

7 УПРАВЛЕНИЕ СРОКАМИ ПРОЕКТА

Согласно таблице 1, усилия и действия по управлению сроками проекта предпринимаются в процессах планирования и управления. Эти действия направлены на своевременное завершение проекта, а именно, составление расписания и управление расписанием. Время – это невозполнимый ресурс и является одним из трех ограничений проекта. Управление сроками осуществляется в каждом проекте и относится к основным процессам. Составляющими процессами здесь являются:

1. **Определение состава операций.**
2. **Определение последовательности и взаимосвязей операций.**
3. **Оценка длительности операций.**
4. **Составление расписания – базового плана по срокам.**
5. **Управление расписанием.**

Процессы 1, 2, 3 и 4 тесно связаны друг с другом и в некоторых проектах даже рассматриваются как *единый процесс составления расписания*. Для долгосрочных проектов, будущее развитие которых зависит от результатов предыдущих работ, планирование выполняется последовательно, *методом набегающей волны*. Это означает, что отдаленные пакеты работ планируются на высоком уровне, а ближайшие пакеты планируются детально. Соответственно для них составляются расписание высокого уровня (основное расписание) и детальное расписание.

7.1 Определение состава операций

Этот процесс предполагает дальнейшую декомпозицию рабочих пакетов ИСР на меньшие, управляемые операции. Рабочий пакет может и не разбиваться без необходимости на операции. Разбиение выполняется членами команды проекта в случае большой продолжительности рабочего пакета и необходимости разделения ответственности при назначении ресурсов.

Обычно рабочие пакеты определяются (именуются) в терминах результатов (например, "результат оценки", "согласованный документ", "опытный образец"), а операции определяются в терминах действий (например, "оценка", "написание" или "оценить", "написать" и т.д.).

На входе процесса *определения состава операций* мы имеем:

- ИСР;
- документ *Констатация содержания*;
- ограничения, допущения, экспертные оценки, историческую информацию.

На выходе:

- перечень операций;
- уточнение ИСР.

7.2 Определение взаимосвязей операций

Этот процесс должен установить последовательность и логические взаимосвязи между операциями.

Операции могут выполняться как параллельно, так одна за другой. Во втором случае операции могут быть связаны *жесткой логикой*, когда очередная операция может быть выполнена только по окончании другой операции, получая её результаты. Например, нельзя начать строительство дома, не заложив фундамент, нельзя начать продажи, не изготовив продукцию и пр.

Существует также *мягкая зависимость*, которая исходит из разумного практического опыта команды проекта и определяет предпочтительную последовательность операций. Например, при ремонте квартиры предпочтительнее завершить работы с потолком, а затем приступить к работам с полом. Кроме того, могут существовать внешние обстоятельства, влияющие на последовательность операций – *внешние взаимосвязи*.

Схематично взаимосвязь двух операций можно показать двумя способами:

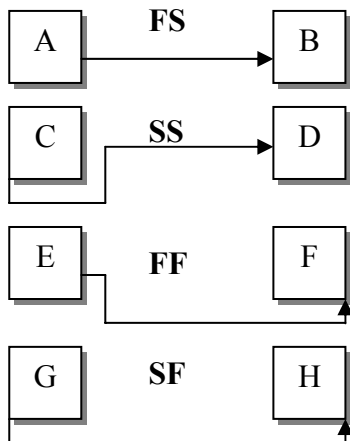


Работа по стрелке (операция на дугах)

Работа на узлах (операция в узлах)

С помощью *работ по стрелке* строят стрелочные диаграммы. Но они все реже используются в современной практике. Для построения расписания используют *метод предшествования* (PDM – Precedence Diagramming Method), который использует *работу на узлах*.

Между узлами в способе *работа на узлах* может быть 4 типа взаимосвязей:



Связь **FS** (Finish–Start или **ОН** – Окончание-Начало) – означает, что работа А должна финишировать прежде, чем стартует работа В.

Связь **SS** (Start–Start или **НН** – Начало-Начало) – означает, что работа С должна начаться до начала работы D.

Связь **FF** (Finish–Finish или **ОО** – Окончание-Окончание) – означает, что работа Е должна завершиться до окончания работы F.

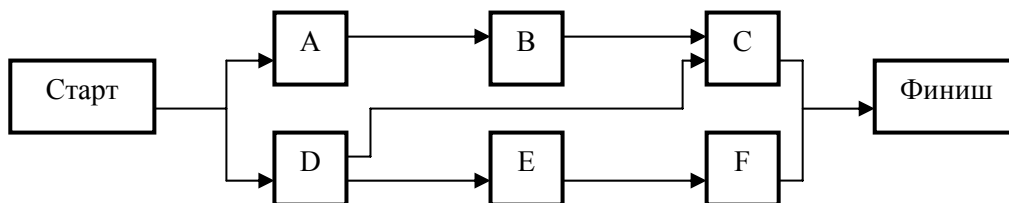
Связь **SF** (Start–Finish или **НО** – Начало-Окончание) – означает, что работа G должна начаться до окончания работы H.

В современных программах составления расписания можно устанавливать все 4 вида зависимостей, но чаще всего используется взаимосвязь типа FS. Кроме этого, используются связь типа *фиктивная работа*. Фиктивная работа (операция) бывает необходима лишь для демонстрации логической связи операций. Она имеет нулевую длительность.

На входе процесса *определения взаимосвязей операций* мы имеем:

- перечень операций;
- описание продукта;
- жесткие, мягкие и внешние взаимосвязи;
- контрольные события для включения в сетевую диаграмму.

На выходе процесса – сетевая диаграмма, например:



7.3 Оценка длительности операций

Этот процесс должен установить длительность операций для последующего составления расписания. Во многих случаях он предшествует процессу установления взаимосвязей операций.

Под *длительностью* операции понимают точное время, необходимое для завершения операции. Обычно под этим понимается количество дней, в течение которых один или несколько

человек способны выполнить операцию. Длительность не включает время простоя. Фактическое время в днях между стартом и финишем операции, включая простои, называют *периодом времени выполнения операции*.

Длительность операции зависит от имеющихся ресурсов. Например, 2 человека могут выполнить работу быстрее, чем один. Кроме того, длительность также зависит от производительности ресурсов, в частности, от опыта человека.

Примечание: Длительность определяет временные параметры составления расписания. В то же время, длительность операций связана с оценкой стоимости проекта, поскольку в нее заключен некий объем работ, называемый *трудоемкостью* или *трудозатратами* операции. Стоимость проекта может быть оценена *снизу вверх* как сумма стоимостей отдельных операций.

Трудоемкость (трудозатраты) – есть количество человеко-часов, необходимых для завершения операции. Так трудоемкость в 100 чел/час означает, что один человек выполнит операцию за 100 часов, или 100 человек выполнят операцию за 1 час. В соответствии с трудоемкостью, операциям назначаются единицы человеческих ресурсов, которые имеют некую стоимость. В программах календарного планирования возможен выбор метода планирования – на основе длительности или на основе трудозатрат. См. также раздел 14.1.4.

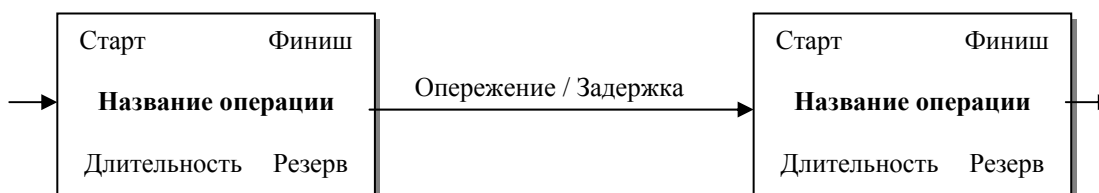
К длительности операции может быть добавлен некоторый процент в качестве *резервного времени*, которое может быть удалено впоследствии при составлении расписания.

Оценкой длительности операций занимаются члены команды проекта (а не менеджер проекта). Здесь важны их экспертные знания, информация по прошлым проектам, а также информация о выявленных рисках и угрозах, способных оказать отрицательное влияние на длительность операций. Поэтому расписание составляется после детальной оценки рисков проекта.

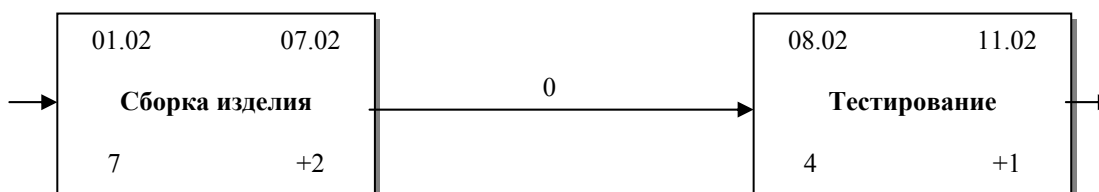
Таким образом, **на входе** процесса *оценки длительности операций* мы имеем:

- перечень операций;
- потребности в ресурсах и производительность ресурсов;
- историческую информацию, экспертные знания команды проекта, аналогичные проекты;
- идентифицированные риски.

На выходе процесса имеем оценку длительности операций. Она может быть оформлена в табличном виде, либо в виде сетевой диаграммы с узлами, содержащими информацию о длительности, резерве, датах:



Например:



Задержки и опережения используются как дополнение к видам взаимосвязей FS, SS, SF, FF. Например, взаимосвязь может потребовать установки связи вида FS+10, вместо FS, т.е. задержки последующей операции на 10 дней. Задержки и опережения соответственно добавляют или вычитают из старта (и финиша) последующей операции указанное количество дней (здесь показано 0).

Заметим, что финиш операции F вычисляется по формуле $F = S + D - 1$, где D (Duration) длительность операции.

↓ Текущая дата

Событие	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
Дизайн завершен		△▼			
Моделирование завершено			△		
Образец изготовлен				△	
Образец испытан					△

△ - План
▼ - Факт

7.5 Составление расписания – базового плана по срокам

Процесс составления расписания состоит в анализе последовательности, продолжительности и ресурсных требований операций с целью определения дат старта и финиша операций проекта. При этом расписание должно быть скорректировано с учетом директивных дат (даты обязательства).

На входе процесса *составления расписания* – базового плана по срокам – имеем:

- сетевую диаграмму проекта;
- оценку длительности операций;
- описание потребности и доступности ресурсов, в т.ч. человеческих;
- описание характеристик операций;
- выявленные риски и план реагирования на риски.

На выходе:

- расписание проекта;
- план управления расписанием;
- уточнение потребностей в ресурсах и другие документы.

Для составления расписания могут применяться различные методы. **Метод критического пути** (CPM – Critical Path Method) – это основной, первичный метод составления расписания, в котором задается одна, экспертная длительность для каждой операции и рассчитывается т.н. *критический путь* – последовательность операций, не допускающих задержек выполнения, т.е. имеющих нулевой резерв времени. Этот метод будет описан подробно позднее.

Метод графического обзора и оценки (GERT – Graphical Evaluation and Review Technique) – это метод построения сетевых диаграмм, в котором можно учитывать вероятностный характер оценки длительности и логики выполнения операций. Здесь операция может не выполняться, выполняться частично или выполняться один и более раз.

Метод оценки и анализа проектов (PERT – Program Evaluation and Review Technique) использует последовательную сетевую логику и 3 оценки длительности операций: оптимистическую (**O**), наиболее вероятную (**M**), и пессимистическую (**P**). Учитывают только операции критического пути. Далее, предполагая, что длительность расписания подчиняется нормальному закону распределения вероятностей, для каждой операции критического пути вычисляют следующие характеристики по приведенным формулам:

- *ожидаемую длительность* операции как *математическое ожидание m*

$$m = (P + 4M + O) / 6$$
- *стандартное (среднеквадратичное) отклонение* операции (разброс) σ - сигма

$$\sigma = (P - O) / 6$$
- *дисперсию* операции **d**

$$d = [(P - O) / 6]^2$$

Общее время выполнения проекта вычисляют, как сумму ожидаемых длительностей операций критического пути. Например, если сумма длительностей операций критического пути равна 32.5 дня, а стандартное отклонение равно $\sigma = 2.2$ дня, то проект завершится в сроки 30.3 – 34.7 дней с вероятностью 68.26%, в сроки 28.1 – 36.9 дней с вероятностью 95.46% (рис. 11).

Расчеты по методу PERT показаны на примере следующих операций критического пути:

	O	M	P	$m = (P + 4M + O) / 6$	$\sigma = (P - O) / 6$	$d = [(P - O) / 6]^2$
Операция А	2	10	12	9	1,667	2,778
Операция В	8	8	8	8	0	0
Операция С	10	12	14	12	0,667	0,444
Операция D	9	12	15	12	1	1
Операция E	7	7	7	7	0	0
Операция F	8	9	10	9	0,333	0,111

Ожидаемая длительность критического пути (дней)	57	Дисперсия критического пути	4,333
Среднеквадратичное отклонение критического пути (дней)			2,082

Примечание: График нормального распределения (кривая Гаусса) отражает изменение частоты попадания измеряемой величины в соответствующий интервал значений.

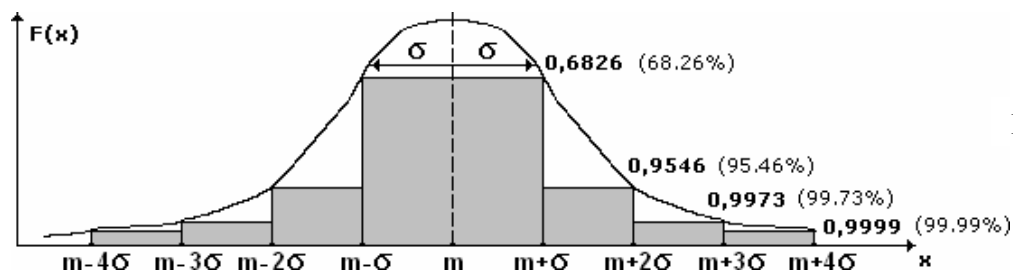


Рис. 11

В диапазон $[m - \sigma, m + \sigma]$ нормально распределенная случайная величина попадает с вероятностью 0,6828, в диапазон $[m - 2\sigma, m + 2\sigma]$ - с вероятностью 0,9546 и т.д.:

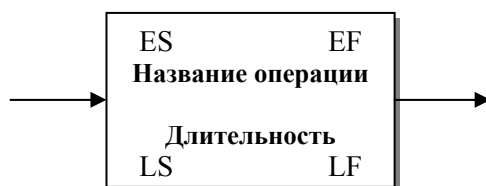
Диапазон распределения	Частота попадания в диапазон, %	Частота попадания за пределы диапазона, %
$m \pm 1 \sigma$	68,26	31,74
$m \pm 2 \sigma$	95,46	4,54
$m \pm 3 \sigma$	99,73	0,27
$m \pm 4 \sigma$	99,99	0,01

Имитационное моделирование методом Монте-Карло применяется, когда существует возможность изменения критического пути и требуется смоделировать расписание на различных наборах данных. Применение метода возможно только с применением специальных компьютерных программ с элементами статистического анализа, которые позволяют генерировать различные случайные выборки длительностей, рассчитывать статистические характеристики. Моделирование выполняется многократно (для различных наборов данных вычисляют критический путь, резервы времени, длительность проекта и т.д.) до достижения определенной точности результатов.

7.6 Метод критического пути

Метод критического пути использует единичное определение длительности каждой операции. Далее для каждой операции вычисляют даты раннего и позднего старта, затем резервы времени и критический путь (последовательность операций, имеющих нулевой резерв времени). Операции критического пути не могут быть задержаны, иначе будет задержано все расписание. Расписание может иметь более одного критического пути: чем их больше, тем рискованнее проект с точки зрения расписания.

В методе критического пути узел работы на сетевой диаграмме обозначают следующим образом:



где

- ES (Early Start) – есть дата раннего старта операции;
- EF (Early Finish) – дата раннего финиша;
- LS (Last Start) – дата позднего старта;
- LF (Last Finish) – дата позднего финиша.

Составим расписание методом критического пути для вымышленного проекта *Дипломный проект* (ДП). Пусть дата старта проекта 02.03 и сетевая диаграмма с длительностями операций следующая:



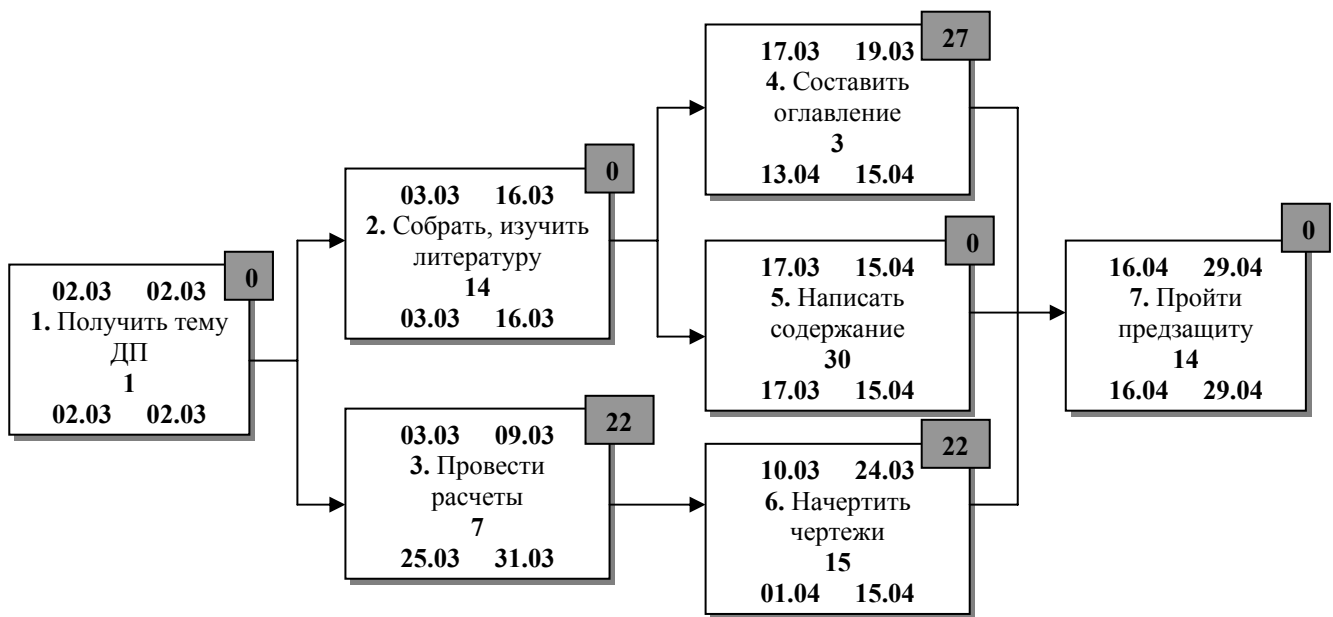
В табличном виде эту сетевую диаграмму можно записать так:

Операция	Название	Длительность	Предшествующая операция	ES	EF	LS	LF	Резерв времени
1	Получить тему ДП	1		02.03				
2	Собрать, изучить лит-ру	14	1					
3	Повести расчеты	7	1					
4	Составить оглавление	3	2					
5	Написать содержание	30	2					
6	Начертить чертежи	15	3					
7	Пройти предзащиту	14	4, 5, 6					

Наша задача:

- выполнить прямой проход расписания и вычислить ES и FS для каждой операции;
- выполнить обратный проход и вычислить LS и LF;
- вычислить резерв времени и критический путь.

В итоге получим сетевую диаграмму (см. далее), а полученные значения можно перенести в вышеприведенное табличное представление расписания:



Как получены эти даты. Как видно, для операции 2, $ES = 03.03$, $EF = 16.03$... и так далее вычислены даты ES и EF для остальных операций (прямой проход). Обратным проходом, начиная с последней операции 7, вычислены LS и LF (даты подписаны снизу). Например, для операции 4, $LS = 13.04$, $LF = 15.04$ и т.д.

Далее вычислены резервы времени операций как $LS - ES$. Операции, у которых $ES=LS$ ($EF=LF$), не имеют запаса времени, т.е. имеют *нулевой резерв времени* и находятся на критическом пути 1-2-5-7. Здесь один критический путь и он равен 58 дней.

На этом составление расписания не заканчивается. Полученное расписание является основой для дальнейшей корректировки как минимум по двум параметрам:

- по директивным датам (даты обязательства);
- по ресурсным ограничениям.

7.7 Выравнивание расписания по директивным датам

Основной директивной датой является *дата обязательства* окончания проекта. Реально могут существовать и другие директивные даты, например, соответствующие вехам проекта, контрольным точкам и пр.

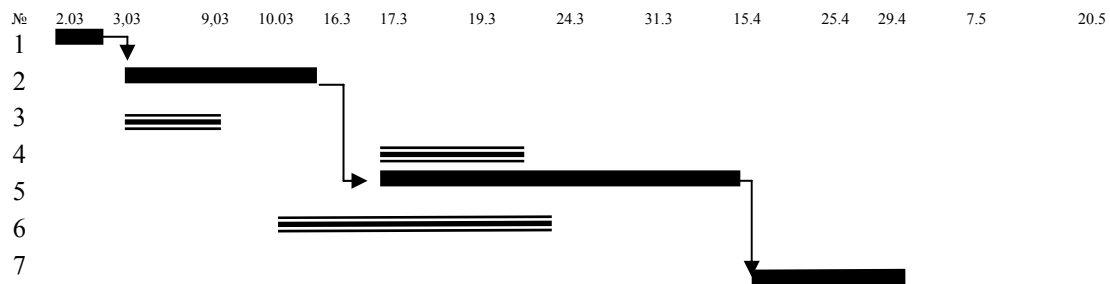
Рассмотрим корректировку расписания по дате обязательства. Здесь могут быть два варианта:

- дата обязательства раньше расчетной даты – тогда выполняют *сжатие* или *быстрый проход* расписания;
- дата обязательства позже расчетной даты – тогда в расписание *добавляют резервы* времени.

Сжатие (интенсификация) подразумевает сокращение общей длительности проекта за счет исключения некоторых операций (изменение содержания), изменения стоимости. Здесь главная задача – определить максимальный объем сжатия при минимальном приращении стоимости.

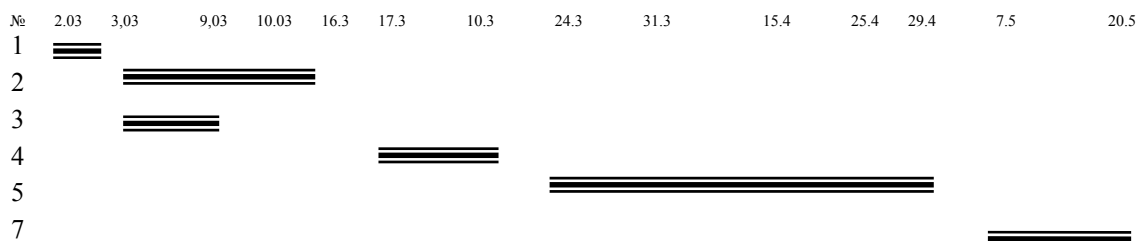
Быстрый проход – это есть сжатие за счет параллельного выполнения некоторых последовательных операций, в частности, добавлением *опережений* к связям FS , SS , SF , FF . Например, начать операцию 5 на 7 дней раньше. Тогда связь FS между операциями 2-5 преобразуется в $FS-7$.

Для демонстрации *добавления резервов*, представим наше расписание в виде диаграммы Ганта:



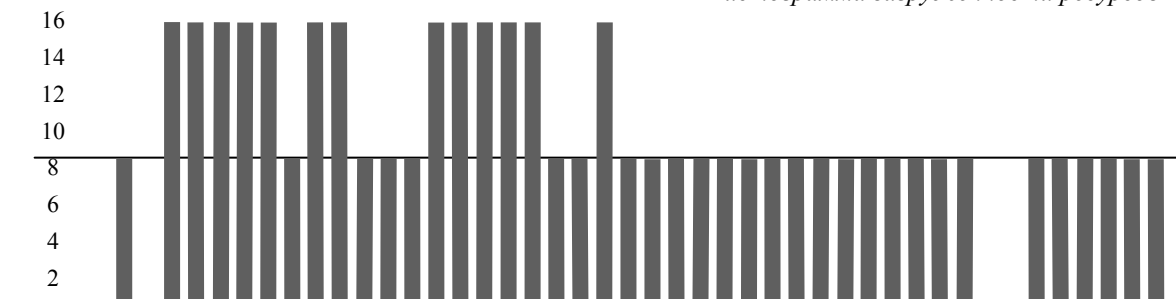
Добавление резервов в расписание выполняется не за счет увеличения длительности операций, что увеличивает плату за работу, а выполняется простым добавлением резервного времени (*задержек*) к операциям – увеличением периода времени выполнения операции. Так, если датой обязательства по нашему проекту является 20.05, то резерв в 21 день ($20.05 - 29.04 = 21$) можно добавить к операциям критического пути, показанным черным цветом.

Для этого достаточно заменить вид связи операций, например, так: связь FS между операциями 2-5 заменить на связь FS+10, а связь FS между операциями 5-7 заменить на FS+11. Программное обеспечение составления расписания позволяет легко делать такие изменения. В итоге получим следующую диаграмму Ганта (без критического пути):



Человеко -часы

Гистограмма загрузки ресурсов



В программах календарного планирования гистограмма загрузки ресурсов отображается на экране под диаграммой Ганта. Вертикальные столбики обозначают количество трудозатрат ресурсов, требуемых в отрезок времени. Здесь использована шкала трудоемкости в человеко-часах (макс. загрузка в день - 8 часов). Как видно в некоторые дни перегружены, т.е. требуют сверхурочной работы студента в проекте *Дипломный проект*.

7.8 Выравнивание ресурсов расписания

Сетевой график со сроками станет реальным расписанием только тогда, когда будет гарантирован наличием ресурсов. Менеджер проекта должен выровнять расписание и ресурсы так, чтобы все работы проекта были вовремя обеспечены достаточным количеством ресурсов.

Но при выравнивании ресурсов расписания обычно существует одно из двух ограничений: либо проект ограничен во времени (длительность операций не может быть увеличена), либо проект ограничен по количеству ресурсов. Искусство менеджера проекта заключается в том, чтобы определить приоритеты проекта, свести к минимуму риск задержки проекта в целом и не превысить лимит ресурсов. При этом возможно исследование множества вариантов с помощью компьютерных программ.

В программах календарного планирования для каждой операции можно придерживаться одного из двух принципов выравнивания ресурсов:

- *фиксированная длительность*, когда длительность работ сохраняется постоянной, но будет меняться обеспеченность этого объема работ назначаемыми ресурсами;
- *фиксированный объем ресурсов*, когда ресурсы назначаются с учетом их доступности, т.е. будет меняться длительность работ зависимости от доступности назначаемых ресурсов. Таким образом, уменьшая обеспеченность работ ресурсами, их длительность возрастает, а увеличивая число ресурсов – длительность сокращается.

ПО составления расписания позволяет назначать ресурсы операциям (работам) – в часах, днях или процентах занятости в день. Обычно расчет ведется на базе 8-часового рабочего дня и 40-часовой рабочей недели. Компьютерные программы дают возможность выявить проблемы с ресурсами при составлении расписания. Обязательным условием является наличие описания потребности и доступности ресурсов на входе рассматриваемого процесса (см. также 14.1.3).

В нашем проекте, если в нем занят один человек со 100% дневной занятостью, то гистограмма загрузки ресурсов будет выглядеть, как показано на предыдущем рисунке. Как видно, в первой половине расписания происходит перегрузка ресурсов. Ее можно выровнять либо а) добавлением ресурсов, либо б) увеличением периода выполнения операций, либо в) сокращением трудозатрат операций. В нашем случае разумно применить последний вариант выравнивания ресурсов. Например, перегрузку ресурсов можно ликвидировать уменьшением трудозатрат операций, т.е. следующей загрузкой одного человека по операциям: операция №1 – 100%, №2 – 50%, №3 – 50%, №4 – 50%, №6 – 100%, №7 – 100%.

7.9 Управление расписанием

Сроки – одно из трех ограничений проекта. Соблюдение расписания проекта – базового плана по срокам – требует усилий и определенных действий по контролю. Процесс управления расписанием заключается:

- в регулировании факторов, влияющих на расписание;
- в анализе отклонений, выявлении изменений и фактическом изменении расписания как документально, так и корректирующими воздействиями на участников проекта.

На входе процесса управления расписанием мы имеем:

- расписание проекта;
- отчеты по исполнению;
- запросы на изменения;
- план управления расписанием.

На выходе:

- уточнение расписания, корректировка Плана проекта;
- корректирующие действия.

Отметим, что расписание чувствительно к рискам, точнее к дополнительным работам, которые вызывают риски (см. 12 *Управление рисками проекта*). Поэтому окончательное расписание составляется после детального планирования рисков.

7.10 Контрольные вопросы

1. Фиктивная работа необходима для:
 - A. Для показа логической связи операций.
 - B. Для показа внешней зависимости.
 - C. Для обязательной, жесткой зависимости.
2. На этапе планирования наиболее эффективно представление расписания в виде:
 - A. Сетевой диаграммы, показывающей логику проекта.
 - B. Диаграммы Ганта, показывающей прогресс и состояние проекта.
 - C. Поэтапного календарного плана, показывающего основные вехи проекта.
3. Метод критического пути использует:
 - A. Три оценки длительности каждой операций.
 - B. Одну оценку длительности каждой операций.
 - C. Набор оценок длительности каждой операции.
4. Какой метод следует использовать для тщательного составления расписания:
 - A. Моделирование методом Монте-Карло.
 - B. Метод оценки и анализа проектов PERT.
 - C. Метод критического пути.
5. У проекта не один, а три критических пути. Укажите лучший вариант описания такой ситуации:
 - A. Потребуется больше людских ресурсов.
 - B. Увеличивается стоимость проекта.
 - C. Увеличивается риск проекта.
6. Операция имеет следующие оценки длительности – O=5 дней, P=10 дней, M=7 дней. Каково стандартное отклонение σ этой операции:
 - A. $4\frac{1}{2}$ дня.
 - B. $5/6$ дня.
 - C. $1/6$ дня.
7. Сжатие – интенсификация расписания есть:
 - A. Исключение или сокращение длительности некоторых операций.
 - B. Параллельное выполнение некоторых последовательных операций.
 - C. Выравнивание по директивным датам.
8. В проекте наиболее критичны ресурсы, в то время как сроки и стоимость менее важны. Что лучше выполнить:
 - A. Быстрый проход.
 - B. Анализ методом Монте-Карло
 - C. Выравнивание ресурсов расписания.
9. В процессе управления расписанием Вы имеете отрицательный запас времени, т.е. отстаете от расписания. Вам необходимо выполнить:
 - A. Анализ методом графического обзора и оценки GERT.
 - B. Выполнить сжатие или быстрый проход.
 - C. Оставить проект в этом состоянии.