

ВВЕДЕНИЕ

Методы сетевого проектирования и управления. (СПУ), разработанные в начале 54-х годов, широко и успешно применяются для оптимизации планирования и управления сложными разветвлёнными комплексами работ, требующими участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов. Для оптимизации сложных сетей; состоящих из нескольких сотен работ, вместо ручного счёта следует использовать персональные компьютеры.

Выполнение курсового проекта способствует углублённому усвоению раздела технической подготовки производства, изучаемого в курсе "Организация. планирование и управление на предприятии", познакомит студента с реальным процессом конструирования объекта на высоком техническом уровне, заставит задуматься, а нельзя ли обойтись модернизацией существующего прибора (ов). Покажет как избежать дублирования, как выбрать прототип, как выявить и использовать максимум имеющихся прогрессивных технических решений, комплексно учесть и сократить затраты (разработка, изготовление, эксплуатация, утилизация) ускорить процесс создания приборов в рыночных условиях.

1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1 Ознакомиться с настоящими методическими указаниями по выполнению комплексной задачи (разделы 2,3, 4), рассчитать, и представить в виде таблицы конкретные исходные данные индивидуального задания (приложения А, Б, В, Г, Д, Е). Исправить ошибки в приведенном на рисунке 3 сетевом графике и дополнить его необходимыми связями.

1.2 По заданному составу комплекса работ аккуратно построить исходный сетевой график (СГ) на миллиметровой бумаге.

1.3 Определить ожидаемую продолжительность выполнения каждой работы, её среднеквадратическое отклонение и дисперсию.

1.4 Рассчитать параметры событий исходного СГ.

1.5 Вычислить параметры работ исходного СГ.

1.6 Рассчитать параметры СГ в целом.

1.7 Определить трудоёмкость и затраты на проведение работ в исходном СГ.

1.8 Используя данные п.1.7 произвести оптимизацию СГ до получения минимума продолжительности критического пути, сокращая продолжительность работ путём перераспределения части ресурсов резервной зоны на работы критической зоны СГ.

1.9 Построить графики "Время - затраты" для работ СГ, лежащих на критическом пути.

1.10 Используя данные п.1.9 произвести оптимизацию СГ, сократив продолжительность комплекса работ до заданного директивного срока путем минимального привлечения дополнительных ресурсов.

1.11 Рассчитать параметры оптимизированного СГ по аналогии с п.1.3- 1.7

и сравнить их с исходными. Построить оптимизированный СГ на миллиметровой бумаге.

1.12 Вычертить на миллиметровой бумаге в масштабе план - карту распределения трудовых ресурсов для опимизированного сетевого графика и произвести выравнивание потребности в трудовых ресурсах во времени.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЁТУ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ СГ

2.1 Составление индивидуального перечня работ и построение СГ

Комплекс работ СГ включает 2 перечня работ: обязательный (приложение А) и часть работ из дополнительного (приложение Б), отбираемую в индивидуальный перечень в соответствии с указаниями приложения Д.

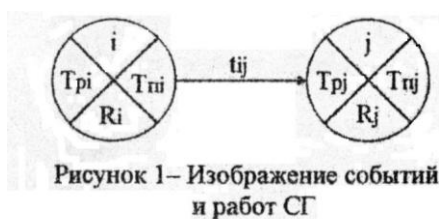
Заданный комплекс работ упорядочивается в их логической последовательности с выделением отдельных групп работ, которые могут и должны выполняться параллельно. Для таких групп работ могут составляться частные СГ, которые затем сшиваются в один сводный СГ. Для каждой работы следует проверить возможность переноса её начала ближе к исходному, а конца - ближе к завершающему событиям СГ и при наличии такой возможности перестроить СГ.

При построении СГ рассматривать параллельно два варианта: модернизацию прототипа и разработку нового прибора, затем сравнить их и выбрать оптимальный.

В окончательном варианте исходного СГ не должно быть висящих и тупиковых событий (кроме одного исходного и одного завершающего), замкнутых циклов, работ с одинаковыми кодами (j, j). Коэффициент сложности СГ (см. п.2.5) должен быть не меньше 1,4.

Размеры кружков, изображающих события, должны быть одинаковыми и достаточными для размещения в них номера события j , раннего T_{pi} и позднего T_{pi} сроков его завершения и резерва времени события R_i (см. рисунок 1). Исходное событие должно быть самым левым в СГ, завершающее - самым правым, и располагать их следует на одной горизонтали. Весь СГ должен располагаться на стольких горизонталях, сколько в нём содержится параллельных путей.

Длина стрелок, изображающих работы, должна быть не меньше диаметра кружков. Величина ожидаемой продолжительности работы надписывается над стрелкой в её середине. Стрелки необходимо проводить прямолинейно, без пересечений, через центры кружков, только слева направо с преимущественными углами наклона к горизонтали $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ, \pm 75^\circ$. Расстояние между стрелкой и кружком, мимо которого она проводится, должно быть не меньше



половины диаметра кружка.

Нумерация событий ведётся по возрастанию номера слева направо и сверху вниз; исходное событие имеет нулевой номер, а завершающее - наибольший. Код работы составляется из номеров начального и конечного событий этой работы, отделяемых запятой (i , j), причём для всех работ номер начального события i должен быть меньше номера конечного события j.

Исходные данные (после построения СГ) сводятся в таблицу 1. Работы должны быть упорядочены по возрастанию их кодов.

Таблица1-Перечень, параметры и вероятностные характеристики работ СГ

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел.			Средне-квадратическое отклонение, дн	Дисперсия, дн ²
		мин.	макс.	ожд.	рук.	инж.	лаб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

В зависимости от содержания и сложности каждой работы численность исполнителей принимать от одного до четырёх человек.

2.2 Расчёт ожидаемой продолжительности выполнения работ

Ожидаемая продолжительность работы t_{ij} в СГ рассчитывается по принятой двухоценочной методике, исходя из минимальной $t_{ij \text{ мин}}$ и максимальной $t_{ij \text{ макс}}$ оценок продолжительности, задаваемых ответственным исполнителем каждой работы. При этом предполагается, что минимальная оценка соответствует наиболее благоприятным условиям работы, а максимальная - наиболее неблагоприятным.

Ожидаемая продолжительность каждой работы определяется по формуле

$$t_{ij \text{ ож}} = 0,6 t_{ij \text{ мин}} + 0,4 t_{ij \text{ макс}}.$$

Среднеквадратическое отклонение δ_{ij} продолжительности в двухоценочной методике рассчитывается по формуле $\delta_{ij} = 0,2 (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}})$.

Дисперсия определяется по формуле

$$D_{ij} = 0,04 (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}})^2.$$

Рассчитанные значения заносятся в таблицу 1 по возрастанию кодов работ.

2.3 Расчёт параметров событий сетевого графика

Ранний срок свершения исходного (нулевого) 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 длительности 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.

Рассчитанный 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.

Правильность расчёта поздних сроков свершения событий СГ подтверждается получением нулевого позднего срока свершения исходного события.

Резерв времени образуется у тех событий, для которых поздний срок свершения больше раннего, и он равен их разности. Если же эти сроки равны, событие резервом времени не располагает и, следовательно, лежит на критическом пути.

Результаты расчёта сводятся в таблицу 2 и изображаются на СГ в соответствии с рисунком 1.

Таблица 2- Параметры событий сетевого графика

Номер события	Сроки свершения		Резерв времени	Номер события	Сроки свершения		Резерв времени
	ранний	поздний			ранний	поздний	
1	2	3	4	5	6	7	8

В днях

2.4 Расчёт параметров работ сетевого графика

Ранний срок начала работы $T_{рнi}$ совпадает с ранним сроком свершения её начального события.

Поздний срок начала работы $T_{пнi}$ можно получить, если из позднего срока свершения её конечного события вычесть её ожидаемую продолжительность.

Ранний срок окончания работы $T_{роi}$ образуется прибавлением её продолжительности к раннему сроку свершения её начального события.

Поздний срок окончания работы $T_{поi}$ 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.

Полный резерв времени работы $R_{пi}$ образуется вычитанием из позднего срока свершения её конечного события раннего срока свершения её начального события и её ожидаемой продолжительности.

Частный резерв времени первого рода R^1_{pij} равен разности поздних сроков свершения её конечного и начального событий за вычетом её ожидаемой продолжительности.

Частный резерв времени второго рода R^2_{pij} равен разности ранних сроков свершения её конечного и начального событий за вычетом её ожидаемой продолжительности.

Свободный (независимый) резерв времени работы R_{cij} образуется вычитанием из раннего срока свершения её конечного события позднего срока свершения её начального события и её ожидаемой продолжительности. Свободный резерв времени может быть отрицательным.

Правильность расчётов резервов времени работы можно проверить по следующим соотношениям:

1) сумма полного и свободного резерва работы равна сумме двух частных её резервов;

2) поздний и ранний сроки начала работы, а также поздний и ранний сроки её окончания всегда отличаются на величину её полного резерва.

Для работ, лежащих на критическом пути никаких резервов времени нет и, следовательно, коэффициент напряжённости K_{nij} таких работ равен единице. Если работа не лежит на критическом пути, она располагает резервами времени и её коэффициент напряжённости меньше единицы. Его величина подсчитывается как отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путём $t_{\max ij}$ к сумме продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путём, проходящим через эту работу $t_{кр ij}$.

В зависимости от коэффициента напряжённости все работы попадают в одну из трёх зон напряжённости:

- 1) критическую, $k_{nij} > 0,8$;
- 2) промежуточную, $0,5 \leq k_{nij} \leq 0,8$;
- 3) резервную, $k_{nij} < 0,5$.

Оптимизация СГ состоит в перераспределении ресурсов из резервной и частично промежуточной зон в критическую с целью выравнивания коэффициентов напряжённости всех работ.

Результаты расчётов сводятся в таблицу 3:

Таблица 3 - Параметры работ сетевого графика

										В днях
Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени				Коэф-фициент напря-жённо-сти
		ранний	поздний	ранний	поздний	полный	частный 1 рода	частный 2 рода	свобод-ный	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

2.5 Расчёт параметров СГ в целом

В этом разделе рассчитываются следующие параметры СГ.

Количество событий n_c в СГ, включая исходное.

Количество работ n_p в СГ, включая ожидания и фиктивные работы (логические связи).

Коэффициент сложности k_c СГ, равный отношению количества работ к количеству событий в СГ. В сложных СГ $k_c > 1,5$.

Критический путь $L_{кр}$ в СГ проходит через события и работы, не обладающие резервами времени, и имеет, следовательно, максимальную продолжительность $t_{кр}$, равную сроку свершения завершающего события.

Продолжительность критического пути соответствует математическому ожиданию срока свершения завершающего события, равного сумме ожидаемых продолжительностей работ, составляющих критический путь. Дисперсия срока наступления завершающего события определяется в соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятностей как сумма дисперсии работ критического пути, а вероятность свершения завершающего события в срок, равный продолжительности критического пути, равна $p(t_{св} \leq t_{кр}) = 0,5$. Если директивный срок T_d установлен меньше продолжительности критического пути, вероятность свершения события к директивному сроку меньше 0,5 и может быть рассчитана с помощью функции распределения нормального отклонения (нормированная функция Лапласа) $\Phi(i) + 0,5$, приводимой в справочниках по вероятностным методам [1 с.584, 2 с.411, 3 с.578]. Нормальное отклонение "и" равно разности между директивным сроком и продолжительностью критического пути (с учётом знака), отнесённой к среднеквадратическому отклонению продолжительности критического пути.

Если вероятность свершения завершающего события меньше 0,35, считается, что опасность нарушения директивного срока настолько велика, что необходимо повторное планирование с перераспределением или дополнительным привлечением ресурсов на работы критического пути. Если эта вероятность больше 0,65 (что имеет место при директивном сроке, превышающем продолжительность критического пути), целесообразно перепланировать весь СГ, так как на всех работах, включая критические, имеются избыточные ресурсы. В задаче требуется определить вероятности свершения завершающего события в сроки, указанные в таблице 4, и построить график вероятности в зависимости от отношения директивного срока к критическому.

Среднеквадратическое отклонение продолжительности критического пути определяется по формуле

$$\delta_{кр} = \sqrt{D_{ткр}},$$

где $D_{ткр}$ - дисперсия срока наступления завершающего события, равная сумме дисперсий работ критического пути.

Таблица 4- Вероятности свершения завершающего события в директивный срок (К - номер фамилии студента в журнале)

В днях

Наименование показателя	Отношение директивного срока к критическому							
	0,80+ 0,002К	0,85+ 0,002К	0,90+ 0,002К	0,95+ 0,002К	1,00+ 0,002К	1,05+ 0,002К	1,10+ 0,002К	1,15+ 0,002К
Критический срок Среднеквадратическое отклонение Директивный срок Нормальное отклонение Вероятность свершения								

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЁТУ СТОИМОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОГО ГРАФИКА

3.1 Расчёт трудоёмкости работ

Для упрощения расчётов трудоёмкости работы T_{ij} удобно ввести понятие приведённой к ИНЖ численности работающих $Ч_{ij}$. Для расчёта приведённой ИНЖ - численности необходимо вначале рассчитать коэффициент перерасчёта K_k численности работающих k -ой категории в ИНЖ численность, равный отношению средней заработной платы работающих k - ой категории $З_k$ к средней заработной плате ИНЖ $З_{инж}$. Должностные оклады персонала НИИ и КБ приведены в таблице 5.

Очевидно, для ИНЖ коэффициент перерасчёта $k_{инж} = 1$, для научных сотрудников он будет больше 1, а для лаборантов - меньше 1.

Найдя приведённую численность работы $Ч_{ij}$, определяем приведённую к ИНЖ-дням трудоёмкость работы T_{ij} умножением приведённой численности на ожидаемую продолжительность t_{ij} .

Таблица 5- Должностные оклады персонала НИИ и КБ

Категория персонала	Месячный должностной оклад, руб./мес
Научные сотрудники	900...1100
Инженеры	700...800
Лаборанты	250...400

3.2 Расчёт сметной стоимости работ

Сметную стоимость работы можно упрощённо подсчитать, зная её приведённую трудоёмкость в ИНЖ-днях и среднюю стоимость одного ИНЖ-дня, $C_{дн}$. Последняя складывается из затрат, представленных в укрупнённом виде в таблице 6.

Среднедневная заработная плата одного инженера рассчитывается делением среднемесячной заработной платы одного инженера (основной и дополнительной)

на среднее число рабочих дней в месяце, установленное в законодательном порядке. Остальные статьи затрат рассчитываются по соотношениям, приведённым в таблице 6. Результаты расчётов вносятся в таблицу 7.

Таблица 6 - Статьи затрат на проведение НИР

В руб.	
Наименование	Соотношение затрат
Основная заработная плата, Зосн	Прямой расчет
Дополнительная заработная плата, Здоп	$(0,10 \dots 0,12) \text{Зосн}$
Отчисление на социальное страхование, Осоц	$0,054(\text{Зосн} + \text{Здоп})$
Отчисления в пенсионный фонд, Оп	$0,28(\text{Зосн} + \text{Здоп})$
Отчисление на медицинское страхование, Омед	$0,036(\text{Зосн} + \text{Здоп})$
Отчисления в фонд занятости, Оз	$0,015(\text{Зосн} + \text{Здоп})$
Стоимость материалов, покупных изделий и полуфабрикатов, См	$(0,15 \dots 0,75) \text{Зосн}$
Накладные расходы, Нр	$(0,45 \dots 0,85) \text{Зосн}$
Командировочные расходы, Кр	$(0,15 \dots 0,20) \text{Зосн}$
Контрагентские услуги сторонних организаций, Ку	$(0,20 \dots 0,50) \text{Зосн}$
Стоимость оборудования и приборов, Со	$(0,40 \dots 0,60) \text{Зосн}$

Таблица 7 - Трудоёмкость и сметная стоимость работ сетевого графика

Код работы	Ожидаемая продолжительность, дн	Категория персонала, чел.			Приведенная численность, инж.	Приведенная трудоёмкость, инж-дн	Среднедневная заработная плата инж, руб./дн	Среднедневные прочие затраты, руб./дн	Стоимость одного инж-дня, руб./дн	Сметная стоимость ра-
		НС	инженер	лаборант						
Итого										

3.3 Построение графиков "Время - затраты"

Сокращение продолжительности работы требует привлечения на неё дополнительных ресурсов. В общем случае зависимость между продолжительностью работы t_{ij} и затратами C_{ij} на её выполнение нелинейная (кривая 1 на рисунке 2), которую для упрощения расчётов аппроксимируют прямой линией (2 на рисунке 2).

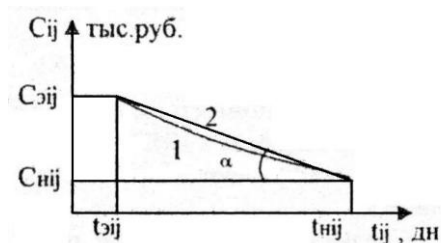


Рисунок 2 График "Время – затраты"

Для каждой работы должны быть определены следующие параметры:

- 1) нормальная продолжительность работы $t_{нij}$, обычно совпадающая с её ожидаемой продолжительностью;
- 2) соответствующие нормальной продолжительности минимальные затраты $C_{нij}$;
- 3) минимально- возможная продолжительность работы $t_{эij}$ в случае её выполнения в экстренном порядке;
- 4) соответствующие минимально - возможной продолжительности работы максимальные затраты $C_{эij}$.

Тангенс угла наклона $tg \alpha$ линейной функции затрат (рисунок 2) называется коэффициентом роста затрат S_{ij} . Для аппроксимированного графика его величина определяется отношением величины прироста затрат $C_{эij} - C_{нij}$ к величине сокращения продолжительности $t_{нij} - t_{эij}$.

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

Графики "Время - затраты" необходимо построить только для работ критического пути СГ, частично оптимизированного после выполнения п.1.8. Продолжительность для экстренного режима выполнения работ принимать по формуле

$$t_{эij} = t_{нij} \beta,$$

где $\beta = 0,35 \dots 0,55$ (с точностью 0,01, не повторяясь более чем у двух работ). Максимальные затраты принимать по формуле

$$C_{эij} = \gamma C_{нij},$$

где $\gamma = 1,75 \dots 2,50$ (с точностью 0,05; не повторяясь более чем у двух работ)

Если в ходе оптимизации (см.п.4.1) появляется ещё ряд критических работ, для них графики "Время – затраты" строятся аналогично.

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕВОГО ГРАФИКА

4.1 Перераспределение средств

Вначале необходимо провести оптимизацию СГ путём перераспределения ресурсов из резервной зоны в критическую. Задача оптимизации ставится так: какие силы и средства следует перебросить с одних работ на другие, чтобы время выполнения всего комплекса стало минимальным?

Переброска ресурсов возможна только между работами, у которых время их выполнения полностью или в большей своей части перекрывается. Снимая часть персонала и других ресурсов с резервной работы и направляя их на критическую работу, мы удлиняем продолжительность выполнения первой работы и сокращаем продолжительность второй.

Упрощённо новую продолжительность работы можно посчитать, используя

данные п.3.1. Для этого будем считать, что перераспределение трудовых ресурсов осуществляется в приведённой ИНЖ - численности, а приведённая ИНЖ - трудоёмкость работы при изменении численности не меняется. Тогда новую продолжительность работы легко подсчитать делением её приведённой ИНЖ – трудоёмкости на изменённую ИНЖ - численность.

При выполнении перераспределения ресурсов необходимо учитывать, что из-за ограниченности фронта работ численность исполнителей по отдельно взятой работе не должна возрастать или уменьшаться более чем в 1;5...2 раза.

Переход от изменённой ИНЖ - численности к численности сотрудников по категориям необходимо осуществлять так, чтобы структура численности оставалась неизменной.

Результаты перераспределения ресурсов следует оформить в виде таблицы Ж.1 . приложения Ж.

4.2 Привлечение дополнительных средств

Директивный срок выполнения комплекса работ установлен в задании по оптимизации графика равным 0,8 продолжительности критического пути, полученной после оптимизации по п.4.1. Для этого необходимо привлечение дополнительных ресурсов на работы критического пути. Задача оптимизации ставится так: какие дополнительные средства и в какие работы следует вложить, чтобы общий срок выполнения СГ был равен директивному, а расход дополнительных средств был минимален?

Ход оптимизации следующий. Выбирается работа критического пути, у которой коэффициент роста затрат минимален и производится сокращение её продолжительности до большей из следующих величин:

- 1) своего минимально - возможного значения;
- 2) того промежуточного значения, при котором в сетевом графике параллельно данной работе появляется ещё одна ветвь критического пути.

В случае (1) дальнейшее сокращение продолжительности одной работы не ведёт к сокращению продолжительности критического пути, так как прежняя ветвь критического пути, проходившая через эту работу, исчезает. Теперь придётся сокращать продолжительности двух работ, лежащих на старой и новой ветвях критического пути, если окажется, что сумма их коэффициентов роста затрат минимальна. Если же есть другая работа, у которой её коэффициент роста затрат меньше суммы коэффициентов роста у этих двух работ, то сокращать в первую очередь необходимо её.

Можно принять правило, что претендентами на сокращение продолжительностей являются:

- 1) одиночные работы, если параллельно им не проходят другие критические пути в ходе самого сокращения;
- 2) две и большее число работ одновременно, лежащие на параллельных ветвях критических путей, существующих до начала сокращения продолжительностей работ или появляющихся в ходе такого сокращения. В этом случае претендентов на сокращение продолжительности подбирают по

минимуму коэффициентов роста затрат одиночных работ и сумм коэффициентов роста затрат работ, лежащих на параллельных ветвях критических путей.

После достижения заданного директивного срока подсчитывается потребовавшаяся для этого сумма дополнительных средств.

Результаты привлечения средств следует оформить в виде таблицы Ж.2. приложения Ж.

4.3 Выравнивание занятости работников

Занятость работников различной категории оказывается неравномерной в ходе выполнения комплекса работ. Это приводит к завышению потребности в них с одновременным снижением среднего уровня занятости и, как следствие, к перерасходу заработной платы. 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 приближенного решения этой задачи составляется карта проекта (график перераспределения ресурсов). Каждая работа вычерчивается в масштабе, причём работы критического пути вытягиваются в одну горизонтальную линию. Под стрелкой, изображающей работу, помещается в виде висящего флажка набор чисел, указывающих численность работников каждой категории, занятых выполнением данной работы. Резерв времени работы не критического пути показывается пунктирной линией. В исходной карте проекта, построенной для оптимизированного графика, все работы изображаются начинающимися в свои ранние сроки.

Под картой проекта в масштабе строятся диаграммы занятости работников соответствующих категорий, причём части графиков, изображающие занятость на работах критического пути, заштриховываются.

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 всех диаграммах и тем самым получить более равномерную занятость работников. Исходные диаграммы численности изображаются пунктирными, а окончательные - сплошными линиями. Окончательная карта проекта изображается аналогично исходной в том же масштабе для удобства их сопоставления под диаграммами занятости работников.

В приложении И приведён пример построения и оптимизации СГ "Стенд".

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. – М.: Мир, 1979.-638с.
2. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.А. Высшая математика в упражнениях и задачах. - М.: ВШ, 1997.-Ч.2-416с.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984.-831с.
4. Организация и планирование радиотехнического производства. Управление предприятием радиопромышленности. / Под ред. А.И. Кноля и Г.М. Лапшина. – М.:ВШ, 1987.-351с.
5. Организация, планирование приборостроительного производства и управление предприятием / В.А. Петров, Л.П. Беликова, Э.В. Минько и др. – Л.: Машиностроение, 1987.-424с.
6. Сетевые методы планирования и управления: Методические указания к лабораторным работам / Составители: Л.А. Баев, Н.П. Мешковой. Под ред. Н.П. Мешкового. – Челябинск: ЧПИ, 1988.-25с.
7. Сетевые графики планирования / И.М. Разумов, Л.Д. Белова, М.И. Ипатов / 3-е изд., перераб. И доп. – М.:ВШ, 1981.-168с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень обязательных работ сетевого графика

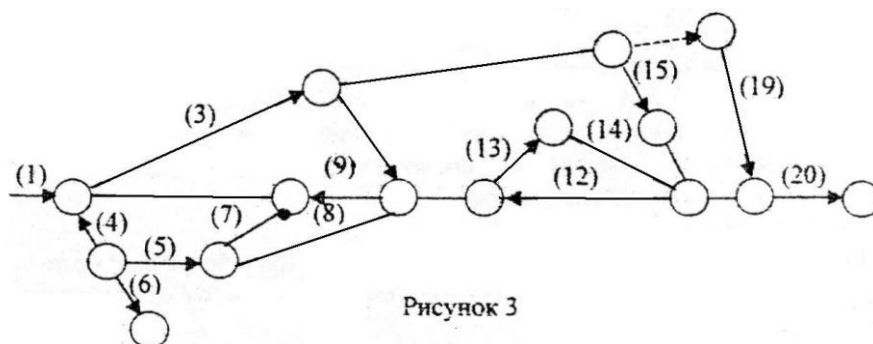
1. Получение и анализ задания на разработку (модернизацию) прибора.
2. Подбор литературы, включая иностранную и патентную.
3. Анализ литературы (выявление аналогов и эффективных технических решений).
4. Подбор технической документации (разработок родственных фирм, включая зарубежные).
5. Анализ технической документации (выявление аналогов и эффективных технических решений).
6. Выявление аналогов, изготовленных в натуре (в металле).
7. Анализ аналогов и выбор прототипа *
8. Проведение маркетинговых исследований.
9. Разработка технических предложений по модернизации прототипа и разработке нового прибора. Согласование с заказчиком.
10. Анализ функциональной недостаточности и избыточности прототипа.
11. Выдвижение и проработка предложений по модернизации прототипа.
12. Изучение условий и режимов эксплуатации разрабатываемого (модернизируемого) прибора.
13. Разработка мероприятий по БЖД.
14. Доработка модели прототипа в соответствии с предложениями по его модернизации.
15. Моделирование работы прототипа с учетом предложений по его модернизации в требуемых условиях и режимах.
16. Выявление эффективных технических решений требуемых функций (работ) в аналогах, изготовленных в натуре (металле).
17. Разработка модели нового прибора.
18. Разработка СГ.
19. Моделирование работы нового прибора в требуемых режимах и условиях.
20. Разработка функциональной схемы модернизируемого прототипа.
21. Разработка функциональной схемы нового прибора.
22. Разработка структурной схемы модернизируемого прототипа.
23. Разработка структурной схемы нового прибора.
24. Выбор оптимального варианта и согласование с заказчиком.
25. Разработка основных принципиальных конструкторских решений.
26. Разработка конструкторских решений сборочных единиц и деталей.
27. Разработка основных принципиальных технологических решений.
28. Разработка технологических решений сборочных единиц и деталей.
29. Расчет показателей эффективности.
30. Сдача заказчику.

* В качестве прототипа могут выступать один, два, три и более приборов-аналогов, совместно выполняющих требуемые функции (работы) разрабатываемого прибора.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень дополнительных работ сетевого графика

1. Изучение технологии изготовления прототипа.
2. Ознакомление с математическим описанием элементов прототипа.
3. Ознакомление с математической моделью прототипа.
4. Проведение экспериментов по проверке адекватности математической модели прототипу.
5. Математическое описание новых элементов по модернизации прототипа.
6. Анализ выявленных эффективных технических решений, реализующих требуемые функции.
7. Ознакомление со структурной схемой прототипа.
8. Разработка критериев оценки качества функций.
9. Сбор и систематизация технико-экономической информации по выявленным техническим решениям требуемых функций.
10. Ранжирование выявленных эффективных технических решений требуемых функций по критериям качества.
11. Ранжирование выявленных эффективных технических решений требуемых функций по затратам на их разработку, изготовление и эксплуатацию.
12. Разработка рекомендаций по результатам маркетинговых исследований.
13. Анализ затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию прототипа.
14. Анализ литературы по БЖД.
15. Ознакомление с функциональной схемой прототипа.
16. Составление обзора по литературе.
17. Проверка адекватности модели разрабатываемому новому прибору.
18. Составление рекомендаций по результатам анализа технической документации.
19. Математическое описание элементов нового объекта.
20. Ранжирование реализуемых прототипом функций по критериям качества.
21. Ранжирование реализуемых прототипом функций по затратам на их разработку, изготовление и эксплуатацию.
22. Анализ функций прототипа.
23. Оформление ПЗ.
24. Подбор литературы по БЖД



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Продолжительность обязательных работ и численность исполнителей (К-номер фамилии студента в журнале)

Номер работы	Продолжительность, дн		Номер работы	Продолжительность, дн	
	минимальная	максимальная		минимальная	максимальная
1	5+K(mod 4)	12+K(mod 3)	16	37+K(mod 5)	68+K(mod 8)
2	13+K(mod 7)	31+K(mod 9)	17	13+K(mod 6)	31+K(mod 8)
3	15+K(mod 8)	35+K(mod 9)	18	8+K(mod 6)	18+K(mod 5)
4	22+K(mod 7)	47+K(mod 9)	19	7+K(mod 5)	16+K(mod 6)
5	8+K(mod 6)	18+K(mod 8)	20	7+K(mod 6)	17+K(mod 7)
6	4+K(mod 4)	11+K(mod 5)	21	4+K(mod 5)	6+K(mod 6)
7	13+K(mod 7)	32+K(mod 8)	22	8+K(mod 6)	10+K(mod 7)
8	20+K(mod 6)	50+K(mod 7)	23	10+K(mod 7)	12+K(mod 7)
9	11+K(mod 6)	24+K(mod 7)	24	4+K(mod 8)	6+K(mod 8)
10	18+K(mod 5)	28+K(mod 6)	25	3+K(mod 4)	4+K(mod 4)
11	21+K(mod 4)	42+K(mod 9)	26	21+K(mod 7)	32+K(mod 8)
12	5+K(mod 5)	15+K(mod 8)	27	20+K(mod 9)	35+K(mod 9)
13	14+K(mod 7)	32+K(mod 9)	28	22+K(mod 7)	43+K(mod 8)
14	15+K(mod 6)	36+K(mod 8)	29	15+K(mod 6)	21+K(mod 7)
15	28+K(mod 7)	40+K(mod 9)	30	1+K(mod 7)	2+K(mod 8)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Продолжительность дополнительных работ и численность исполнителей (К-номер фамилии студента в журнале)

Номер работы	Продолжительность, дн		Номер работы	Продолжительность, дн	
	минимальная	максимальная		минимальная	максимальная
1	12+K(mod 6)	24+K(mod 8)	13	3+K(mod 2)	6+K(mod 3)
2	2+K(mod 2)	5+K(mod 3)	14	3+K(mod 3)	7+K(mod 3)
3	10+K(mod 7)	20+K(mod 8)	15	9+K(mod 5)	18+K(mod 7)
4	6+K(mod 3)	12+K(mod 4)	16	4+K(mod 2)	7+K(mod 3)
5	20+K(mod 8)	35+K(mod 10)	17	10+K(mod 5)	19+K(mod 6)
6	25+K(mod 9)	45+K(mod 11)	18	12+K(mod 6)	22+K(mod 8)
7	2+K(mod 2)	5+K(mod 3)	19	10+K(mod 9)	15+K(mod 10)
8	18+K(mod 7)	30+K(mod 9)	20	15+K(mod 7)	26+K(mod 8)
9	10+K(mod 5)	19+K(mod 6)	21	9+K(mod 4)	16+K(mod 5)
10	16+K(mod 8)	30+K(mod 8)	22	12+K(mod 5)	20+K(mod 7)
11	7+K(mod 5)	15+K(mod 6)	23	10+K(mod 4)	18+K(mod 6)
12	4+K(mod 3)	8+K(mod 3)	24	10+K(mod 7)	22+K(mod 8)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Определение исходных данных индивидуального задания

В состав работ сетевого графика входят обязательные и дополнительные работы, наименования которых приведены в приложениях А, Б, В, Г. Работы обязательного перечня должны входить в сетевой график каждого варианта полностью, а из дополнительного перечня в каждом варианте используется только двенадцать работ, которые задаются индивидуально следующим образом.

1. Из матрицы номеров дополнительных работ (таблица Д. 1) выбираются столбцы, номера которых заданы в приложении Е в соответствии с номерами варианта К и условным номером академической группы N.

2. Полученные в соответствующих столбцах, с учётом индивидуального варианта К числа, меньше 24, являются номерами работ дополнительного списка. Для чисел, больших 24, соответствующие номера работ на 24 единицы меньше.

Таблица Д.1 - Матрица номеров дополнительных работ

Номер столбца	1	2	3	4	5	6	7
Номер работы	К+1 К+8 К+15	К+2 К+9 К+16	К+3 К+10 К+17	К+4 К+11 К+18	К+5 К+12 К+19	К+6 К+13 К+20	К+7 К+14 К+21

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Номера столбцов матрицы дополнительных работ

Номер варианта	Номера столбцов в матрице работ				
	1	2	3	4	5
1	1234	2467	2346	1357	1256
2	1235	2567	2347	1367	1257
3	1236	3456	2356	1456	1267
4	1237	3457	2357	1457	1345
5	1245	3467	2367	1467	1346
6	1246	3567	2456	1567	1347
7	1247	4567	2457	2345	1356
8	1256	1234	2467	2346	1357
9	1257	1235	2567	2347	1367
10	1267	1236	3456	2356	1456
11	1345	1237	3457	2357	1457
12	1346	1245	3467	2367	1467
13	1347	1246	3567	2456	1567
14	1356	1247	4567	2457	2345
15	1357	1256	1234	2467	2346
16	1367	1257	1235	2567	2347
17	1456	1267	1236	3456	2356
18	1457	1345	1237	3457	2357
19	1467	1346	1245	3467	2367
20	1567	1347	1246	3567	2456
21	2345	1356	1247	4567	2457
22	2346	1357	1256	1234	2467
23	2347	1367	1257	1235	2567
24	2356	1456	1267	1236	3456

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Формы таблиц для оптимизации сетевого графика

Таблица Ж.1-Оптимизация путём перераспределения ресурсов

Параметры работ, с которых снимаются ресурсы							Параметры работ, на которые привлекаются ресурсы						
код работы	приведенная трудоёмкость, инж. дн	до снятия		снимаемая численность, инж.	после снятия		код работы	приведенная трудоёмкость, инж. дн	до привлеч.		привлекаемая численность, инж.	после привлеч.	
		ожидаемая	приведенная численность, инж.		ожидаемая	приведенная			ожидаемая	приведенная численность, инж.		ожидаемая	приведенная численность, инж.
3,5	537.5	25	21.5	-6.5	36	15	3,8	680	34	20.0	6.5	26	26.5
8,12	275.5	19	14.5	-2.5	23	12	8,9	136	16	8.5	2.5	13	11.0
11,18	564.0	24	23.5	-7.5	36	16	9,12	204	24	8.5	2.5	19	11.0
-	-	-	-	-	-	-	16,18	675	30	22.5	5.0	25	27.5

Таблица Ж.2-Оптимизация путём привлечения дополнительных средств

Код работы	Нормальный режим		Экстренный режим		Коэффициент роста затрат, тыс. руб.	Номер шага оптимизации	Сокращено дней, дн	Добавленные затраты, тыс. руб.	Принятый режим	
	Ожидаемая продолжительность, дн	Сметная стоимость, тыс. руб.	Ожидаемая продолжительность, дн	Сметная стоимость, тыс. руб.					Ожидаемая продолжительность, дн	Сметная стоимость, тыс. руб.
0,1	10	4139	4	7243	517	1	6	3104	4	7243
1,2	34	22964	17	43172	1189	-	0	0	34	22964
1,3	23	10523	9	18520	571	4	2	1142	21	11665
Итого	-	-	-	-	-	-	8	4246	59	41872

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Пример построения и оптимизации СГ “Стенд”

Перечень работ сетевого графика “Стенд”

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел.		
		мин.	макс.	ожд.	рук.	инж.	лаб.
0,1	Разработка ТЗ на стенд	5	10	7	1	3	1
1,2	Сбор данных по объектам испытаний	14	28	20	1	2	3
1,3	Составление спецификаций приборов и комплектующих изделий	7	14	10	1	1	3
1,6	Разработка эскизного проекта стенда	20	32	25	1	3	2
2,5	Разработка методики испытаний	8	12	10	1	5	0
3,4	Оформление заказов на приборы и комплектующие изделия	3	5	4	1	0	2
4,6	Ожидание информации о приборах	7	10	8	0	0	0
4,9	Поставка приборов и комплектующих	45	90	63	0	0	1
5,8	Составление программ испытаний	20	30	24	1	3	3
6,7	Разработка технического проекта стенда	30	45	36	1	4	5
6,8	Проектирование оснастки	22	30	25	1	3	4
7,8	Разработка рабочей документации стенда	20	30	24	1	2	6
8,9	Изготовление деталей стенда и оснастки	30	45	36	1	2	5
8,10	Составление инструкций по испытаниям	10	20	14	1	2	1
9,10	Монтаж и наладка стенда	15	30	21	1	5	4

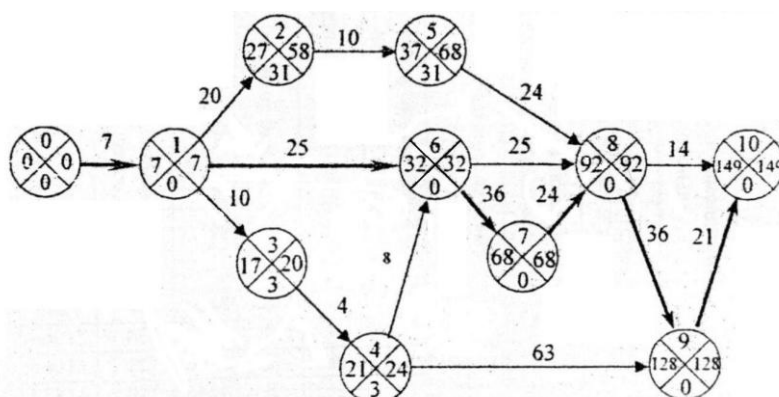


Рисунок И.1 Сетевой график “Стенд”

Таблица И.1 -Параметры работ сетевого графика "Стенд"

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени				Коэффициент напряжённости
		ранний	поздний	ранний	поздний	полный	частный 1 рода	частный 2 рода	свободный	
0,1	7	0	0	7	7	0	0	0	0	1
1,2	20	7	38	27	58	31	31	0	0	0,635
1,3	10	7	10	17	20	3	3	0	0	0,880
1,6	25	7	7	32	32	0	0	0	0	1
2,5	10	27	58	37	68	31	0	0	-31	0,635
3,4	4	17	20	21	24	3	0	0	-3	0,880
4,6	8	21	24	29	32	3	0	3	0	0,880
4,9	63	21	65	84	128	44	41	44	41	0,636
5,8	24	37	68	61	92	31	0	31	0	0,635

1. Ранний срок начала работы равен раннему сроку свершения её начального события:
 $T_{рнij} = T_{pi}$.

2. Поздний срок начала работы равен разности между поздним сроком свершения её конечного события и ожидаемой продолжительностью работы:

$$T_{пнij} = T_{пj} - t_{ij}.$$

3. Ранний срок окончания работы равен сумме раннего срока свершения её начального события и ожидаемой продолжительностью работы:

$$T_{роij} = T_{pij} + t_{ij}.$$

4. Поздний срок окончания работы равен позднему сроку свершения её конечного события:

$$T_{поij} = T_{пj}.$$

5. Полный резерв времени работы: $R_{пij} = T_{пj} - T_{pi} - t_{ij}$.

6. Частный резерв времени первого рода : $R^1_{пij} = T_{пj} - T_{пi} - t_{ij}$.

7. Частный резерв, времени второго рода : $R^2_{пij} = T_{рj} - T_{pi} - t_{ij}$.

8. Свободный (независимый) резерв времени работы: $R_{сij} = T_{рj} - T_{пi} - t_{ij}$.

9. Коэффициент напряжённости работы:

$$K_{нij} = \frac{t[L_{\text{несовп. макс}}]}{t[L_{\text{кр}}]},$$

где $t[L_{\text{несовп. макс}}]$ - продолжительность отрезков пути, проходящего через данную работу, на совпадающих с критическим путём,

$t[L_{\text{кр}}]$ - продолжительность отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путём, проходящим через данную работу.

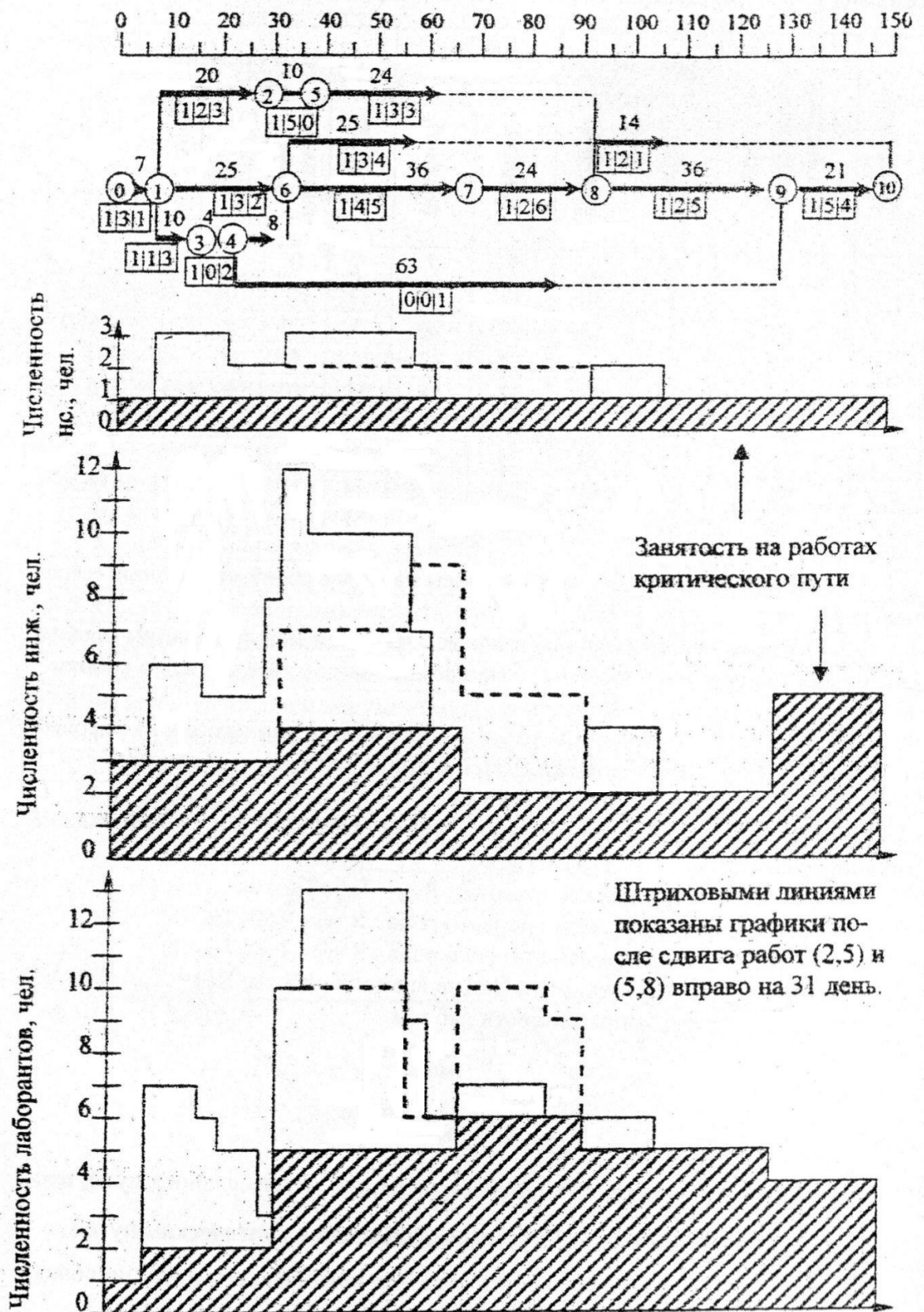


Рисунок И.2 – Выравнивание занятости работников