная, максимальная и наиболее вероятная. Если определять продолжительность работ только по одной оценке времени, то она может оказаться далекой от реальности и привести к нарушению всего хода работ по сетевому графику.

Оценка продолжительности работ выражается в часах, днях или других единицах времени.

Минимальное время – это наименьшее из возможных рабочее время выполнения проектируемых процессов. Максимальное время – это наибольшее время выполнения работы с учетом риска и неудачного стечения как внутренних факторов, так и внешних обстоятельств. Наиболее вероятное время – это возможное или близкое к реальным условиям выполнения процессов рабочее время.

Полученная наиболее вероятная оценка времени не может быть принята в качестве нормативного показателя ожидаемого времени выполнения каждой работы, так как эта оценка является субъективной и во многом зависит от опыта ответственного исполнителя работ. В результате такой оценки мы получаем некоторый интервал, в котором находится ожидаемое время выполнения работы. Про-

должительность ожидаемого времени при допустимой ошибке, не превышающей 1%, может быть рассчитана по двум оценкам:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (1)$$

Графическая интерпретация полученных с помощью данной формулы продолжительности работ представлена на рис.5. Сплошная кривая — это график распределения плотности вероятности. Следует обратить внимание на смещение распределения в левую часть и на длинный «склон» справа — эта картина типична для действия общих причин на многих проектных работах. Данный характер кривой плотности вероятности учтен в предлагаемой для расчета формуле.

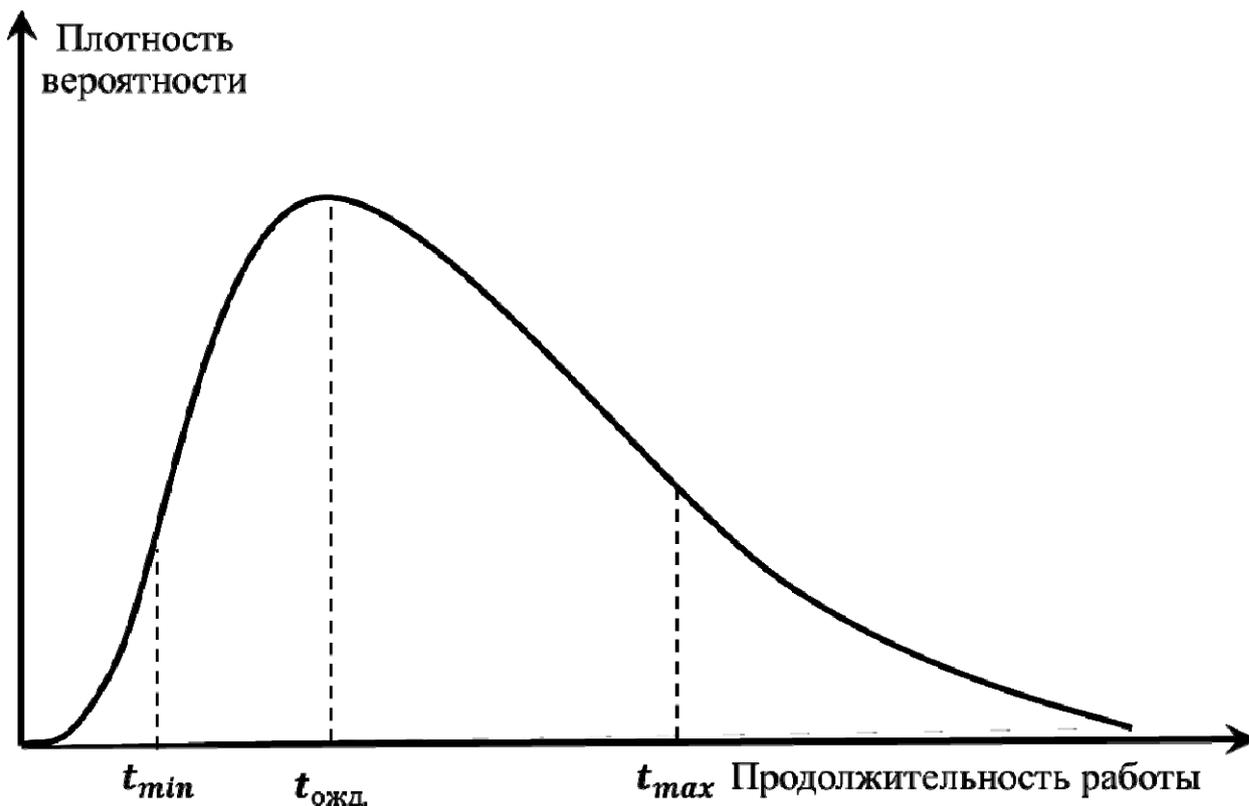


Рис. 5. Типичное для проектной среды распределение длительности работ

Рассчитанные по формуле значения продолжительности работ позволяют рассматривать стохастические оценки как детерминированные.

В рамках курсового проекта необходимо:

Рассчитать длительность работ, заполнив табл. В.3 приложения В.

4. СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТА

Сетевая модель представляет собой план выполнения некоторого комплекса взаимосвязанных работ, заданного в специфической форме ориентированного графа.

В сетевой модели с необходимой степенью детализации представлены, какие работы, в какой последовательности и за какое время предстоит выполнить.

Существуют два типа сетевых моделей:

- «Работы в вершинах»(AoN, рис. 6).
- «Работы на дугах» (AoA, рис. 8).

В сетевой модели «Работы в вершинах» вершины графа (например, изображённые прямоугольниками) означают определенные работы, а стрелки - зависимости между этими работами, определяющие порядок их выполнения. Вид такой сетевой модели представлен на Рис.6. На рисунке отражен проект по строительству гаража, состоящий из 10 работ представленных прямоугольниками и обозначенными буквами.

- А – Рытье котлована под фундамент.
- Б – Установка опалубки и заливка бетоном фундамента.
- В – Возведение стен.
- Г – Укладка обшивки крыши.
- Д – Монтаж кровли.
- Е – Обшивка боковых стен.
- Ж – Установка дверей.
- З – Заливка и выравнивание пола.
- И – Монтаж электрической проводки.
- К – Уборка строительной площадки.

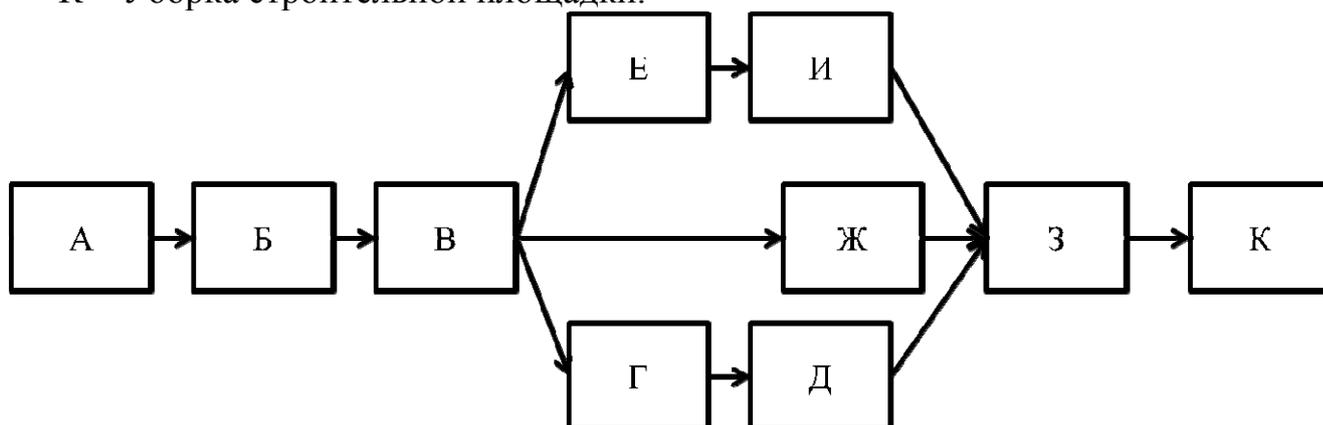


Рис. 6. Сетевой график типа «Работы в вершинах» (AoN)

В отличие от модели «Работы на дугах» сетевой график «Работы в вершинах» обладает следующими преимуществами: не содержит фиктивных работ, имеет более простую технику построения и перестройки, включает только хорошо знакомое исполнителям понятие работы без менее привычного понятия события. Вместе с тем сети без событий оказываются значительно более громоздкими, так как событий обычно значительно меньше, чем работ.

В рамках настоящей работы предлагается использовать детерминированную сетевую модель типа AoA. В детерминированных сетевых графиках все работы проекта, их продолжительность и взаимосвязь, а также требования к ожидаемым результатам являются детерминированными (не носят случайного характера). Главными элементами сетевой модели такого типа являются события и работы. Остановимся более подробно на каждом из этих элементов.

Различают три основных определения работы: действительная работа, ожидание, зависимость (фиктивная работа).

Действительная работа – протяженный во времени процесс, требующий затрат ресурсов и приводящий к достижению определённых результатов (например, сборка изделия, испытание прибора и т.п.). Каждая действительная работа должна быть конкретной, четко описанной и иметь ответственного исполнителя.

Ожидание – протяженный во времени процесс, не требующий затрат труда (например, процесс сушки после покраски, твердение бетона, остывание нагретых заготовок и т.п.).

Зависимость (фиктивная работа) – логическая связь между двумя или несколькими работами (событиями), не требующая затрат труда, материальных ресурсов и времени. Она указывает, что возможность начала и выполнения одной работы непосредственно зависит от результатов другой. Продолжительность фиктивной работы принимается равной нулю.

Событие – это момент завершения какого-либо процесса, отражающий отдельный этап выполнения проекта. Событие может являться частным результатом отдельной работы или суммарным результатом нескольких работ. Событие может свершиться только тогда, когда закончатся все работы, ему предшествующие. Последующие работы могут начаться только тогда, когда событие свершится. Отсюда двойственный характер события: для всех непосредственно предшествующих ему работ оно является конечным, а для всех непосредственно следующих за ним – начальным. При этом предполагается, что событие не имеет продолжительности и свершается как бы мгновенно. Поэтому каждое событие, включаемое в сетевую модель, должно быть полно, точно и всесторонне определено, его формулировка должна включать в себя результат всех непосредственно предшествующих ему работ.

Среди событий сетевой модели выделяют исходное и завершающее события. Исходное событие не имеет предшествующих работ и событий, относящихся к представленному в модели комплексу работ. Завершающее событие не имеет последующих работ и событий.

События на сетевом графике изображаются кругов, а работы – стрелками. Пример фрагмента сетевого графика представлен на Рис.7.



Рис. 7. Фрагмент сетевого графика

На рис. 8, приведена сетевая модель «Работа на дугах» проекта по строительству гаража. Цифрами на графике обозначены номера событий, к которым приводит выполнение соответствующих работ.

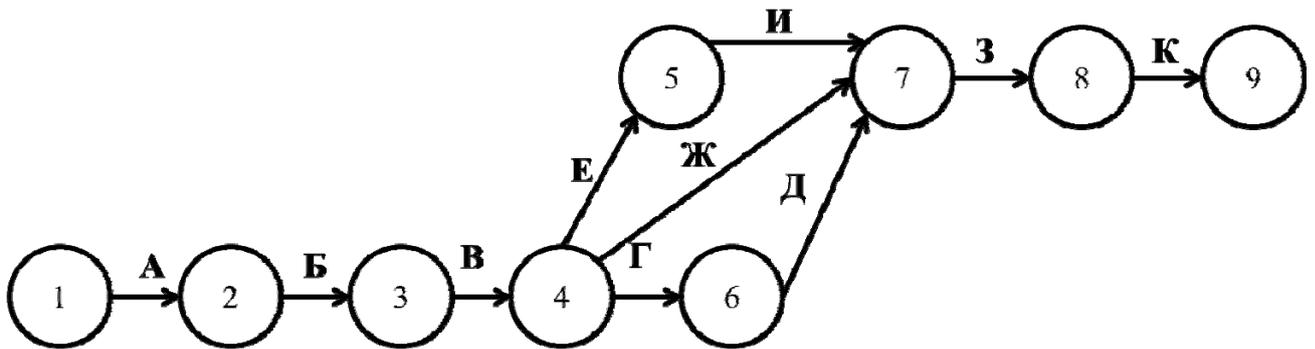


Рис. 8. Сетевой график типа «Работа на дугах» (AoA)

Из графика следует, что работы Е, Г и Ж можно начать выполнять независимо друг от друга только после свершения события 4, т.е. когда выполнены работы А, Б и В; работу З – после свершения события 7, когда выполнены работы А, Б, В Г, Д, Е, Ж, И.

4.1. Порядок и правила построения сетевых графиков

Основой для построения сетевого графика является перечень работ и событий (см. раздел 2). Состав пакетов работ сетевой модели совпадает с нижним уровнем структуры декомпозиции работ (WBS). Прежде всего, выявляются их логические связи и последовательность выполнения.

Далее на практике работы закрепляются за ответственными исполнителями, и с их помощью оценивается длительность каждой работы (в данном случае Вы выступаете как в роле руководителя, так и в роли исполнителя, согласно разделу 3).

После этого необходимо составить сетевой график. После упорядочения сетевого графика рассчитываются параметры событий и работ, определяются резервы времени и критический путь. Наконец, проводятся анализ и оптимизация сетевого графика.

При построении сетевого графика необходимо соблюдать ряд правил.

1. Последовательные работы А, В,С отображаются следующим образом:

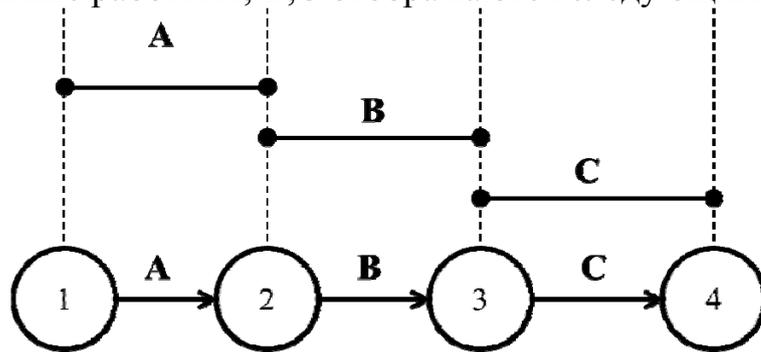


Рис. 9. Фрагмент сети с последовательными работами

2. Параллельные работы А, В,С отображаются следующим образом:

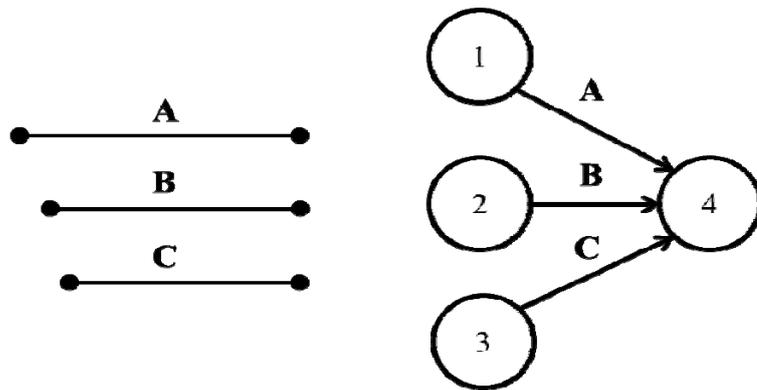


Рис. 10. Фрагмент сети с параллельными работами

3. Последовательно-параллельные работы А, В,С:

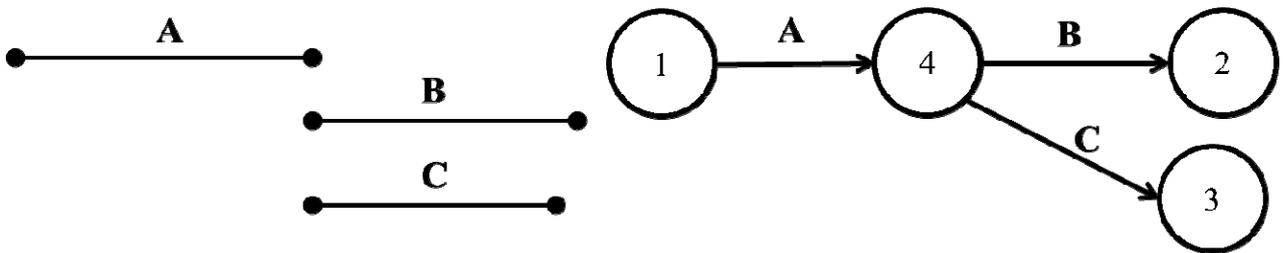


Рис. 11. Фрагмент сети с последовательно-параллельными работами

4. Параллельно-последовательные работы А, В,С:

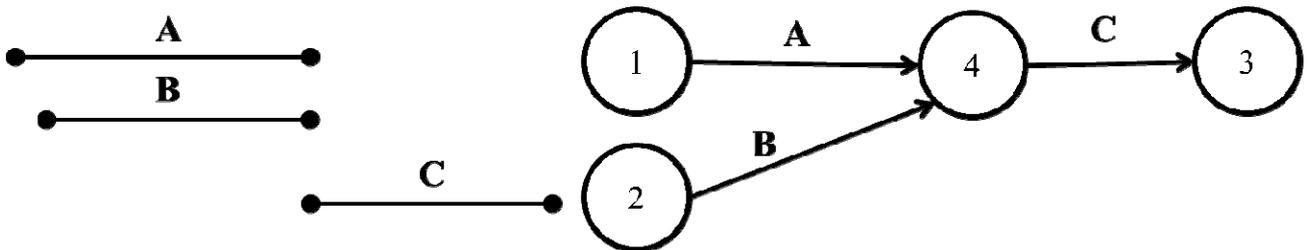


Рис. 12. Фрагмент сети с параллельно-последовательными работами

5. В сетевой модели не должно быть «тупиковых» событий, т.е. событий, из которых не выходит ни одна работа, за исключением завершающего события (рис. 13). Здесь либо работа (2-3) не нужна и её необходимо аннулировать, либо не замечена необходимость определенной работы, следующей за событием 3 для свершения какого-либо последующего события. В таких случаях необходимо тщательное изучение взаимосвязей событий и работ для исправления возникшего недоразумения. Как правило, для свершения события 3 необходимым условием является ранее наступившее событие.

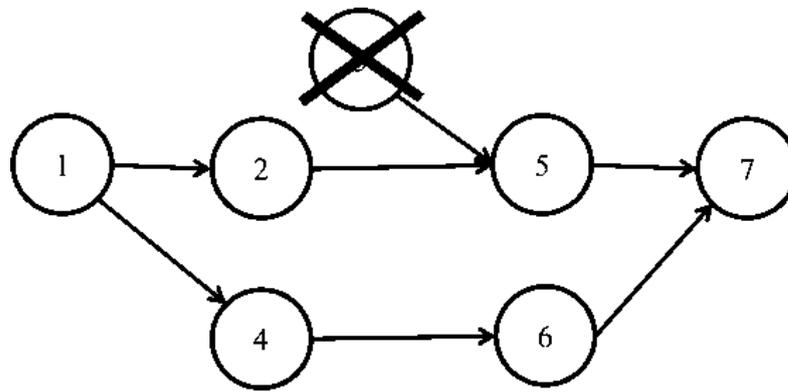


Рис. 13. Фрагмент сети с «тупиковым» событием

6. В сетевом графике не должно быть «хвостовых» событий (кроме исходного), которым не предшествует хотя бы одна работа (событие 3 на рис. 14). В данном случае работы, предшествующие событию 3, не предусмотрены. Поэтому событие 3 не может свершиться, следовательно, не может быть выполнена и следующая за ним работа (3-5). Обнаружив в сети такие события, необходимо определить исполнителей предшествующих им работ и включить эти работы в сеть. В данном случае для свершения событие 3 является необходимым условием для свершения какой-либо работы или работ.

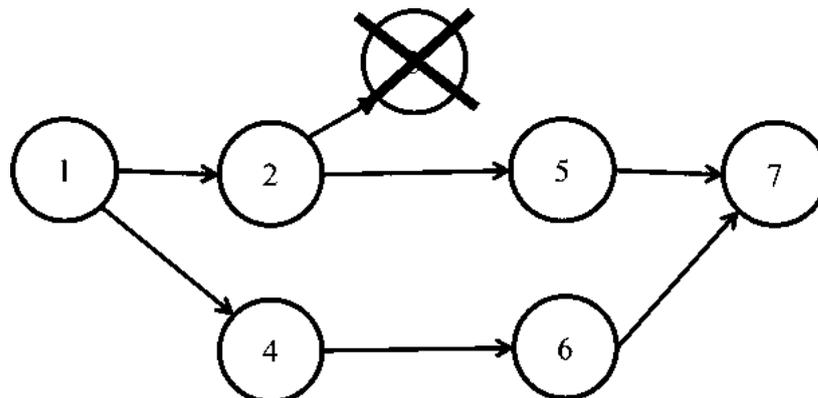


Рис. 14. Фрагмент сети с «хвостовым» событием

7. Любые два события должны быть непосредственно связаны не более чем одной работой. В данном случае для устранения нарушений, приведенных на рис. 13 и 14 можно ввести фиктивное событие (событие 2' на рис. 15) и фиктивную работу (работа 2'-2), при этом одна из параллельных работ (1-2') замыкается на это фиктивное событие. Фиктивные работы изображаются на графике пунктирными линиями (см. рис. 15). Они не имеют продолжительности и не требуют ресурсов: это работы-связи.

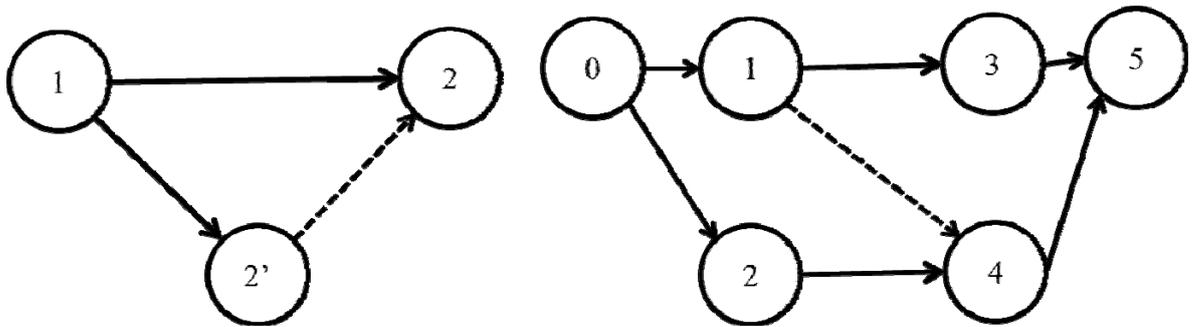


Рис. 15. Фрагменты сетей с фиктивными работами

8. В сети не должно быть замкнутых контуров и петель, т.е. путей, соединяющих некоторые события с ними же самими (рис. 16).

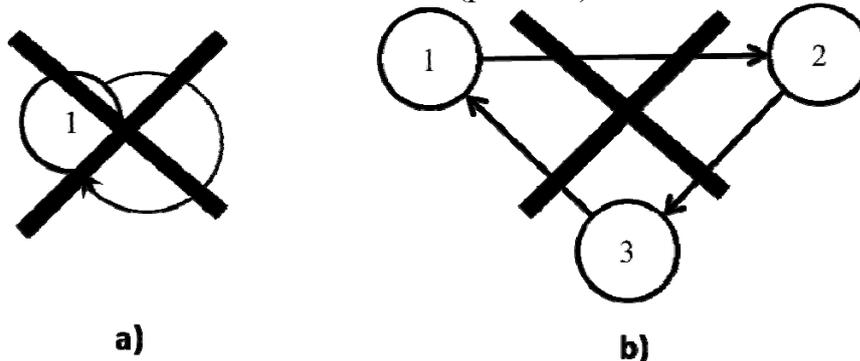


Рис. 16. Фрагменты сетевой модели с замкнутыми контурами

4.2. Упорядочение сетевого графика. Понятие пути

Предположим, что при составлении некоторого проекта выделено 9 событий: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и связывающие их работы: (0-1), (1-2), (1-3), (1-5), (2-4), (3-5), (3-8), (4-5), (4-6), (5-7), (6-8), (6-9), (7-6), (7-8), (8-9). Необходимо составить и упорядочить сетевой график.

Как следует из перечня работ, исходным событием сетевого графика является событие 0 (ему не предшествуют никакие работы), а завершающим - событие 9 (за ним не следует ни одна работа). Полагая на сетевых графиках изменение времени слева направо, поместим событие 0 в левую часть графика, а событие 9 - в правую часть, разместив между ними промежуточные события в некотором порядке, соответствующем их номерам (рис. 17). События свяжем работами-стрелками в соответствии с перечнем работ.

Построенный сетевой график удовлетворяет сформулированным выше правилам, предъявляемым к его построению. Однако этот график не полностью упорядочен. Упорядочение сетевого графика заключается в таком расположении событий и работ, при котором для любой работы предшествующее ей событие расположено левее и имеет меньший номер по сравнению с завершающим эту работу событием. Другими словами, в упорядоченном сетевом графике все работы-стрелки направлены слева направо: от событий с меньшими номерами к событиям с большими номерами.

Разобьем условно сетевой график на несколько вертикальных слоев (обводим их пунктирными линиями и обозначаем римскими цифрами).

Поместив в I слое начальное событие 0 (рис. 18), мысленно вычеркнем из графика (см. рис. 18) это событие и все выходящие из него работы-стрелки. Тогда без входящих стрелок останется событие 1, образующее II слой. Вычеркнув мысленно событие 1 и все выходящие из него работы, увидим, что без входящих стрелок остаются события 2 и 3, которые образуют III слой. Продолжая указанную процедуру вычеркивания, получим IV слой с событием 4, V слой – с событием 5, VI слой – с событиями 7, VII слой – с событием 6, VIII слой – с событиями 8 и, наконец, IX слой – с событием 9.

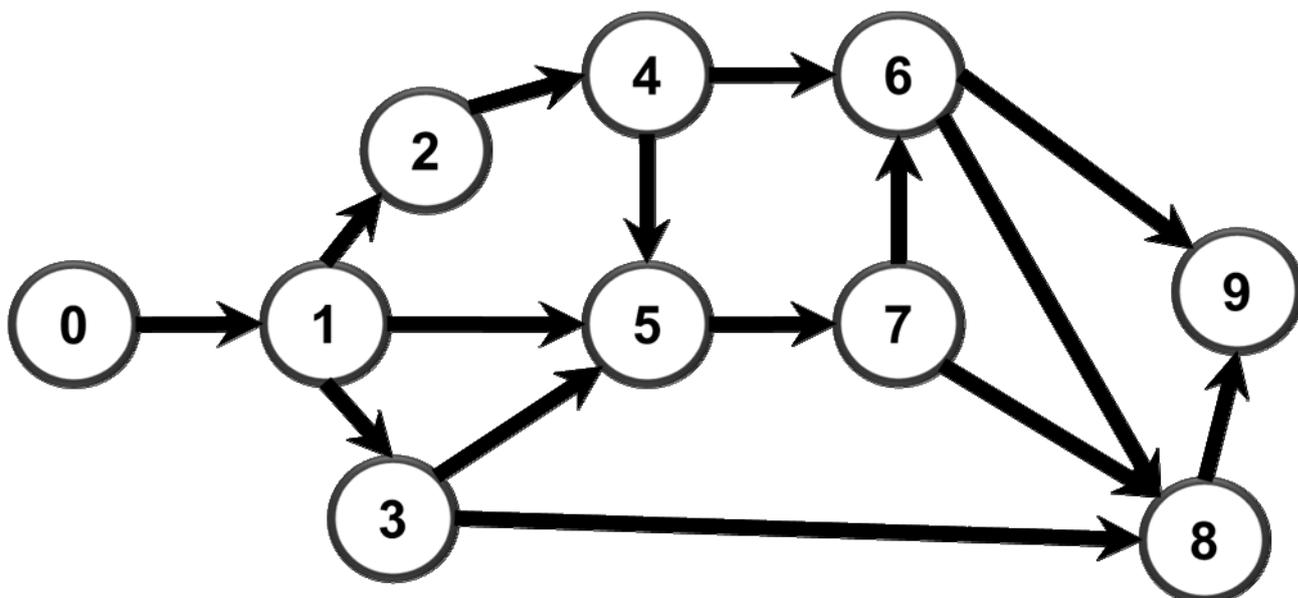


Рис. 17. Сетевой график: только логические связи

Теперь видим, что первоначальная нумерация событий не совсем правильная: так, событие 6 лежит в VII слое и имеет номер, меньший, чем событие 7 из предыдущего слоя.

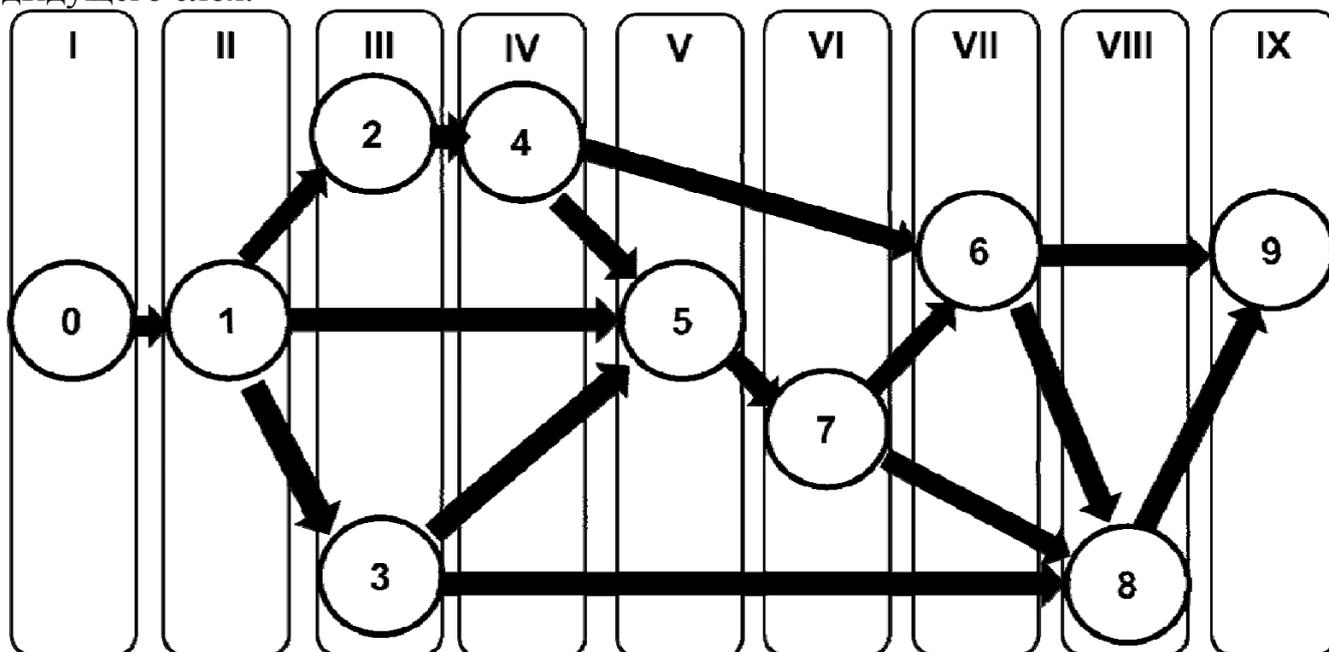


Рис. 18. Сетевой график по слоям

Изменим нумерацию событий в соответствии с их расположением на графике (см. рис. 18) и получим упорядоченный сетевой график (рис. 19), в котором над стрелками указана продолжительность соответствующих работ (в днях). (Порядок нумерации событий, расположенных в одном вертикальном слое, принципиально не имеет значения, так что нумерация одного и того же сетевого графика может быть неоднозначной.)

Продолжительности ожидаемого времени выполнения работ отражаются на сетевом графике над работами-стрелками (см. рис. 19). На их основе производится дальнейший расчет параметров сетевого графика. С примером сетевого графика реального проекта можно ознакомиться из табл. Б.1, Б.2. и рис. Б.2 приложения Б.

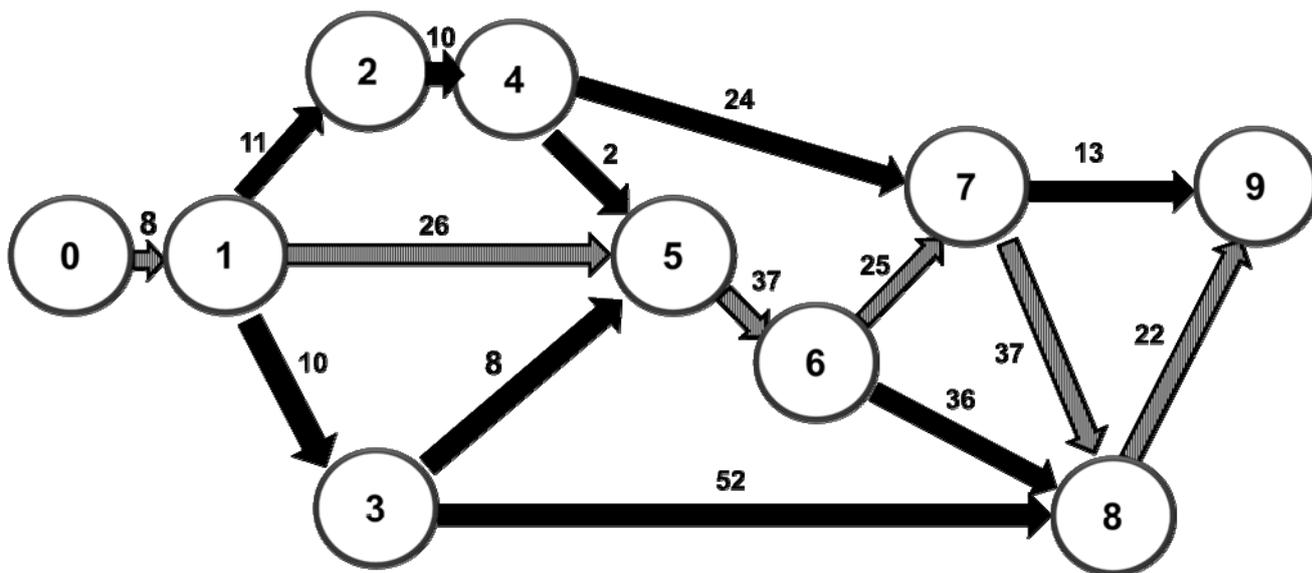


Рис. 19. Упорядоченный сетевой график

Одно из важнейших понятий сетевого графика – понятие пути. Путь – любая последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы. Среди различных путей сетевого графика наибольший интерес представляет полный путь L – любой путь, начало которого совпадает с исходным событием сети, а конец – с завершающим.

Наиболее продолжительный полный путь в сетевом графике называется критическим путем. Критическими называются также работы и события, расположенные на этом пути.

Например, для рассматриваемого сетевого графика (см. рис.19) полными путями будут:

- путь 0-1-2-4-7-9 продолжительностью $8+11+10+24+13=66$ дн.;
- путь 0-1-2-4-7-8-9 продолжительностью $8+11+10+24+37+22=112$ дн.;
- путь 0-1-2-4-5-6-7-9 продолжительностью $8+11+10+2+37+25+13=106$ дн.;
- путь 0-1-5-6-7-8-9 продолжительностью $8+26+37+25+37+22=155$ дн.;

и т.д.

Можно убедиться в том, что последний путь имеет наибольшую продолжительность (не только среди приведенных четырех полных путей, но и среди всех

полных путей), поэтому он и является критическим. Продолжительность критического пути составляет 155 дней, т.е. для проведения комплекса работ необходимо 155 дней. Быстрее комплекс выполнить нельзя, так как для достижения завершающего события критический путь нужно пройти обязательно.

Действительно, для достижения события 9 надо выполнить работу (8-9), т.е. достичь события 9; для достижения события 8 надо провести работу (6-8), т.е. достичь события 8; для достижения события 7 надо провести работу (6-7), т.е. достичь события 7, и т.д.

Определив критический путь, мы тем самым установили критические события сети 0, 1, 5, 6, 7, 8 и 9 критические работы (0-1), (1-5), (5-6), (6-7), (7-8), (8-9).

Критический путь имеет особое значение в системе СПУ, так как работы этого пути определяют общий цикл завершения всего комплекса работ, планируемых при помощи сетевого графика. И для сокращения продолжительности проекта необходимо в первую очередь сокращать продолжительность работ, лежащих на критическом пути.

4.3. Расчёт параметров событий сетевого графика

Ранний срок свершения исходного события СГ принимается равным нулю. Ранний срок свершения данного промежуточного события рассчитывается путём сравнения сумм, состоящих из раннего срока свершения события, непосредственно предшествующего данному, и продолжительности предшествующей работы. Так как данное событие не может свершиться, пока не закончится последняя из непосредственно предшествующих ему работ, очевидно, что в качестве раннего срока свершения события принимается максимальная из сравниваемых сумм.

Расчитанный таким способом ранний срок свершения завершающего события всего СГ принимается в качестве его же позднего срока свершения. Это означает, что завершающее событие СГ никаким резервом времени не располагает.

Поздний срок свершения данного промежуточного события определяется при просмотре СГ в обратном направлении. Для этого сопоставляются разности между поздним сроком свершения события, непосредственно следующего за данным, и продолжительности работы, соединяющей соответствующее событие с данным. Так как ни одна из непосредственно следующих за данным событием работ не может начаться, пока не свершится само данное событие, очевидно, его поздний срок свершения равен минимуму из подсчитанных разностей.

$$R = T_n - T_p \quad (2)$$

4.4. Расчет параметров работ сетевого графика

Ранний срок начала работы $T_{PH(i-j)}$ совпадает с ранним сроком свершения её начального события.

Поздний срок начала работы $T_{ПН(i-j)}$ можно получить, если из позднего срока свершения конечного события вычесть её ожидаемую продолжительность.

Ранний срок окончания работы $T_{PO(i-j)}$ образуется прибавлением её продолжительности к раннему сроку свершения её начального события.

Поздний срок окончания работы $T_{по(i-j)}$ совпадает с поздним сроком свершения её конечного события.

Для всех работ критического пути, как не имеющих резервов времени, ранний срок начала совпадает с поздним сроком начала, а ранний срок окончания – с поздним сроком окончания. Работы, не лежащие на критическом пути, обладают резервами времени. Различают следующие виды временных резервов.

Полный (общий) временной резерв $R_{\Pi(i-j)}$ – время, на которое можно отложить выполнение работы без сдвига даты окончания проекта.

$$R_{\Pi(i-j)} = T_{пi} - T_{рj} - t_{i-j} \quad (3)$$

Частный резерв времени первого рода – часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив при этом позднего срока ее конечного события, даже если её начальное событие свершается в свой поздний срок.

$$R_{\Pi(i-j)}^1 = T_{пi} - T_{пi} - t_{i-j} = R_{\Pi(i-j)} - R_i \quad (4)$$

Частный резерв времени второго рода (свободный резерв) – часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив при этом раннего срока ее конечного события, при условии, что её начальное событие также свершилось в свой ранний срок. Это время, на которое можно задержать работу без задержки последующих работ.

$$R_e = R_{\Pi(i-j)}^2 = T_{рj} - T_{рj} - t_{i-j} = R_{\Pi(i-j)} - R_j \quad (5)$$

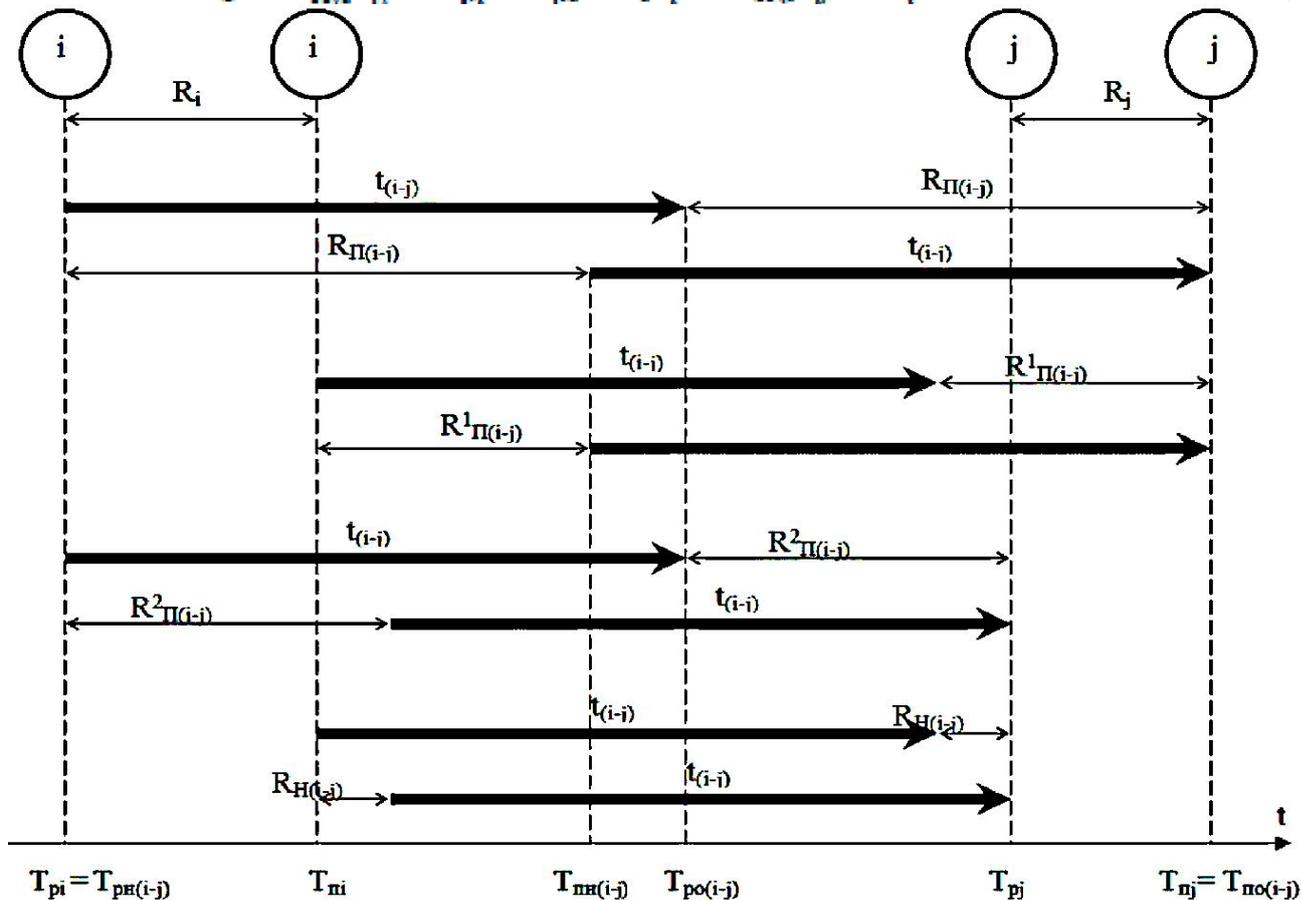


Рис. 20. Резервы событий и работ

Независимый резерв времени работы – часть полного резерва времени, получаемая для случая, когда все предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а все последующие работы начинаются в ранние. То есть использование независимого резерва времени не влияет на параметры (в том числе резервы времени) других работ.

$$R_{н(i-j)}^2 = T_{рj} - T_{нi} - t_{i-j} = R_{н(i-j)} - R_j - R_i. \quad (6)$$

Величина коэффициента напряжённости равна отношению суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путем $t_{\text{МАКС}}^{\text{НСОВП.}}(i-j)$ к сумме продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путем, проходящим через эту работу $t_{\text{КР.}}^{\text{НСОВП.}}(i-j)$.

$$K_{н(i-j)} = \frac{t_{\text{МАКС}}^{\text{НСОВП.}}(i-j)}{t_{\text{КР.}}^{\text{НСОВП.}}(i-j)}. \quad (7)$$

Для работ, лежащих на критическом пути, резервов времени нет и, следовательно, коэффициент напряженности $K_{н(i-j)}$ работ равен единице. Если работа не лежит на критическом пути, то она располагает резервами времени и её коэффициент напряженности меньше единицы.

4.5. Расчет параметров сетевого графика

Количество событий n_c в сетевом графике, включая исходное: 9.

Количество работ n_p в сетевом графике: 15.

Коэффициент сложности k_c СГ равен отношению количества работ к количеству событий в СГ: $k_c = 15/9 = 1,67$. Так как $k_c > 1,5$, то СГ является сложным.

Критический путь $L_{кр}$ в СГ проходит через события и работы, не обладающие резервами времени (0-1-5-6-7-8-9), и имеет, следовательно, максимальную продолжительность $t_{кр} = 8+26+37+25+37+22=155$ дн.

Пример расчета реального проекта представлен в табл. Б.3 и Б.4 приложения Б.

В рамках курсового проекта необходимо:

1. Составить сетевую модель на основе работ и событий.
2. Упорядочить сетевую модель и рассчитать параметры сетевой модели, заполнив табл. В.4 приложения В.

5. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Классический вид сетевого графика — это сеть, вычерченная без масштаба времени. Поэтому сетевой график, хотя и дает четкое представление о порядке следования работ, но недостаточно нагляден для определения тех работ, которые должны выполняться в каждый данный момент времени. В связи с этим проект

после упорядочения сетевого графика и расчёта его временных параметров необходимо дополнить диаграммой Ганта.

При построении линейной диаграммы каждая работа изображается параллельным оси времени отрезком, длина которого равна продолжительности этой работы. Отдельно следует выделить работы критического пути. Также отражаются связи между работами (как правило, начало–начало или конец–начало).

В качестве интервала планирования следует выбрать промежуток времени, дающий представление в зависимости от длительности проекта. Такими интервалами могут быть декада, месяц, квартал и т.д. В рамках курсового проекта введем правило, что таких интервалов не должно быть меньше 15.

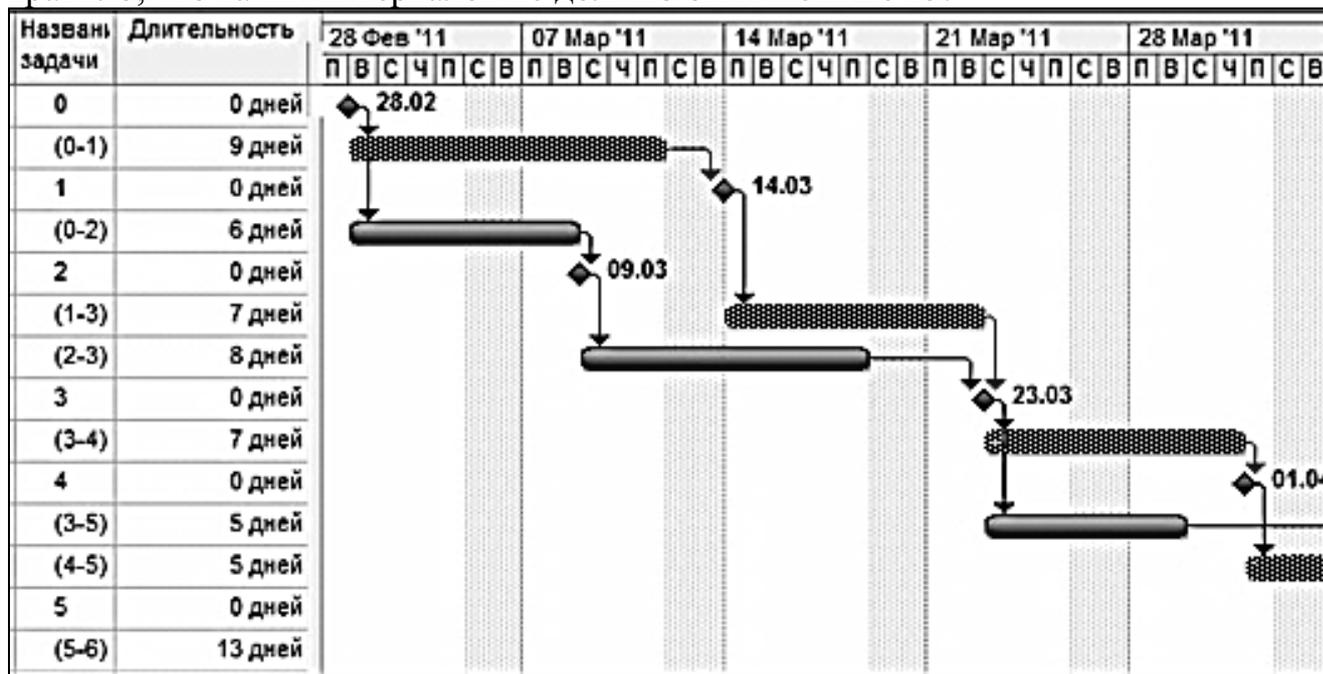


Рис. 21. Пример диаграммы Ганта реального проекта (фрагмент)

Диаграмма строится исходя из допущения, что каждая работа начинается в свой ранний срок. Поэтому длина связи конец-начало для некритических работ равна величине частного резерва второго рода (свободного резерва), см. рис. 21.

В рамках курсового проекта необходимо:

1. Выбрать подходящий интервал планирования (неделя, декада, месяц).
2. Составить и отобразить графически календарный план проекта.

6. ПЛАНИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ И ЗАТРАТ

Выполнение каждой операции требует определенных ресурсов, объём и стоимость которых определяют затраты на операцию и в совокупности – бюджет проекта.

6.1. План по персоналу

Прежде всего, следует запланировать потребность в персонале на каждый пакет работ. При этом учитываются только оплачиваемые члены проектной команды (команда управления и исполнители); все сторонние исполнители не прини-

маются в расчёт. Для этого все сотрудники группируются по однородным категориям (рекомендуемое значение от 3-5 таких категорий) и нормируется величина их заработной платы в единицу времени, равную размерности длительности работ (как правило, день, неделя, месяц). Коэффициент приведения k_p для каждой категории персонала рассчитывается как отношение соответствующей ставки заработной платы w_p к максимальной ставке w_{max} (из всех категорий).

Таблица 2

Пример проектной команды

Категория	Численность, чел.	Ставка з/п, руб/т	Коэффициент приведения
руководитель	1	2000	1,000
специалист	2	1250	0,625
рабочий	4	750	0,375

$$k_p = \frac{w_p}{w_{max}}. \quad (8)$$

Далее, исходя из содержания и трудоемкости каждой операции, планируется соответствующее количество персонала каждой категории N_p^{i-1} и оценивается приведённая численность N^{i-1} (условная величина, выраженная в числе наиболее квалифицированных работников).

$$N^{i-1} = \sum N_p^{i-1} \cdot k_p. \quad (9)$$

Стоимость трудовых ресурсов для выполнения пакета работ C^{i-1} рассчитывается как произведение приведённой трудоёмкости работы на максимальную ставку заработной платы.

$$C^{i-1} = N^{i-1} \cdot t_{i-1} \cdot w_{max}. \quad (10)$$

С примером плана по персоналу реального проекта можно ознакомиться из табл. Б.5. приложения Б

В результате можно оценить изменение потребности в персонале в течение срока проекта. Графически профиль потребности в персонале выглядит так (рис. 22).

Ресурсный профиль по персоналу строится в соответствии с принятым в проекте интервалом планирования (месяц, квартал, полугодие и т.д.). Ресурсный профиль строится для каждой категории персонала в отдельности. В случае, если пакет работ начинается в одном интервале планирования, а заканчивается в другом, соответствующую приведенную численность следует отнести как к начальному, так и к конечному интервалу.

Если на одном интервале планирования изменяется фронт работ и соответственно занятая численность также различна, то потребность в персонале принимается максимальная.

Для определения потребности в персонале на определенном интервале планирования подсчитывается совокупная приведенная численность по выполняемым на интервале операциям.

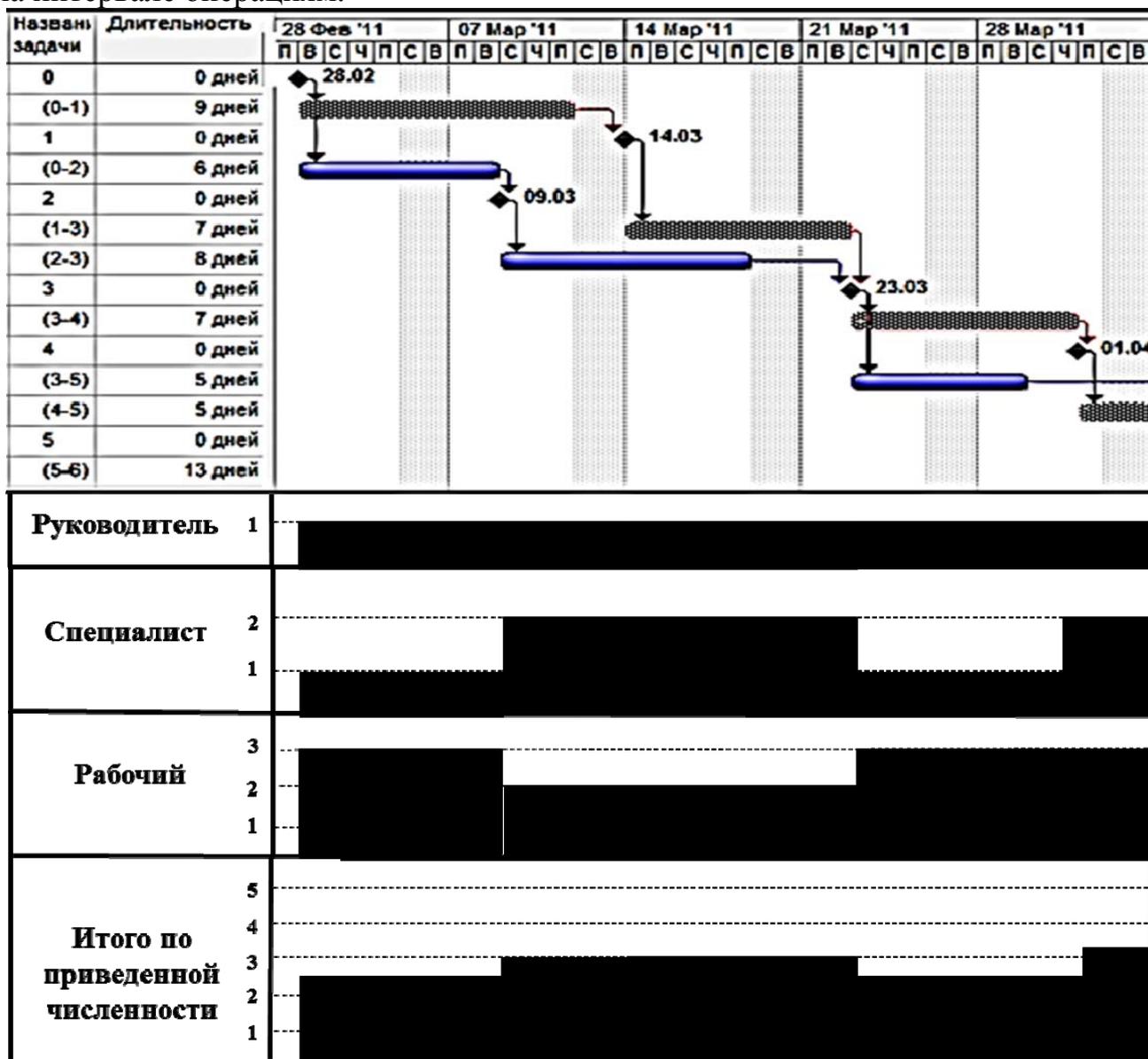


Рис. 22. Профиль занятости персонала реального проекта (фрагмент)

В рамках курсового проекта необходимо:

1. Внести данные о собственном персонале, задействованном в выполнении проекта по 3–5 категориям (табл. В.5 приложения В).
2. Рассчитать приведенную численность и стоимость труда (заполнить табл. В.6 приложения В)
3. Построить профиль потребности в персонале каждой категории и в целом в соответствие с принятым интервалом планирования.

6.2. Прочие затраты

После планирования потребности в трудовых ресурсах и их стоимости следует оценить другие затраты, необходимые для выполнения каждой операции. При этом предлагается использовать принцип *direct costing*: в стоимости операции учитываются только прямые затраты, то есть затраты непосредственно связанные с осуществлением данного пакета работ. Структура затрат может быть индивидуальной, в зависимости от характера проекта и содержания пакетов работ. Типовые статьи затрат следующие.

1. Заработная плата (затраты на персонал).

2. Приобретаемое оборудование. Оценивается только приобретаемые в ходе выполнения соответствующей операции средства производства. Стоимость эксплуатации собственного оборудования организации, необходимого на соответствующем пакете работ, не учитывается; эти затраты будем относить к текущей операционной деятельности.

3. Услуги сторонних организаций. Здесь может быть учтена стоимость любых услуг, оказанных третьими лицами для выполнения соответствующего пакета работ. Это могут быть и юридические консультации, и подрядные строительные работы.

4. Материалы. Оценивается величина материальных затрат, необходимых для выполнения соответствующего пакета работ, и оплачиваемых непосредственно заказчиком. Стоимость прочих материалов следует отнести к услугам сторонних организаций.

5. Прочие. Данная статья является «управленческим резервом». Разные операции обладают различной степенью неопределенности по стоимости, поэтому и резервы могут быть различными. Доля прочих затрат от прямых обычно колеблется в интервале от 0 до 15 процентов.

В рамках курсового проекта необходимо:

1. Определить прямые затраты непосредственно связанные с проектом для каждой работы по следующим статьям: расходы на персонал, приобретаемое оборудование, услуги сторонних организаций, материалы и заполнить табл. В.7 приложения В.
2. Рассчитать величину прочих затрат как долю (от 0% до 15%) от рассчитанной стоимости по первым четырем статьям расходов и внести данные в В.7 приложения В.

6.3. Базовый план стоимости проекта

После планирования затрат по операциям необходимо построить профиль общих затрат на каждом этапе планирования. Следует выбирать стандартную длину интервала: неделя, декада, месяц, квартал и т.д. Длительность интервала должна быть относительно мала по сравнению с длительностью проекта.

В случае, если пакет работ начинается в одном интервале планирования, а заканчивается в другом, то исходя из допущения что величина затрат равномерна внутри работы, необходимо общую величину затрат распределить между началь-

ным и конечным интервалом пропорционально длительности соответствующих частей пакета.

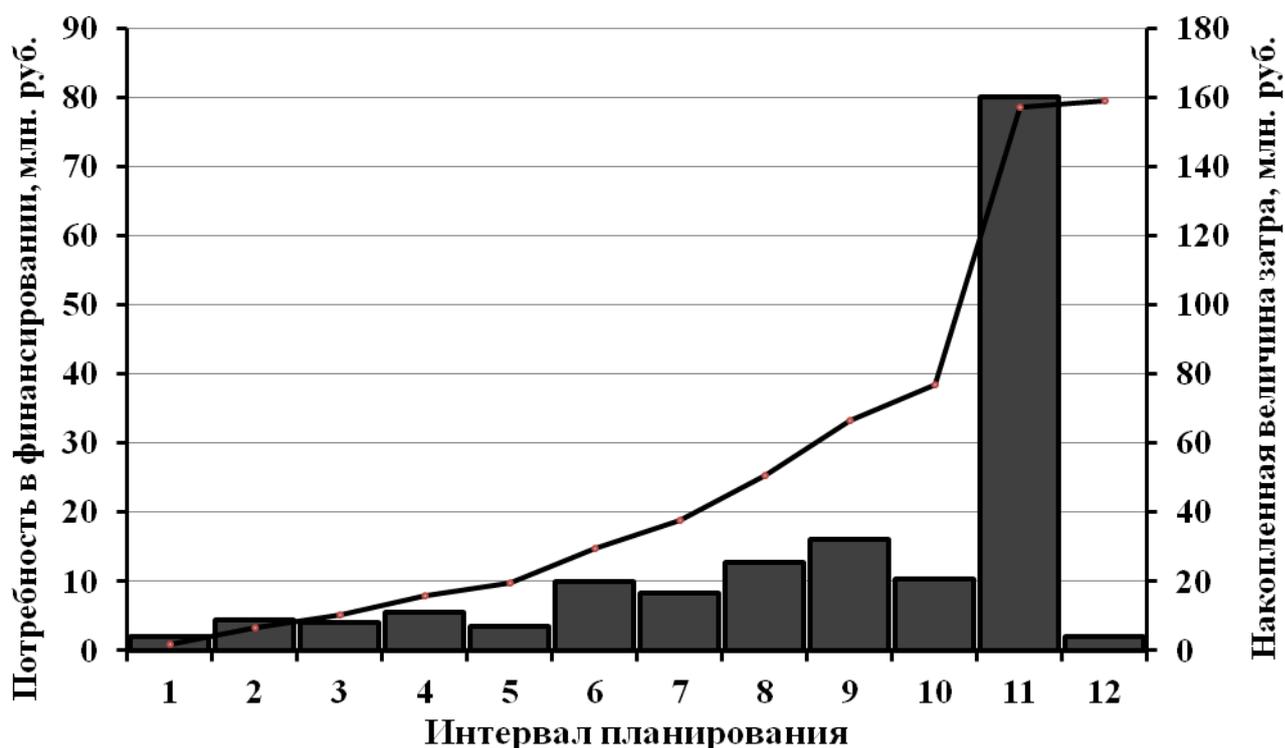


Рис. 23. Пример базового плана стоимости проекта

В рамках курсового проекта необходимо:

1. Рассчитать потребность в финансировании для каждого этапа проекта в соответствии с принятым интервалом планирования, заполнив табл. В.8. приложения В.
2. Графически отобразить потребность в финансировании и общие (накопленные) затраты (базовый план стоимости).

7. ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ

Задача оптимизации может быть поставлена следующим образом.

- Сокращение срока до директивного с ограничением на рост затрат (например: сократить длительность проекта на 20% при дополнительном бюджете не более 5%).
- Сокращение общей потребности в финансировании при ограничении на длительность (например: сократить стоимость проекта на 20% при директивном сроке не более 105% от номинального).
- Сокращение пиковой потребности в ресурсах (например: сократить потребность в ресурсах в i-ом периоде при сохранении общего бюджета и директивного срока). Такая задача актуальна, когда профиль занятости (рис. 25) на определенных интервалах планирования превышает численность проектной команды.

В рамках курсового проекта необходимо.

- 1) Выбрать одну из задач оптимизации, наиболее актуальную для разрабатываемого проекта.

- 2) Поставить количественную цель проводимой оптимизации.
- 3) Использовать для достижения поставленной цели подходящие методы, представленные ниже.
 - а) В случае, когда целью оптимизации является сокращение срока реализации проекта до директивного, то первоначально по возможности следует перераспределить ресурсы (7.1), так как это не приводит к повышению стоимости проекта, а затем прибегнуть к привлечению дополнительных ресурсов (7.2).
 - б) В случае, когда целью оптимизации является снижение потребности в финансировании, то следует прибегнуть к методу высвобождения ресурсов (7.2).

7.1. Перераспределение ресурсов

Один из методов оптимизации состоит в том, чтобы рабочие силы и средства перебросить с одних работ на другие, для сокращения времени выполнения всего комплекса работ и выравнивания напряженности их выполнения.

Переброска ресурсов возможна только между работами, у которых, с одной стороны, структура персонала в значительной степени схожа, а с другой, время их выполнения полностью или в большей своей части перекрывается. Время выполнения работ известно из диаграммы Ганта. Снимая часть персонала и других ресурсов с работ резервных и промежуточных зон, и направляя их на работы критического пути, мы удлиняем продолжительность первых работ и сокращаем продолжительность вторых.

Направление перераспределения трудовых ресурсов определяется по коэффициенту напряженности работ: с резервных на критические. Прежде всего, необходимо определить, величину, на которую можно увеличить продолжительность работы из критической зоны. Следует иметь в виду, что если использовать весь полный резерв работы, будут также использованы также резервы всех работ, лежащих с ней на одном полном пути. Если использовать только резерв 2-го рода (свободный резерв), то все последующие работы сохранят свои свободные резервы.

При перераспределении ресурсов резерв параллельных критических работ сокращается. В крайнем случае могут возникнуть два параллельных участка критического пути и перераспределение ресурсов не целесообразно.

В частности, если резерв принадлежит только одной работе (рис. 24) максимальное сокращение приведенной численности на ней определяется условием:

$$\Delta N = \frac{N_k N_p (t_k - t_p)}{M + M'}, \quad (11)$$

где N_k и N_p – численность персонала на критической и резервной работе, t_k и t_p – длительность критической и резервной работы.

Новая продолжительность работы t_{i-1}^* , обладающей резервом времени, складывается из ожидаемой продолжительности работы t_{i-1} и времени, на которое увеличиваем работу Δt_{i-1} :

Задачи	Длительность	06.фев.12							13.фев.12						
		Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
1-2	10 дней	■							■						
1-3	4 дня	■													
1-4	6 дней								■						

а) до оптимизации

Задачи	Длительность	06.фев.12							13.фев.12						
		Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
1-2	10 дней	■							■						
1-3	4 дня	■													
1-4	6 дней								■						

б) после оптимизации

Рис. 24. Пример перераспределения ресурсов с образованием второго критического пути

$$t_{i-1}^* = t_{i-1} + \Delta t_{i-1}. \quad (12)$$

Поскольку трудоёмкость работы при снятии с неё работников не изменяется, приведенная численность сократится пропорционально увеличению длительности:

$$N_{i-1}^* = N_{i-1} \cdot \frac{t_{i-1}}{t_{i-1}^*}. \quad (13)$$

Высвободившийся персонал направляется на работу критического пути:

$$\Delta N = N_{i-1} - N_{i-1}^*. \quad (14)$$

Её длительность сократится пропорционально увеличению численности занятых:

$$t_{i-1}^* = t_{i-1} \cdot \frac{N_{i-1}}{N_{i-1}^*}. \quad (15)$$

Рассмотрим пример перераспределения ресурсов. Допустим, что работа (3-6) продолжительностью $t_{3-6} = 6$ дн. имеет свободный резерв времени $R_c = 4$ дн., коэффициент напряжённости равен $k_{к(3-6)} = 0,38$ (работа попадает в резервную зону). Переместим часть персонала на выполняемую параллельно с ней выполняющую критическую работу (3-5).

Увеличим продолжительность работы на $\Delta t_{3-6} = 4$ дн. Тогда новая продолжительность работы: $t_{3-6}^* = 6 + 4 = 10$ дн.

Новая приведенная численность: $N_{1-1}^* = 7 \cdot 6 / 10 = 4,2$ чел.

Таблица 3

Перераспределение ресурсов (пример)

Работа, имеющая резерв времени							
Пакет работ	t_{i-j} , дн.	N_{i-j} , чел.	R_c , дн.	$\Delta R_{c(i-j)}$, дн.	t_{i-j}^* , дн.	N_{i-j}^* , чел.	ΔN , чел.
3-6	6	7	4	4	10	4,2	2,8
Параллельная работа критического пути							
Пакет работ	t_{i-j} , дн.	N_{i-j} , чел.	N_{i-j}^* , чел.	t_{i-j}^* , дн.	Δt_{i-j} , дн.		
3-5	7	3,5	6,3	3,9	3,1		

Высвобожденная приведенная численность: $\Delta N = 7 - 4,2 = 2,8$ чел.

Новая приведенная численность: N_{1-1}^* работы критического пути (3-5)

$N_{3-6}^* = 3,5 + 2,8 = 6,3$ чел.

Новая продолжительность критической работы $t_{3-5}^* = 7 \cdot 3,5 / 6,3 = 3,9$ дн.

Таким образом, время выполнения работы критического пути сократится на время $\Delta t_{3-5} = 7 - 3,9 = 3,1$ дн.

При использовании данного метода для оптимизации необходимо.

1. Найти работы, для выполнения которых задействован собственный персонал, и время их выполнения значительно пресекается (если такие работы отсутствуют, то этот метод оптимизации не возможен для данного проекта).
2. Определить величину увеличения длительности работы на не критическом пути (использовать резерв свободный резерв),
3. Учесть возможность сокращения продолжительности работ критического пути за счет привлечения трудовых ресурсов.
4. Увеличить продолжительность работы лежащей на не критическом пути и уменьшить длительность параллельной работы критического пути. Для каждой пары работ заполнить таблицу 5.

7.2. Привлечение/высвобождение ресурсов

В зависимости от цели оптимизации отличается характер производимых изменений. Если целью оптимизации является сокращение времени выполнения проекта, то на работы критического пути привлекаются дополнительные ресурсы, а если в качестве целей заявлено снижение стоимости, то наоборот ресурсы высвобождаются с работ критического пути.

Сокращение продолжительности работы требует привлечения на неё дополнительных ресурсов. В общем случае зависимость между продолжительностью ра-

боты t_{i-1} и стоимостью C_{i-1} её выполнения нелинейная (кривая 1 на рис.25), которую для упрощения расчетов аппроксимируют прямой линией (прямая 2 на рис. 25).

На графике «время-стоимость» нормальной продолжительности работы $t_{n(i-1)}$ соответствует рассчитанная ранее стоимость $C_{n(i-1)}$, а экстренной (минимально-возможной) продолжительности работы $t_{z(i-1)}$ – максимальная стоимость $C_{z(i-1)}$.

Если теперь необходимо подсчитать прирост затрат для заданного сокращения продолжительности, достаточно величину последнего умножить на коэффициент роста стоимости.

Решая задачу минимизации срока проекта, дополнительные ресурсы следует привлекать, прежде всего, на работы критического пути, поскольку именно они определяют общий срок проекта. Каждой из них методом экспертных оценок присваиваются коэффициенты $\beta < 1$, определяющий максимально возможное сокращение продолжительности и $\gamma > 1$, характеризующий соответствующий прирост затрат. Тогда

$$t_{z(i-1)} = \beta \cdot t_{n(i-1)} \quad (16)$$

$$C_{z(i-1)} = \gamma \cdot C_{n(i-1)} \quad (17)$$

Рекомендуемые диапазоны значений β [0,35...0,55], γ [1,75...2,50], однако, они могут варьироваться и в более широких диапазонах. При определении коэффициентов β и γ для каждой работы следует учитывать её характер и соответствующую структуру затрат. Как правило, наибольшими возможностями для сокращения (и, соответственно, меньшими β) характеризуются относительно трудоёмкие работы (с большой долей заработной платы в структуре затрат). В случае работ, связанных с приобретением оборудования и материалов, возможности экономии времени не так велики (как правило, $\beta > 0,7$). Более того, поскольку речь здесь может идти о предоставлении скидок при более ранних сроках поставки и оплаты, для таких работ возможны значения $\gamma < 1$.

Дополнительные затраты, необходимые для сокращения длительности работы на один день характеризуются коэффициентом роста стоимости S_{i-1} . Для аппроксимированного графика его величина определяется тангенсом угла наклона линейной функции стоимости (рис. 25)

$$S_{i-1} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{C_{z(i-1)} - C_{n(i-1)}}{t_{n(i-1)} - t_{z(i-1)}} \quad (18)$$

После определения параметров «время-стоимость» для работ критического пути (табл. В.9. приложения В) ход оптимизации следующий. Выбирается работа критического пути, у которой коэффициент роста стоимости минимален и производится сокращение её продолжительности до большей из следующих величин.

- *Минимально-возможного значения*, которое определяется.
- *Промежуточного значения*, при котором в сетевом графике параллельно данной работе появится ещё одна ветвь критического пути (на величину свобод-

ного резерва R_{II}). В этом случае дальнейшее сокращение длительности критического пути на данном участке возможно только при одновременном сокращении двух параллельных критических работ. Дальнейшая оптимизация на этом участке с целесообразна только в том случае, если суммарный коэффициент роста затрат двух параллельных критических работ с минимальными S_{i-j} (на данном участке) меньше, чем коэффициент роста затрат всех остальных (на других участках).

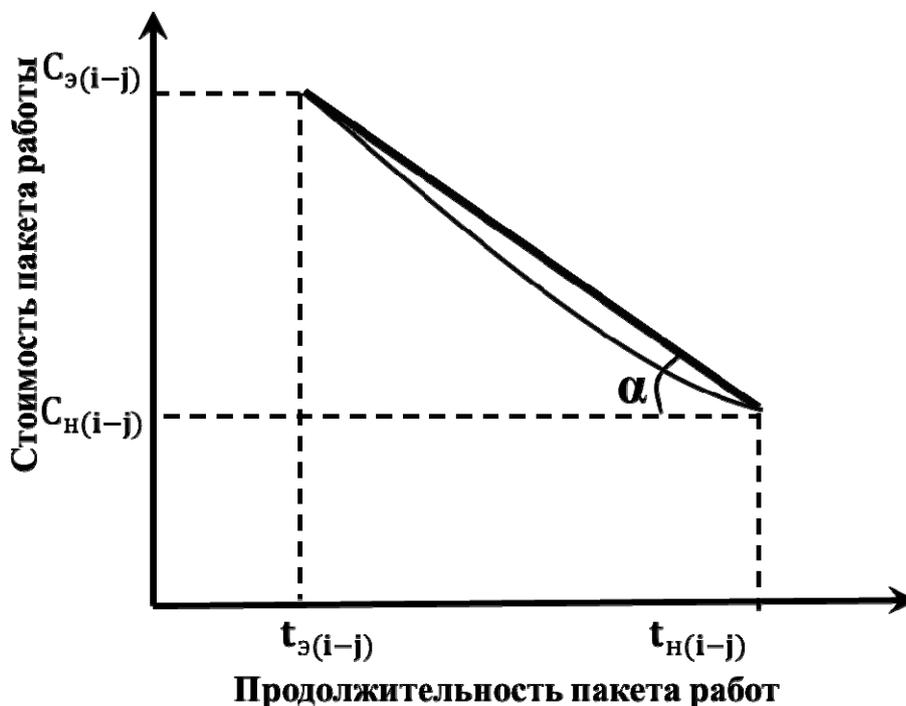


Рис. 25. График «Время–Стоимость», общий случай

В рамках курсового проекта необходимо:

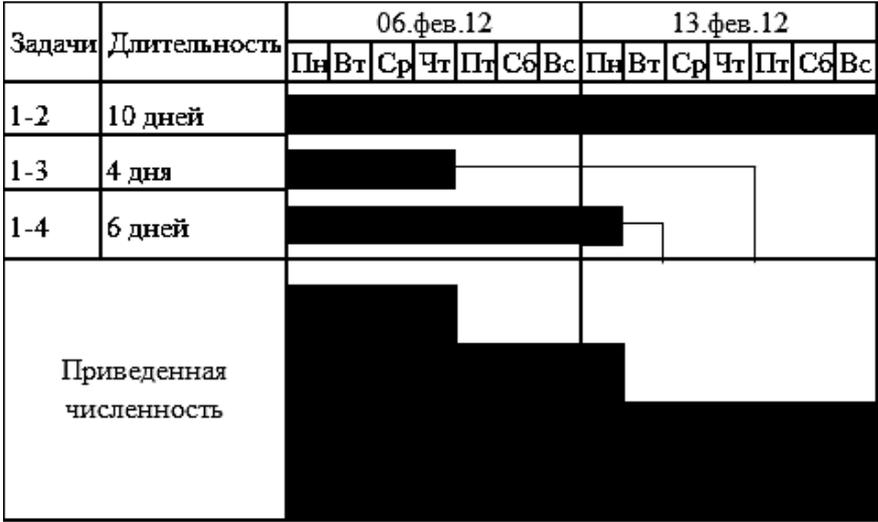
1. экспертно определить коэффициент «сжимаемости» β и соответствующий ему коэффициент γ и занести данные в таблицу В.9;
2. выбрать для оптимизации работу с минимальным коэффициентом роста стоимости из табл. 6 (если целью оптимизации является сокращение общей потребности в финансировании, то следует выбрать работу с максимальным коэффициентом роста/снижения стоимости);
3. выбрать предел минимально возможное значение для достижение целей оптимизации;
4. рассчитать по формуле (13), дополнительные затраты и новую величину затрат для работы и занести полученные данные в табл.В.10 Приложения В;
5. если цель оптимизации не была достигнута необходимо: занести в таблицу данные о вновь появившихся работах критического пути (если такие имеются) и повторить шаги с 5 по 8.

7.3. Выравнивание занятости

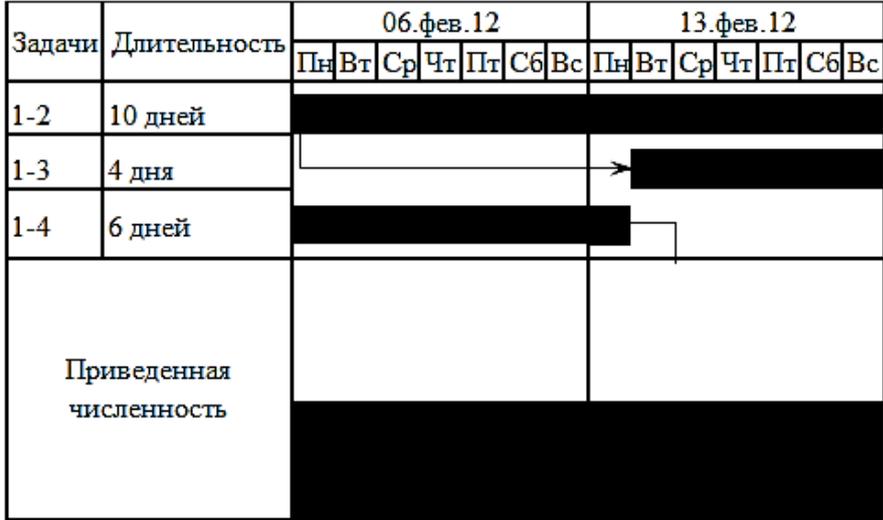
Занятость работников каждой категории оказывается неравномерной в ходе выполнения комплекса работ. Это приводит к завышению потребности в них с

одновременным снижением среднего уровня занятости. Таким образом, ставится задача оптимизации: какие работы и насколько сдвинуть, в пределах имеющихся у них резервов времени, чтобы, не изменяя общей продолжительности комплекса работ, обеспечить наиболее равномерную занятость работников.

Для этого оптимизированного графика постройте диаграмму Ганта оптимизированного графика. Под диаграммой Ганта постройте графики загрузки ресурсов. Перемещая те или иные резервные работы вправо по оси времени на некоторую часть или полную величину их резерва времени, следует добиться максимального сглаживания пиков численности работающих каждой категории на графиках загрузки ресурсов и, тем самым, получить более равномерную занятость работников.



а) до оптимизации



б) после оптимизации

Рис. 26. Выравнивание занятости (пример)

Более обобщенным аналогом задачи выравнивания занятости персонала является задача сглаживания пиков финансирования. Следует также попытаться сделать базовый профиль стоимости проекта более равномерным, манипулируя сроками начала работ в пределах имеющихся резервов. Однако, как правило, этого

оказывается недостаточно, и решение такой задачи требует перестройки самой сетевой модели.

8. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЕКТА

Практически во всех системах СПУ априори принимается, что распределение продолжительности работ обладает следующими свойствами: непрерывностью, унимодальностью, т.е. наличием единственного максимума у кривой распределения, двумя точками пересечения кривой распределения с осью Ox , имеющими неотрицательные абсциссы, положительной асимметрией, т.е. максимум кривой смещен влево относительно медианы.

Простейшим распределением с подобными свойствами является известное в математической статистике β -распределение (см. рис. 27).

Математическое ожидание продолжительности работы при таком распределении может быть рассчитано по двухочечной методике. При достаточно большом количестве работ, принадлежащих пути L , ожидаемое значение его длительности $t(L)$, равно сумме математических ожиданий продолжительности составляющих его работ $t(i-j)$, а дисперсия $\sigma(L)$, равна сумме соответствующих дисперсий σ_{i-j}^2 .

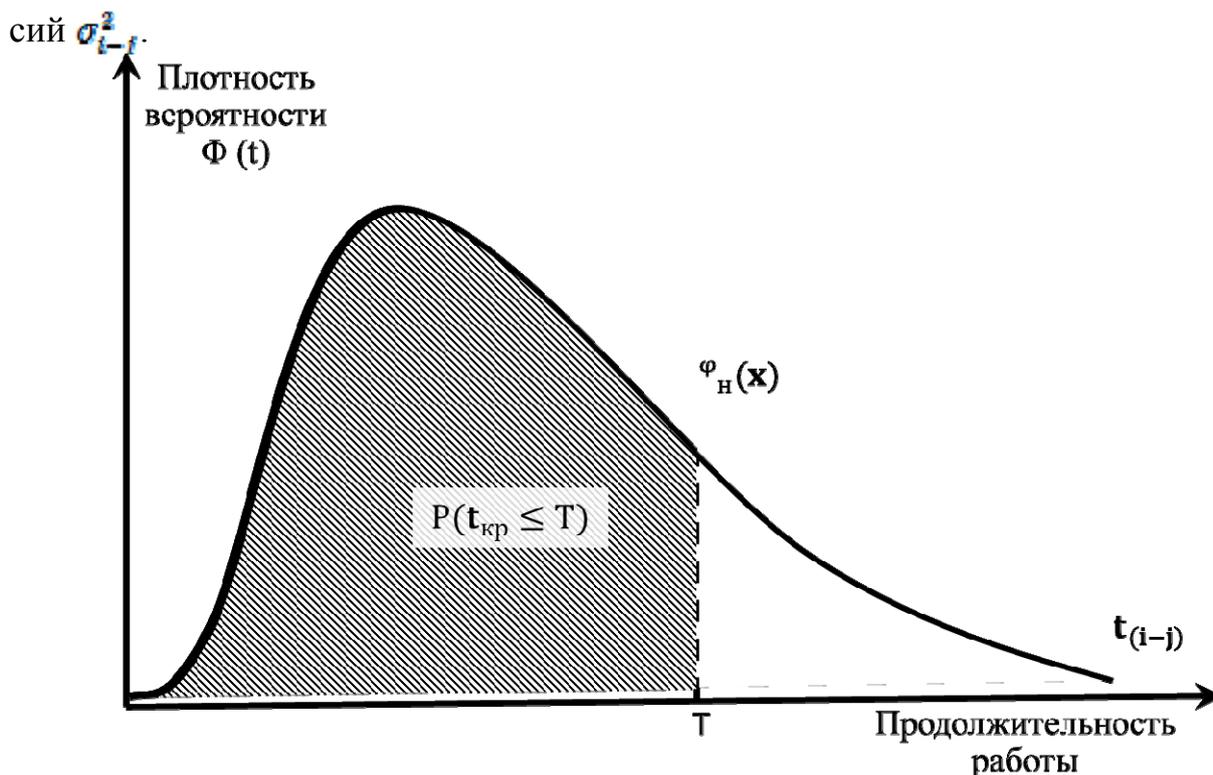


Рис. 27. Оценка вероятности завершения проекта в срок

В каждом конкретном проекте возможны отклонения ожидаемой продолжительности пакета работ от длины критического пути, причем, чем больше суммарная дисперсия продолжительности работ критического пути, тем более значительны по абсолютной величине отклонения. Поэтому важным моментом анализа становится оценка вероятности того, что срок выполнения проекта $L_{кр}$ не превысит заданного директивного срока T . Полагая $L_{кр}$ случайной величиной, имеющей нормальный закон распределения, получим (Рис.27):

$$P(L_{кр.} \leq T) = \begin{cases} 0,5 + 0,5\Phi\left(\frac{T-L_{кр.}}{\sigma_{кр.}}\right), & T > L_{кр.} \\ 0,5 - 0,5\Phi\left(\frac{L_{кр.}-T}{\sigma_{кр.}}\right), & T < L_{кр.} \end{cases}, \quad (19)$$

где Φ – значение интеграла вероятностей Лапласа (приложение Г).

Назначая директивный срок в диапазоне $[0,8... 1,2]$ от длительности проекта до оптимизации с шагом 0,05, оцените вероятности завершения проекта в соответствующий срок до и после оптимизации.

Вероятность завершения проекта в срок, равный длительности критического, пути равна 0,5. Если вероятность свершения завершающего события в директивный срок меньше 0,35, считается, что опасность нарушения директивного срока настолько велика, что необходимо повторное планирование с перераспределением или привлечением дополнительных средств на работы критического пути. В этом случае в качестве цели оптимизации следует выбрать сокращение длительности проекта (раздел 7).

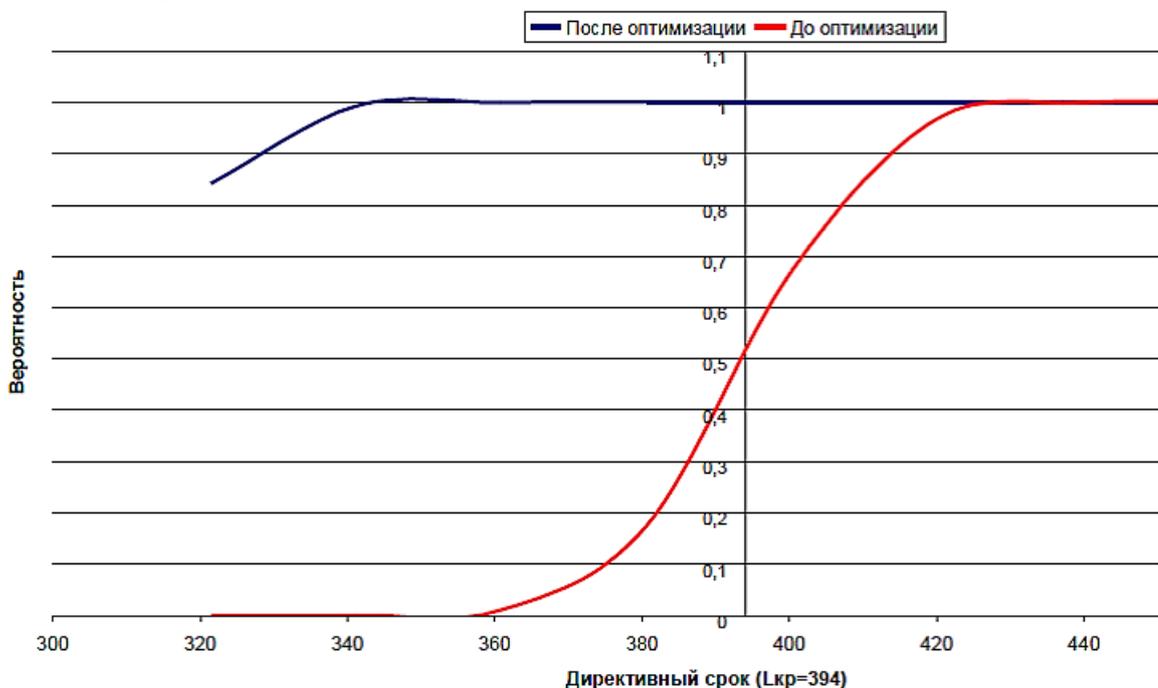


Рис. 28. Распределение вероятностей завершения проекта в директивный срок

В приведенном примере средняя ожидаемая длительность проекта составляла 394 дня и в ходе оптимизации была сокращена на 22% до 307 дней. В итоге вероятность завершения проекта в срок, например, 320 дней увеличилась с нулевой до 85%.

Пример расчетов для реального проекта приведены в табл. Б.7, Б.8, Б.9, Б.10 и рис. Б.3.

В рамках курсового проекта необходимо:

1. Рассчитать дисперсию и среднее квадратическое отклонение до и после оптимизации заполнив табл. В.12 и В.13;
2. Рассчитать вероятности реализации проекта в директивный срок до/после оптимизации табл. В.14.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

№	Этап работы	Неделя выполнения проекта										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Декларация проекта	■										
2	Декомпозиция работ	■	■									
3	Определение продолжительностей работ		■									
4	Упорядочение работ			■	■							
5	Расчет параметров сетевого графика				■	■						
6	Планирование ресурсов					■	■					
7	Выравнивание численности						■	■				
8	Оптимизация при ограничении финансирования							■	■			
9	Пояснительная записка			■	■	■	■	■	■			
10	Презентация, защита								■	■	■	■

50%

100%

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ПРИМЕР УСТАВА ПРОЕКТА

1.1. Общая информация о проекте

Заказчиком проекта торгового комплекса выступила московская Группа Компаний "Регионы", главной задачей которой является создание по стране сети беспрецедентных торгово-развлекательных центров, каждый из которых должен стать лучшим местом шопинга, отдыха и развлечения для жителей крупных городов. По заказу ГК «Регионы» уже построены торговые комплексы в Санкт-Петербурге, Москве, Уфе, Саратове, Омске, Череповце, Красноярске и планирует строительство в г.Челябинске – столице Южного Урала.

Инициатором проекта является девелоперская компания «AMR Development Group», которую представляют Антипова Дарья, Медведева Татьяна и Рудакова Анастасия.

Ожидаемые сроки реализации проекта: 1 марта 2011 года – 21 апреля 2015 года.

Генеральная цель проекта: открытие 22 апреля 2015 года в г.Челябинске нового торгового комплекса.

Подцели:

- разработать концепцию торгового комплекса;
- построить здание торгового комплекса;
- обеспечить заполняемость арендаторами в первый месяц работы ТК не менее 80%.

Результатом проекта является действующий ТК. Продуктом проекта являются качественные торговые площади.

Структура продукта проекта:

- площади, заполненные развлекательными центрами;
- площади, на которых размещается «якорный» арендатор;
- площади, занятые основными арендаторами – «галерея».

1.2. Обоснование целесообразности реализации проекта

В течение нескольких последних лет активность и разборчивость потребителей в г.Челябинске постоянно увеличивается, в связи с чем повышаются требования к качеству и количеству торговых площадей. По данным ADG Group, обеспеченность качественными торговыми площадями на 1000 жителей г. Челябинска составляет около 230 кв.м, в то время как в таких городах, как Новосибирск и Екатеринбург данный показатель находится на уровне 700-800 кв.м.

Казалось бы, что проще – есть дефицит качественных торговых площадей, значит, нужно строить торговые центры – и чем больше, тем лучше. Однако лучше вовсе не возводить торговый центр, чем делать это впопыхах и

без должной маркетинговой, экономической и строительной подготовки. Понятие «торговый комплекс» многогранно:

для девелопера – это наиболее сложный и многокомпонентный вид коммерческой недвижимости, требующий большого количества специальных знаний именно в области торговой недвижимости;

для арендатора – это некое спланированное торговое пространство, где концентрация потенциальных покупателей многократно выше, чем в уличном пешеходном или транспортном потоке;

для покупателя – это искусственно созданная среда для отдыха, шоппинга, разнообразных развлечений, досуга, общения, вообще времяпрепровождения.

Таким образом, чтобы построить не просто еще один торговый центр, который будет лишь одним из многих в ряду уже существующих, а торговый центр, олицетворяющий все те качества, в которых заинтересованы и девелоперы, и продавцы, и покупатели, необходима тщательная проработка идеи ТК – от концепции до введенного в эксплуатацию здания, чем мы и планируем заняться в ходе разработки проекта торгового комплекса.

Таблица Б.1

Список событий

№	Название события
1	Проанализирована макроэкономическая ситуация
2	Проведен обзор действующих ТК
3	Проанализирован рынок торговой недвижимости г. Челябинска
4	Определен целевой сегмент
5	Разработана анкета
6	Проведен опрос целевых потребителей
7	Составлен отчет о маркетинговом исследовании
8	Определен вид ТК
9	Составлен список потенциальных арендаторов (с учетом вида ТК)
10	Предварительно согласована возможность входа в ТК потенциальных арендаторов
11	Формат ТК согласован с учетом пожеланий Заказчика
12	Собрана первичная информация о стоимости рекламы на различных ресурсах
13	Назван ТК
14	Разработан внешний дизайн ТК
15	Выбраны предпочтительные варианты рекламы
16	Разработана планировка ТК
...	...
67	Получено постановление о вводе ТК в эксплуатацию
68	ТК передан обслуживающей компании
69	Подобран обслуживающий персонал
70	ТК запущен

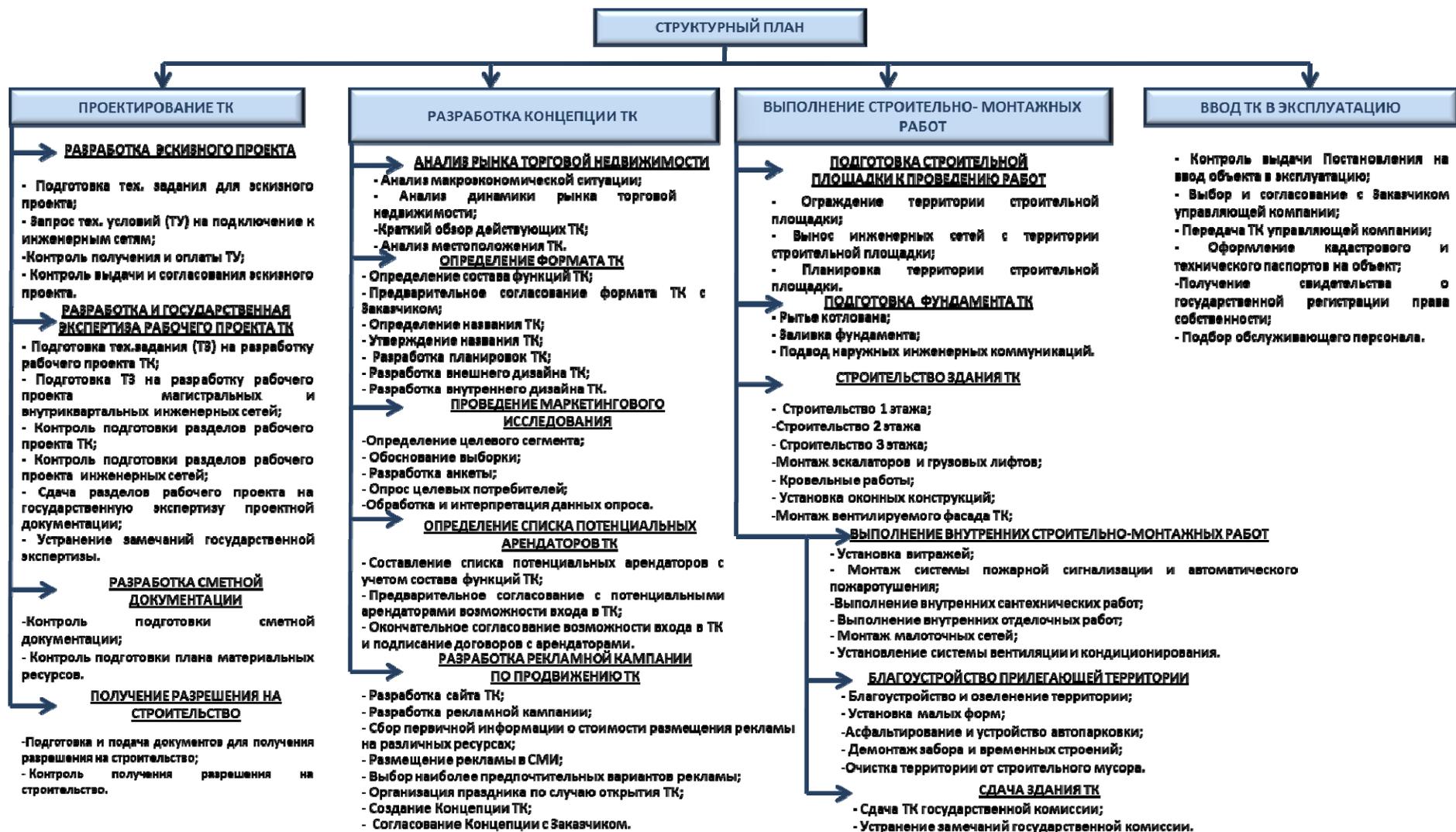


Рис. Б.1. Пример оформления структурного плана проекта

Список работ

Работа	Наименование работы
0-1	Анализ макроэкономической ситуации
0-2	Краткий обзор действующих ТК
1-3	Анализ динамики рынка торговой недвижимости
2-3	Анализ местоположения ТК
3-4	Определение целевого сегмента
3-5	Обоснование выборки
4-5	Разработка анкеты
5-6	Опрос целевых потребителей
6-7	Обработка и интерпретация данных опроса
7-8	Определение состава функций ТК
...	...
66-68	Передача ТК управляющей компании
67-70	Получение свидетельств о государственной регистрации прав собственности
68-69	Подбор обслуживающего персонала ТК

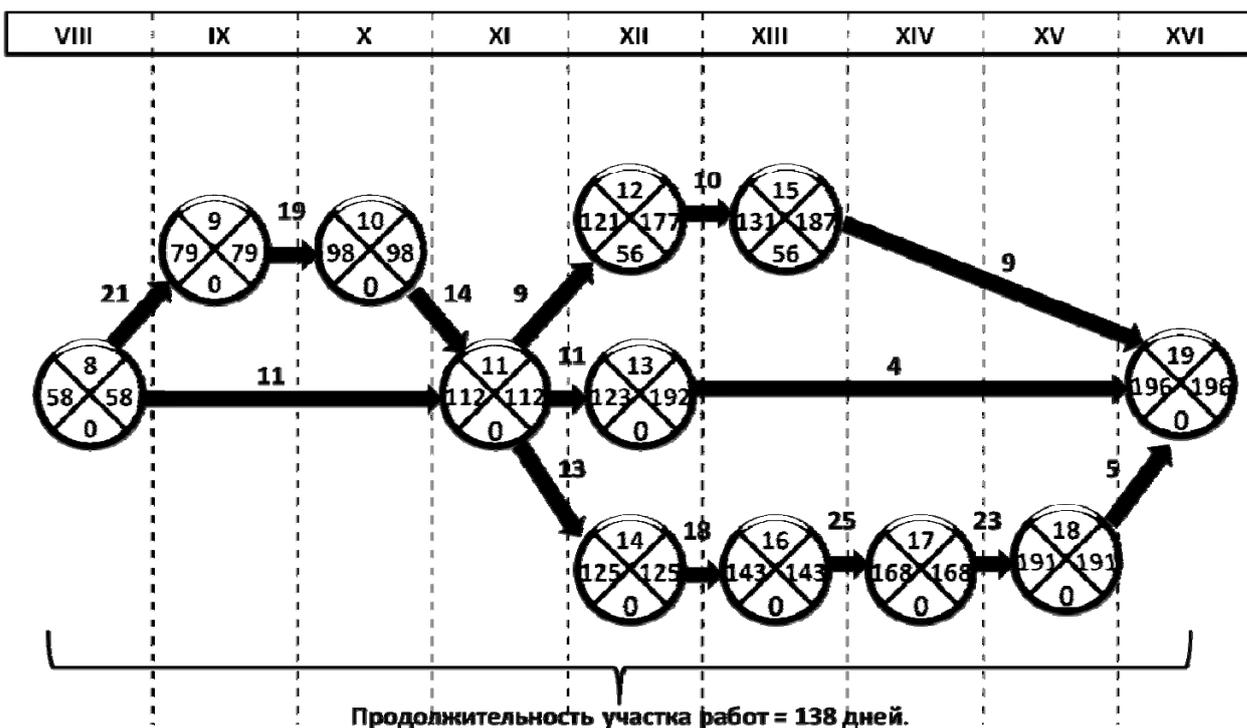


Рис. Б.2. Сетевой график (фрагмент)

Таблица Б.3

Длительность работ

Код работы	t_{\min} , дней	t_{\max} , дней	$t_{ож}$, дней	$t_{ож}$ (округленное), дней
(0-1)	4	12	8,8	9
(0-2)	3	8	6,0	6
(1-3)	5	11	8,6	7
(2-3)	4	10	7,6	8
(3-4)	4	10	7,6	7
(3-5)	2	7	5,0	5
(4-5)	3	6	4,8	5
...
67-70	7	17	13,0	13
68-69	22	32	28,00	28
Итого:	x	x	X	1863

Таблица Б.4

Параметры работ сетевого графика

Работа	Длительность работы, дни	Резервы работы, дни				Кнапр.	Зона	Сроки начала и окончания работ			
		Rп	RI	RII	$R_{н}$			тр.н.	тр.о.	тп.н.	тп.о.
0-1	9	–	–	–	–	1,000	–	0	9	0	9
0-2	6	2	2	–	–	0,875	Кр	0	6	0	8
1-3	7	–	–	–	–	1,000	–	9	16	9	16
2-3	8	2	–	2	–	0,875	Кр	6	16	8	16
3-4	7	–	–	–	–	1,000	–	16	23	16	23
...
67-70	13	8	–	8	–	0,871	Кр	1426	1447	1434	1447
68-69	28	–	–	–	–	1,000	–	1419	1447	1419	1447

Таблица Б.5

Пример заполнения плана по заработной плате

Пакет работ	Время работ, дней	Категория 1	Категория 2	Категория 3	Приведенная численность, чел.	Стоимость труда, руб.
(0-1)	9	1	1	–	1,625	29 250
(0-2)	6	1	2	–	2,250	27 000
(1-3)	7	1	1	–	1,625	22 750
(2-3)	8	1	2	–	2,250	36 000
(3-4)	7	1	1	–	1,625	22 750
(3-5)	5	1	2	–	2,250	27 000
(4-5)	5	1	1	–	1,625	16 250
...
Итого:	1 886	44	98	2	106, 000	4 051 000

Таблица Б.6

Пример бюджета проекта

Пакет работ	Персонал	Приобретаемое оборудование	Услуги сторонних организаций	Материалы	Итого
(0-1)	29 250	–	–	–	29 250
(0-2)	27 000	–	–	–	27 000
(1-3)	22 750	–	200053	18156	22 750
(2-3)	36 000	–	–	–	36 000
(3-4)	22 750	–	–	–	22 750
...
Итого:	4 054 750	–	9 956 500	55 579 500	69 590 750

Таблица Б.7

Данные для расчета вероятности выполнения проекта в директивный срок
(до оптимизации)

Пакет работ	$t_{ож}$, дней	t_{min} , дней	t_{max} , дней	Дисперсия σ^2 , дней ²	СКО σ , дней
0-1	9	4	12	1,78	1,33
1-3	7	5	11	1,00	1,00
3-4	7	4	10	1,00	1,00
4-5	5	3	6	0,25	0,50
5-6	13	7	16	2,25	1,50
...
66-68	21	15	25	2,78	1,67
68-69	28	22	32	2,78	1,67
Итого:	1 447	1 229	1 583	87,89	59,00

Таблица Б.8

Данные для расчета вероятности выполнения проекта в директивный срок
(после оптимизации)

Пакет работ	$t_{ож1}$, дней	$t_{ож2}$, дней	Коэффициент $\Delta t_{ож}$	t_{min2} , дней	t_{max2} , дней	Дисперсия σ_2^2 , дней ²	СКО σ_2 , дней
0-1	9	3	0,333	1	4	0,20	0,44
1-3	7	4	0,571	3	6	0,33	0,57
3-4	7	3	0,429	2	4	0,18	0,43
4-5	5	2	0,400	1	2	0,04	0,20
5-6	13	5	0,385	3	6	0,33	0,58
6-7	5	2	0,400	1	2	0,04	0,20
...
68-69	28	18	0,643	14	21	1,15	1,07
Итого	1 447	1 080	32,709	948	1 164	34,71	36,06

Таблица Б.9

Расчет вероятности реализации проекта в директивный срок до оптимизации

Коэффициент	Директивный срок T, дней	L _{крит.} , дней	$Z = \frac{ T - L_{крит} }{\sigma}$	Φ(Z)	P (T)
0,80	1157,60	1447	4,91	0,99999	0,000005
0,85	1229,95	1447	3,68	0,99978	0,000110
0,90	1302,30	1447	2,45	0,99571	0,002145
0,95	1374,65	1447	1,23	0,78870	0,105650
1,00	1447,00	1447	0,00	0,00000	0,500000
1,05	1519,35	1447	1,23	0,76986	0,884930
1,10	1591,70	1447	2,45	0,99571	0,997855
1,15	1664,05	1447	3,68	0,99968	0,999840
1,20	1736,40	1447	4,91	0,99999	0,999995

Таблица Б.10

Расчет вероятности реализации проекта в директивный срок после оптимизации

Коэффициент	Директивный срок T, дней	L _{крит.} , дней	$Z = \frac{ T - L_{крит} }{\sigma}$	Φ(Z)	P (T)
0,80	1157,60	1080	2,15	0,96844	0,9842
0,85	1229,95	1080	4,16	0,99996	1,0000
0,90	1302,30	1080	6,16	0,99999	1,0000
0,95	1374,65	1080	8,17	0,99999	1,0000
1,00	1447,00	1080	10,18	0,99999	1,0000
1,05	1519,35	1080	12,18	0,99999	1,0000
1,10	1591,70	1080	14,19	0,99999	1,0000
1,15	1664,05	1080	16,19	0,99999	1,0000
1,20	1736,40	1080	18,20	0,99999	1,0000

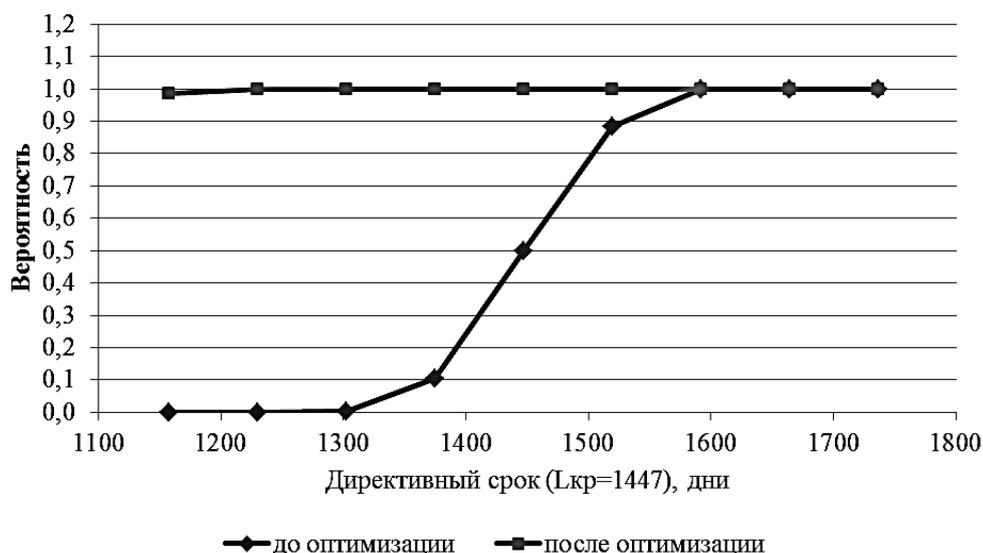


Рис. Б.3. Распределение вероятностей завершения проекта ТК в срок

Приложение В

ФОРМЫ ТАБЛИЦ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Таблица В.1

Список событий

№	Название события
1	
2	
3	

Таблица В.2

Список работ

Работа	Наименование работы
0-1	

Таблица В.3

Длительность работ

Код работы	t_{\min} , дней	t_{\max} , дней	$t_{\text{ож}}$, дней	$t_{\text{ож}}$ (округленное), дней

Таблица В.4

Параметры работ сетевого графика

Работа	Длительность работы, дни	Резервы работы, дни				Кнапр	Зона (критическая / резервная)	Сроки начала и окончания работ			
		Rп	RI	RII	RH			тр. н.	тр. о.	тп. н.	тп. о.

Таблица В.5

Проектная команда

Категория	Численность, чел.	Ставка з/п, руб/т	Коэффициент приведения

Таблица В.6

План по заработной плате

Пакет работ	Время работ, дней	Категория 1	Категория 2	Категория 3	Приведенная численность, чел.	Стоимость труда, руб.
Итого:						

Таблица В.7

Бюджет проекта

Пакет работ	Персонал, руб.	Оборудование, руб.	Услуги сторонних организаций, руб.	Материалы, руб.	Итого, руб.
Итого:					

Таблица В.8

Потребность в финансировании проекта

Квартал	Период	Затраты, руб
Итого:		

Таблица В.9

Работы критического пути, параллельные работам, имеющим резерв времени

№	Работа	t, дней	N, чел	R ₀ , дней	Δt, дней	ΔN, чел	t', дней	N', чел

Таблица В.10

Итоговые результаты оптимизации

Работа	Продолжительность $t_{n(i-j)}$, дней	Стоимость $C_{n(i-j)}$, руб.	Изменение длительности Δt, дней	Новая длительность $t_{э(i-j)}$, дней	Дополнительные затраты ΔC, руб.	Общие затраты $C_{э(i-j)}$, руб.
Итого						

Таблица В.12

Данные для расчета вероятности выполнения проекта в директивный срок
(до оптимизации)

Пакет работ	$t_{ож}$, дней	t_{min} , дней	t_{max} , дней	Дисперсия σ^2 , дней ²	СКО σ , дней
Итого:					

Таблица В.13

Данные для расчета вероятности выполнения проекта в директивный срок
(после оптимизации)

Пакет работ	$t_{ож1}$, дней	$t_{ож2}$, дней	Коэффициент $\Delta t_{ож}$	t_{min2} , дней	t_{max2} , дней	Дисперсия σ_2^2 , дней ²	СКО σ_2 , дней
Итого							

Таблица В.14

Расчет вероятности реализации проекта в директивный срок до/после оптимизации

Коэффициент	Директивный срок T, дней	$L_{крит.}$, дней	$Z = \frac{ T - L_{крит} }{\sigma}$	$\Phi(Z)$	P (T)
0,80					
0,85					
0,90					
0,95					
1,00					
1,05					
1,10					
1,15					
1,20					

ЗНАЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛА ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЛАПЛАСА

z	Φ(r)								
0,00	0,00000	0,75	0,54675	1,50	0,86639	2,25	0,97555	3,00	0,99730
0,05	0,03988	0,80	0,57629	1,55	0,87886	2,30	0,97855	3,10	0,99806
0,10	0,07966	0,85	0,60468	1,60	0,89040	2,35	0,98123	3,20	0,99863
0,15	0,11924	0,90	0,63188	1,65	0,90106	2,40	0,98360	3,30	0,99903
0,20	0,15852	0,95	0,65789	1,70	0,91087	2,45	0,98571	3,40	0,99933
0,25	0,19741	1,00	0,68269	1,75	0,91988	2,50	0,98758	3,50	0,99953
0,30	0,23582	1,05	0,70628	1,80	0,92814	2,55	0,98922	3,60	0,99968
0,35	0,27366	1,01	0,72867	1,85	0,93569	2,60	0,99068	3,70	0,99978
0,40	0,31084	1,15	0,74986	1,90	0,94257	2,65	0,99195	3,80	0,99986
0,45	0,34729	1,20	0,76986	1,95	0,94882	2,70	0,99307	3,90	0,99990
0,50	0,38292	1,25	0,78870	2,00	0,9545	2,75	0,99404	4,00	0,99994
0,55	0,41768	1,30	0,80640	2,05	0,95964	2,80	0,99489	4,10	0,99996
0,60	0,45149	1,35	0,82298	2,01	0,96427	2,85	0,99563	4,20	0,99997
0,65	0,48431	1,40	0,83849	2,15	0,96844	2,90	0,99627	4,40	0,99999
0,70	0,51607	1,45	0,85294	2,20	0,97219	2,95	0,99682	4,50	0,99990