

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Морской институт
Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

Расчет и построение сетевого графика

Методические указания
к практическим занятиям

Севастополь
СевГУ
2017

УДК 005.82:629.5.02 (076.5)
ББК 39.42-06 я7
Р 248

Рецензент: В.С. Игнатович - к.т.н., доцент

Составители: К.В. Перепадя, Г.В. Лекарев

Р 248 Расчет и построение сетевого графика: метод. указания к практическим занятиям /сост. К.В. Перепадя, Г.В. Лекарев. – Севастополь: СевГУ, 2017. – 27 с.: ил.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении задания по практической работе при изучении инструментов качества и основ сетевого планирования и управления.

УДК 005.82:629.5.02 (076.5)
ББК 39.42-04 я7

Рассмотрено и рекомендовано на заседании учебно-методического совета в качестве методических указаний к практическим занятиям по дисциплинам "Управление качеством продукции" и "Подготовка производства в судостроении" для студентов направления подготовки 26.04.02 - Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры (уровень магистратуры) и специальности 26.05.01 – Проектирование и постройка кораблей, судов и объектов океанотехники всех форм обучения

Издательский номер **04/17**

© **ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2017**

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Сущность и назначение метода сетевого планирования и управления	4
2 Основные понятия и элементы сетевых графиков	5
3 Основные этапы разработки и использования сетевых графиков	6
3.1 Формирование полного перечня работ и установление причинно-следственных связей между ними.....	6
3.2 Построение структурного плана сетевого графика и нумерация событий и работ	8
3.3 Определение ожидаемого времени работ и расчет параметров сетевого графика	10
3.4 Оптимизация и календаризация сетевых графиков	17
3.5 Управление ходом выполнения работ с помощью сетевого графика	19
4 Порядок выполнения задания	20
Библиографический список.....	23
Приложение А – Исходные данные для расчета и построения сетевого графика	24
Приложение Б – Форма титульного листа.....	26

1 Сущность и назначение метода сетевого планирования и управления

Судостроительные предприятия могут приступить к постройке судна только тогда, когда они в полном объеме выполняют **подготовку производства к постройке судов нового проекта**, состоящую из следующих основных видов подготовки производства: конструкторской, технологической, организационной, материально-технической, технического перевооружения и реконструкции предприятия к постройке судов нового проекта, подготовки кадров, экономической и социально-психологической.

Основной функцией организационной подготовки производства, которая представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих постройку судов полными комплектами организационно-технологических документов, а также организацию новых видов производств и специализированных подразделений, является согласование коллективных действий всех участников создания судна на стадиях научных исследований, конструкторской подготовки производства у проектанта судна, комплексной подготовки производства на предприятии-строителе, изготовления и поставки комплектующих изделий, испытаний и сдачи судна заказчику.

В состав общих организационно технологических документов входит, в том числе и генеральный график создания головного судна предназначенного для организации функционирования системы контроля за его постройкой на уровне заказчика и содержащий **сетевую модель**, отображающую последовательность наступления типовых событий процесса создания головного судна на стадиях проектирования, подготовки производства, постройки и испытаний, а также изготовления и поставки основного контрагентского оборудования.

Сетевое планирование и управление - это графическое представление комплекса работ, ориентированное на выполнение конечной цели. Иногда сетевые графики называют сетевыми моделями, так как они в одном образе позволяют представить весь комплекс работ и их характеристики при планировании и выполнении какого-либо проекта. Важнейшее преимущество этого метода состоит в том, что он позволяет формализовать организационно-экономическую сущность выполняемой разработки и ее элементов, обеспечивающих использование при планировании и управлении математических методов и вычислительной техники.

Метод СПУ дает возможность определения сравнительно точной оценки объема, продолжительности и сроков выполнения предстоящих работ; увязки их логической и технологической взаимосвязи и последовательности; позволяет выбрать из всего комплекса работ для особого контроля те,

которые определяют общий срок выполнения всего проекта.

Многочисленные примеры плодотворного применения метода СПУ в практике организации производства доказывают его бесспорное преимущество перед известными методами планирования и управления.

Организация работы на основе СПУ осуществляется в единой системе по следующим этапам:

1. Формирование полного перечня работ, предшествующих завершающему событию, и установление причинно-следственных связей между ними.
2. Построение структурного плана графика и нумерация событий.
3. Определение ожидаемого времени выполнения работ и расчет параметров сетевого графика.
4. Оптимизация сетевого графика.
5. Календаризация графика.
6. Управление ходом выполнения работ. Прежде чем знакомиться с содержанием каждого этапа, рассмотрим основные понятия и элементы сетевых графиков.

2 Основные понятия и элементы сетевых графиков

Основой системы СПУ является сетевой график (см. рисунок 9). Он состоит из двух элементов - событий и работ.

Под событием понимается наступление некоторого факта, соответствующего окончанию и одновременно возможности начала одной или нескольких работ. Например, завершение разработки чертежей, утверждение отчета, приемка опытного образца изделия и т.п. Событие не имеет продолжительности во времени, то есть совершается мгновенно. Событие, стоящее в начале сетевого графика называется исходным событием. Событие, стоящее в конце сетевого графика, называется завершающим событием. На графиках событие обозначается по-разному: окружностями , квадратами , эллипсами  и т.п.

Под работой понимается некоторый процесс, действие, переводящее одно событие в другое. Например, работа над чертежами, написание отчета, работа по приемке опытного образца изделия и т.п. Работы бывают действительными и фиктивными. Действительные работы требуют затрат времени, трудовых и материальных ресурсов. Фиктивные работы указывают только на причинную взаимосвязь между работами и не требуют затрат времени и ресурсов. Действительные работы на графике обозначаются стрелками, фиктивные работы - пунктирными стрелками. Длина и направление стрелок-работ на графике не имеют значения. Каждая работа начинается начальным событием и заканчивается конечным событием.

Все события и работы кодируются в числовой форме. Причем событие

имеет своим кодом одно число, а работа два числа: первое соответствует номеру начального события, второе - номеру конечного события работы.

Любая непрерывная последовательность работ - стрелок от исходного до завершающего события графика называется путем. Длина пути определяется продолжительностью (во времени) составляющих его работ. Критический путь - это наиболее продолжительная цепочка работ, ведущая от исходного до завершающего события. Именно длительность критического пути определяет сроки начала и завершения всего комплекса работ. Свойства, присущие работам критического пути, в значительной мере определяют эффективность сетевых графиков.

Схема структуры сетевого графика, определяющая только лишь технологические и логические взаимосвязи между работами, называется структурным планом сетевого графика (см. рисунок 3.8).

3 Основные этапы разработки и использования сетевых графиков

Последовательность и правила построения и расчета сетевых графиков рассмотрим на примере планирования технологической подготовки производства опытного образца сложного изделия.

3.1 Формирование полного перечня работ и установление причинно-следственных связей между ними

Разработка сетевого графика начинается с формирования совокупности работ, выполнение которых необходимо для достижения поставленной цели. Для решения этой задачи нужно, чтобы разработчики сетевого графика не только в совершенстве владели методами СПУ, но и были компетентными специалистами в той области науки, техники или производства, где эти методы они применяют. Составление перечня работ, предшествующих завершающему событию, осуществляется на основе исследования объекта планирования. Это требует тщательного изучения технического задания на разработку; соответствующей специальной литературы; действующих в данной организации инструкций, нормативных материалов, методик; конкретных производственных условий (предполагаемое количество исполнителей и их специализацию, наличие необходимого оборудования, приспособлений, инструментов и других ресурсов).

Сформированный перечень работ для разработки сетевого графика технологической подготовки производства опытного образца изделия сводится в таблицу 3.1.

Наличие фиктивных работ выясняется в процессе построения сети (работы 25 и 26, рисунок 3.8).

Для построения структурного плана сетевого графика выявляются причинно-следственные связи между работами, обусловленные технологической

Таблица 3.1

№ ра- боты	Перечень работ	Продолжитель- ность работ
1	Получение рабочих чертежей	1
2	Оформление заказов на материалы и покупные узлы	5
3	Получение материалов	7
4	Получение покупных деталей	25
5	Разработка маршрутной технологии	10
6	Разработка технологии изготовления заготовок	6
7	Выдача заказа на проектирование оснастки горячих цехов	1
8	Проектирование оснастки горячих цехов	20
9	Разработка технологии механической обработки	14
10	Выдача заказа на проектирование оснастки механиче- ских цехов	1
11	Проектирование оснастки механических цехов	15
12	Разработка технологии сборки	5
13	Выдача заказа на проектирование оснастки сбороч- ных цехов	1
14	Проектирование оснастки горячих цехов	10
15	Изготовление оснастки	35
16	Изготовление деталей	30
17	Сборка узлов	10
18	Испытание узлов	5
19	Общая сборка изделия	10
20	Испытания и приемка изделия	5
21	Разработка технологии испытания	12
22	Выдача заказа на проектирование стенда	3
23	Проектирование стенда	30
24	Расчет стенда на вибропрочность	25
27	Изготовление деталей стенда	30
28	Сборка стенда	16
29	Размещение заказов на КИП	5
30	Получение КИП	15

и логической последовательностью их выполнения во времени. Причинно-следственные связи между работами устанавливаются при выяснении вопросов: Какая работа предшествует данной работе? Какая работа следует за ней? Ответ на первый вопрос определяет перечень работ, предшеству-

ющих данной работе. Ответ на второй вопрос определяет работы, непосредственно следующие за данной. Для комплекса работ, представленных в таблице 3.1, выявленные причинно-следственные связи заносим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 - Причинно-следственные связи между работами (работы обозначены условными номерами)

1 < 2, 5	3, 15 < 16
2 < 3, 4	4, 16 < 17
1 < 2 < 4 < 17	23 < 24, 27, 29
1 < 2 < 3 < 16	25, 27, 30 < 28
1 < 5 < 6, 9, 12, 21	23 < 24 < 25 < 28
5 < 6 < 7 < 8 < 15	23 < 27 < 28
5 < 9 < 10 < 11 < 15	23 < 29 < 30 < 28
5 < 12 < 13 < 14 < 15	17, 26 < 18
5 < 21 < 22 < 23	19, 28 < 20
8, 11, 14 < 15	18 < 19 < 20

Символ < обозначает, что работа 1 предшествует работам 2 и 5, соответственно работа 2 предшествует работе 4.

3.2 Построение структурного плана сетевого графика и нумерация событий и работ

При построении структурного плана сетевого графика следует пользоваться следующими основными правилами.

Правило 1. Если работы А, В и С выполняются последовательно, то на графике они изображаются как показано на рисунке 3.1.

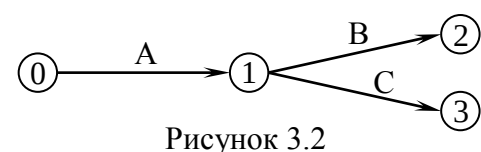


Рисунок 3.1

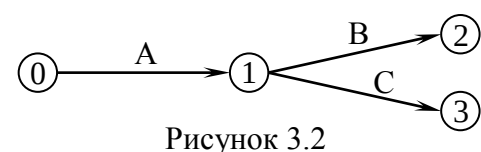


Рисунок 3.2

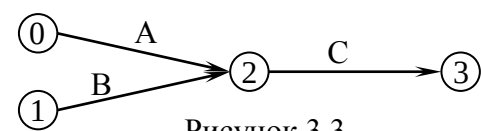


Рисунок 3.3

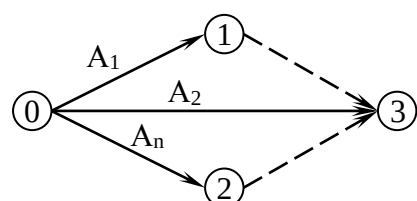


Рисунок 3.4

Правило 2. Если для работ В и С, выполняемых параллельно, необходим результат работы А, то это изображается следующим образом (рисунок 3.2).

Правило 3. Если для выполнения работы С необходим результат работ А и В, то это изображается так (рисунок 3.3).

Правило 4. Если n работ $A_1, A_2, \dots, A_n$ начинаются и заканчиваются одними и теми же событиями, то для того, чтобы эти работы имели разные коды, вводится $n-1$ фиктивных работ (рисунок 3.4).

Правило 5. Если работа С следует за двумя параллельно ведущимися работами А и В, а ра-

бота D следует только за работой B , то такая ситуация изображается так (рисунок 3.5).

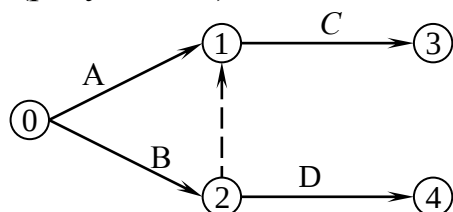


Рисунок 3.5

Правило 6. Каждое событие, за исключением исходного и завершающего, должно иметь не менее одной предшествующей и последующей работы.

Правило 7. В сети не должно быть замкнутых контуров (рисунок 3.6).

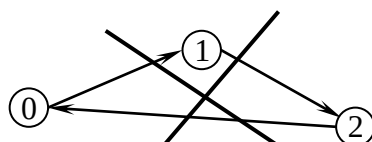


Рисунок 3.6

В соответствии с установленными между работами причинно-следственными связями (таблица 3.2) и правилами 1-7 вычерчивается структурный план сети.

Вначале, как правило, подготавливается черновой вариант структурного плана. Затем он корректируется к виду,

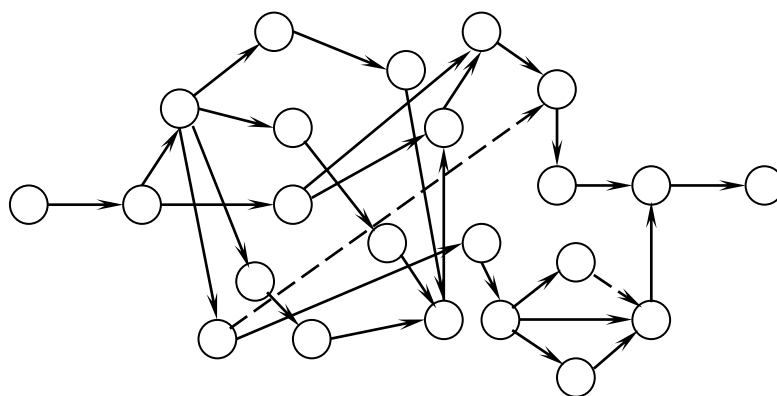


Рисунок 3.7

удобному для работы. При построении структуры графика следует избегать излишних пересечений стрелок-работ и скученности событий. Необходимо добиваться наглядности графика. Так, например, на рисунке 3.7 создается ложное

впечатление сложности графика. Между тем перестановка некоторых событий сразу обнаруживает его простоту (рисунок 3.8).

После проверки и упорядочения графика производится вычерчивание окончательного варианта сети и нумерация событий.

Нумерация событий осуществляется следующим образом. Отыскивается исходное событие графика и ему присваивается ранг 0. (рисунок 3.8), затем на графике вычеркиваются стрелки, выходящие из этого события. Оказавшимся без входящих стрелок событиям присваивается ранг 1. Далее, вычеркивая из события первого ранга стрелки, определяется событие второго ранга. Вообще событию присваивается i -й ранг, если максимальное число стрелок, соединяющее данное событие с событием нулевого ранга, равно i .

После распределения всех событий по рангам осуществляем их нумерацию.

Единственное событие нулевого ранга получает номер 0. События первого ранга в произвольном порядке получают номера

1, 2, ..., n , события второго ранга получают номера $n_1 + 1, n_1 + 2, \dots, n_1 + n_2$, где n_2 - число событий второго ранга и т.д. (см. рисунок 3.8).

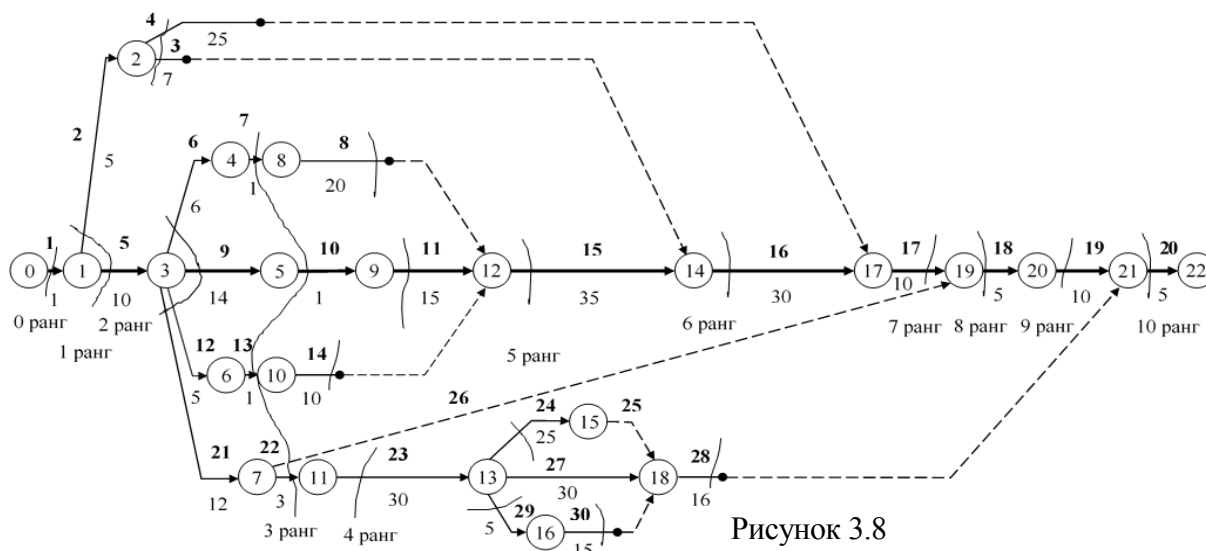


Рисунок 3.8

После нумерации событий каждая работа получает код $i-j$, где i - номер начального события работы; j - номер конечного события работы.

Это необходимо для четкой индексации параметров графика при их расчете.

При построении графика вместо наименования работ можно использовать их условные номера, которые указываются над соответствующей стрелкой (см. рисунок 3.11). На окончательном варианте сетевого графика над стрелками кратко записываются наименования работ (рисунок 3.10).

3.3 Определение ожидаемого времени работ и расчет параметров сетевого графика

Временная оценка работ может быть детерминированной и случайной. Детерминированной оценка называется тогда, когда продолжительность выполнения работы может быть определена точно (Таблица 3.1). Однако, системы сетевого планирования и управления в общем случае применяются для комплекса работ, продолжительность большинства которых не имеет нормативов.

В судостроительной промышленности к ним относятся различные работы на предпроектной и проектной стадиях, научно-исследовательские, опытно-конструкторские и экспериментальные работы, а также работы по изготовлению и испытанию опытных образцов.

Неопределенность оценок продолжительности многих работ в судостроении обуславливает вероятностный характер производственных сетей в отрасли. Если продолжительность выполнения работы имеет вероятностный характер, то оценка называется случайной

Случайная оценка определяется двумя величинами: ожидаемым временем выполнения работы t_{i-j} и дисперсией – мерой неопределенности продолжительности выполнения работы (σ_t^2). Эти величины вычисляются на основании минимальной (t_{min}), максимальной (t_{max}) и наиболее вероятной ($t_{н.в}$) оценки времени по формулам:

$$t_{i-j} = (t_{min} + 4t_{н.в} + t_{max})/6$$

$$\sigma_t^2 = ((t_{max} - t_{min})/6)^2$$

а при наличии только двух оценок t_{min} , и t_{max} по формулам:

$$t_{i-j} = (3t_{min} + 2t_{max})/5$$

$$\sigma_t^2 = 0,04(t_{max} - t_{min})^2$$

В практической деятельности t_{min} , t_{max} и $t_{н.в}$ определяются экспертными комиссиями.

Для примера в таблице 3.3 представлен перечень работ с оценками t_{min} , и t_{max} по созданию поточной линии обработки профильного проката в корпусообработывающем цехе. На рисунке 3.9 представлен укрупненный сетевой график создания поточной линии. В таблице 3.4 приведены результаты расчета математического ожидания продолжительности работ и их дисперсии по выше приведенным формулам.

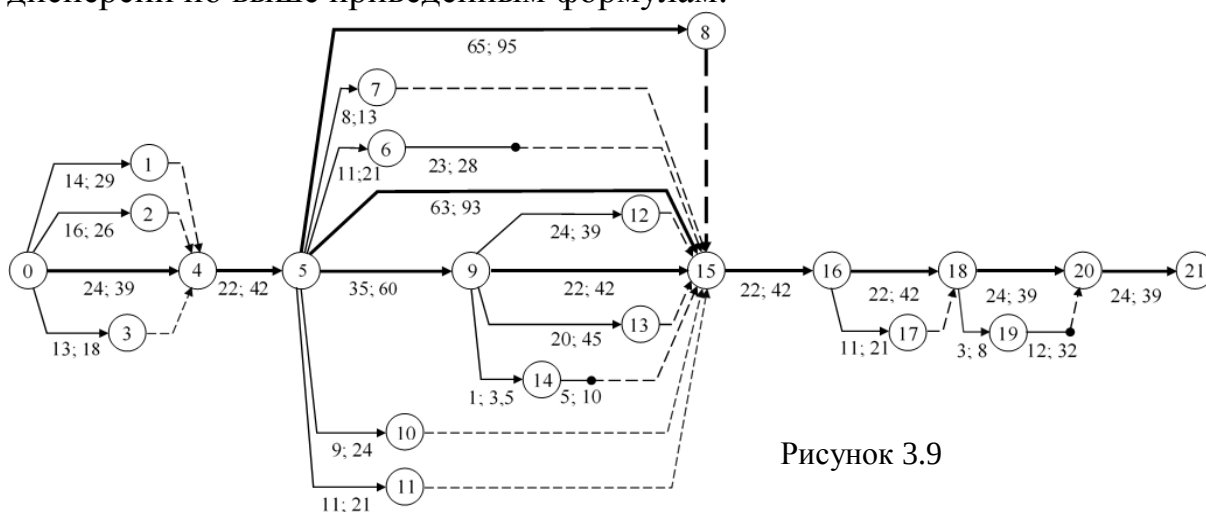


Рисунок 3.9

На окончательном варианте сетевого графика t_{i-j} проставляются под стрелками соответствующих работ (рисунок 10).

Каждая работа, кроме продолжительности ее выполнения, может иметь также и другие характеристики: трудоемкость, стоимость, количество и специализацию исполнителей и т.п.

Расчет параметров сетевого графика заключается в определении следующих величин:

t_i^P - раннего срока свершения события;

t_i^n - позднего срока свершения события;

R_i - резерв времени события;

t_{i-j}^{pH} - раннего начала работы;

t_{i-j}^{nH} - позднего начала работы;

t_{i-j}^{pO} - раннего окончания работы;

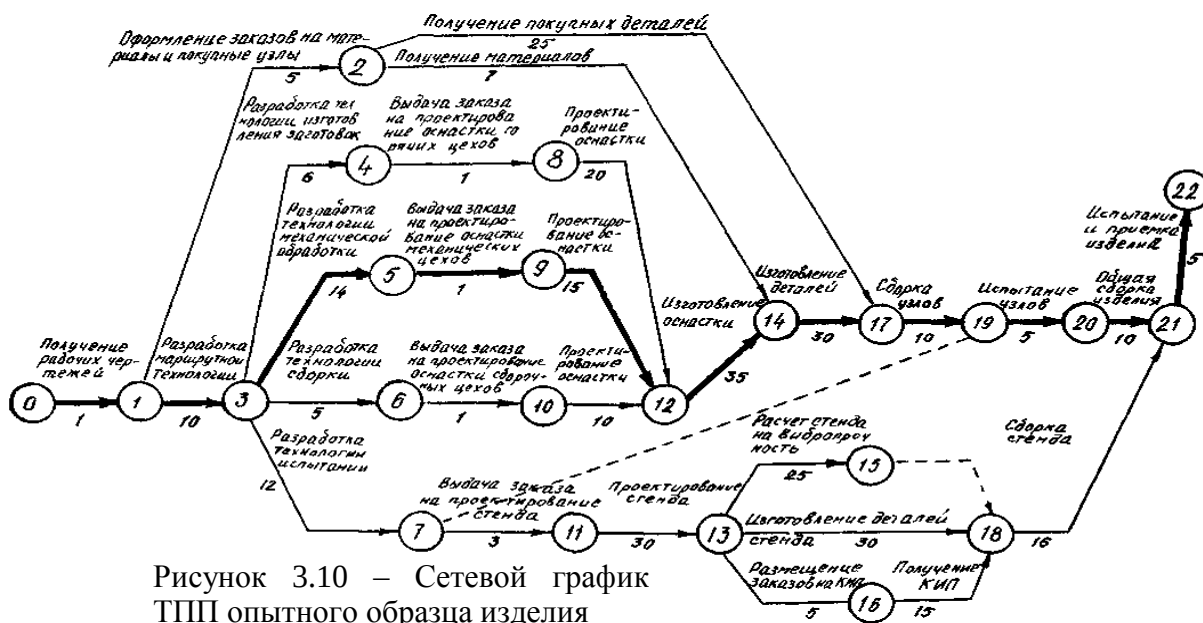
Таблица 3.3

Коды работ	Перечень работ	Оценка продолжительности работ	
		t_{min}	t_{max}
0-1	Демонтаж семи газорезательных и двух фланцево-резных установок	14	29
0-2	Демонтаж шести стеллажей для копировальных щитов	16	26
0-3	Монтаж одной газорезательной установки на участке МСЧ и пуск в эксплуатацию	13	18
0-4	Подготовка территории для строительных работ	24	49
4-5	Частичное изготовление фундамента	22	42
5-6	Установка механизмов подачи профильного проката	11	21
5-7	Установка двух газорезательных столов	8	13
5-8	Установка трех накопителей-укладчиков	65	90
5-15	Установка рольгангов	63	93
5-9	Окончание работ по фундаменту	26	36
5-11	Установка разметочной машины	11	21
5-10	Установка маркировочных машин	9	24
6-15	Установка одного накопителя-укладчика	23	28
9-12	Установка прессы с устройством для механизации	24	39
9-15	Установка двух комплектаторов	35	60
9-13	Установка сверлильного станка со столом	20	45
9-14	Демонтаж пилы	1	3,5
14-15	Установка пилы	5	10
15-16	Электромонтаж и подводка питания	22	42
16-18	Отладка механизмов	22	42
16-17	Электромонтаж и подводка питания	11	21
18-19	Демонтаж бульдозера	3	8
18-20	Отладка автоматики	24	39
20-21	Отладка режимов и пуск линии в эксплуатацию	24	39
19-20	Установка бульдозера с устройством механизации	12	32

Таблица 3.4

Коды событий		Оценка продолжительности работ		Математическое ожидание продолжительности работ	Дисперсия продолжительности работ
начальное	конечное	t_{min}	t_{max}		
0	1	14	29	20	6,25
0	2	16	26	20	2,78
0	3	13	18	15	0,69
0	4	24	39	30	6,25
1	4	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0
4	5	22	42	30	11,11
5	6	11	21	15	2,78
5	7	8	13	10	0,69
5	8	65	90	75	17,36
5	15	63	93	75	25,00
5	11	11	21	15	2,78
5	10	9	24	15	6,25
5	9	26	36	30	2,78
6	15	23	28	25	0,69
7	15	0	0	0	0
8	15	0	0	0	0
11	15	0	0	0	0
10	15	0	0	0	0
9	12	24	39	30	6,25
9	15	35	60	45	17,36
9	13	20	45	30	17,36
13	15	0	0	0	0
9	14	1	3,5	3	0,17
14	15	5	10	7	0,79
12	15	0	0	0	0
15	16	22	42	30	11,11
16	17	11	21	15	2,78
16	18	22	42	30	11,11
18	20	24	39	30	6,25
18	19	3	8	5	0,69
19	20	12	32	20	11,11
17	18	0	0	0	0
20	21	24	39	30	6,25

t_{i-j}^{no} - позднего окончания работы;
 R_{i-j} - общего (полного) резерва времени работы;
 r_{i-j} - свободного (собственного) резерва времени работы;
 $t_{кр}$ ~ продолжительности критического пути.



На основе данных о продолжительности работ можно определить ранние и поздние сроки совершения всех событий, при которых планируемый срок окончания всего комплекса работ не изменяется.

Расчет ранних сроков свершения событий осуществляют последовательно, начиная от исходного события, для которого ранний срок свершения принимается равным нулю.

Ранний срок свершения события, имеющего одну предшествующую работу, равен сумме раннего срока свершения начального события этой работы и ее продолжительности. Для нахождения раннего срока свершения события, имеющего несколько предшествующих работ, необходимо к ранним срокам свершения начальных событий этих работ прибавить их продолжительность и из полученных результатов выбирать максимальный.

$$t_j^p = t_i^p + t_{i-j}$$

Пример 1. $t_3^p = t_1^p + t_{1-3} = 1 + 10 = 11$;

$$t_{12}^p = \max(t_8^p + t_{8-12}, t_9^p + t_{9-12}, t_{10}^p + t_{10-12}) = 41$$

Примечание: Примеры 1-9 объясняют расчет отдельных параметров графика на рисунке 3.11.

Расчет поздних сроков свершения событий выполняется последовательно, начиная с завершающего события, для которого поздний срок свершения принимают равным раннему сроку его свершения. Поздний срок свершения события, имеющего одну последующую работу, равен разности между поздним сроком свершения конечного события этой рабо-

ты и ее продолжительностью. Если же событие имеет несколько последующих работ, необходимо проделать указанную выше операцию для каждой из этих работ и из полученных результатов выбрать минимальный.

$$t_i^n = t_j^n - t_{i-j}$$

Пример 2. $t_{21}^n = t_{22}^n - t_{21-22} = 136 - 5 = 131$;

$$t_3^n = \min(t_4^n - t_{3-4}, t_5^n - t_{3-5}, t_6^n - t_{3-6}, t_7^n - t_{3-7}) = 25 - 14 = 11$$

Резерв времени события - это предельно допустимый период времени, на который можно перенести свершение события, не вызывая при этом изменения срока завершения всей разработки. Определяется резерв времени как разница между поздним и ранним сроками его свершения, т.е.

$$R_i = t_i^n - t_i^p$$

Пример 3. $R_2 = t_2^n - t_2^p = 69 - 6 = 63$

$$R_3 = t_3^n - t_3^p = 11 - 11 = 0$$

Зная ранние и поздние сроки свершения всех событий сетевого графика, можно определить параметры любой работы.

Ранний срок начала работы - самый ранний из всех возможных сроков начала работы. Ранний срок начала работы равен раннему сроку свершения начального события этой работы, т.е.

$$t_{i-j}^{pn} = t_i^p$$

Пример 4. $t_{1-2}^{pn} = t_1^p = 1$

$$t_{1-3}^{pn} = t_1^p = 1$$

Ранний срок окончания работы - самый ранний из возможных сроков окончания работы.

Ранний срок окончания работы равен сумме раннего срока свершения начального события этой работы и ее продолжительности, т.е.

$$t_{i-j}^{po} = t_i^p + t_{i-j}$$

Пример 5. $t_{3-6}^{po} = t_3^p + t_{3-6} = 11 + 5 = 16$;

$$t_{5-9}^{po} = t_5^p + t_{5-9} = 25 + 1 = 26.$$

Поздний срок начала работы - самый поздний срок начала работы, при котором общий срок окончания всех работ не изменяется. Поздний срок начала работы равен разности между поздним сроком свершения конечного события этой работы и ее продолжительностью, т.е.

$$t_{i-j}^{nn} = t_j^n - t_{i-j}$$

Пример 6. $t_{20-21}^{nn} = t_{21}^n - t_{20-21} = 131 - 10 = 121$

$$t_{12-14}^{nn} = t_{14}^n - t_{12-14} = 76 - 35 = 41$$

Поздний срок окончания работы - самый поздний срок окончания рабо-

ты равен позднему сроку свершения конечного события этой работы, т.е.

$$t_{i-j}^{no} = t_j^n$$

Пример 7. $t_{4-8}^{no} = t_8^n = 21$

$$t_{1-3}^{no} = t_3^n = 11$$

Полный резерв времени работы - максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность данной работы или задержать начало ее выполнения, не изменяя при этом срока выполнения всей разработки. Полный резерв времени работы равен максимальному резерву времени из всех путей, проходящих через данную работу от исходного до завершающего события. Полный резерв времени, определяется по формулам

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{nn} - t_{i-j}^{pn} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}^{po} \quad (1)$$

Пример 8. $R_{4-8} = t_{4-8}^{nn} - t_{4-8}^{pn} = t_{4-8}^{no} - t_{4-8}^{po} = 21 - 17 = 22 - 18 = 4$

Критический путь - это наиболее длительный путь, проходящий от начального до завершающего события. Он определяет продолжительность выполнения всей разработки и равен сумме длительности всех лежащих на нем работ. Резервы времени работ и событий, находящихся на критическом пути, равны нулю.

Пример 9.

$$t_{кр} = t_{0-1} + t_{1-3} + t_{3-5} + t_{5-9} + t_{9-12} + t_{12-14} + t_{14-17} + t_{17-19} + t_{19-20} + t_{20-21} + t_{21-22} = 136 \quad (2)$$

Существуют различные методы расчета параметров сетевых графиков: аналитический, табличный, графический, на ЭВМ.

Рассчитанные параметры приведенного в качестве примера на рисунке 3.11 сетевого графика сведены в таблицу 3.5.

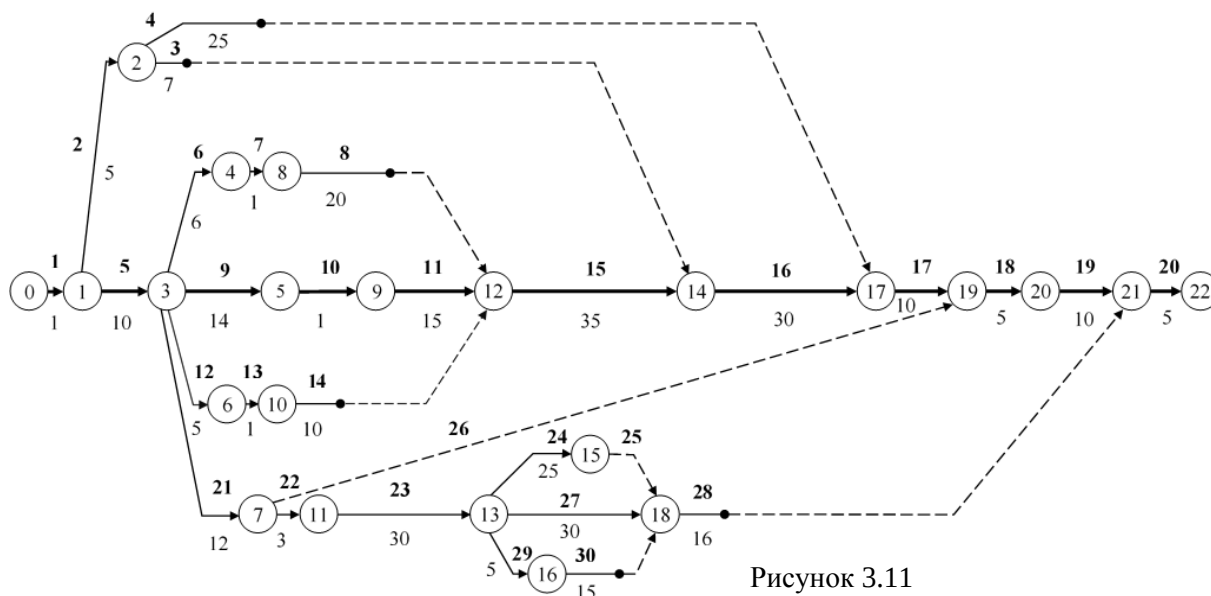


Таблица 3.5

i	t_i^p	t_i^n	R_i	$i-j$	t_{i-j}	t_{i-j}^{ph}	t_{i-j}^{po}	t_{i-j}^{nn}	t_{i-j}^{no}	R_{i-j}	Календарные сроки выполнения работ	
											Начало	Окончание
0	0	0	0	0-1	1	0	1	0	1	0	01.01.17	01.01.17
1	1	1	0	1-2	5	1	6	64	69	63	02.01.17	06.01.17
				1-3	10	1	11	1	11	0	02.01.17	11.01.17
2	6	69	63	2-14	7	6	13	69	76	63	07.01.17	13.01.17
				2-17	25	6	31	81	106	75	07.01.17	31.01.17
3	11	11	0	3-4	6	11	17	14	20	3	12.01.17	17.01.17
				3-5	14	11	25	11	25	0	12.01.17	25.01.17
				3-6	5	11	16	25	30	14	12.01.17	16.01.17
				3-7	12	11	23	40	52	29	12.01.17	23.01.17
4	17	20	3	4-8	1	17	18	20	21	3	18.01.17	18.01.17
5	25	25	0	5-9	1	25	26	25	26	0	26.01.17	26.01.17
6	16	30	14	6-10	1	16	17	30	31	14	17.01.17	17.01.17
7	23	52	29	7-11	3	23	26	52	55	29	24.01.17	26.01.17
				7-19	0	23	23	116	116	93	24.01.17	23.01.17
8	18	21	3	8-12	20	18	38	21	41	3	19.01.17	07.02.17
9	26	26	0	9-12	15	26	41	26	41	0	27.01.17	10.02.17
10	17	31	14	10-12	10	17	27	31	41	14	18.01.17	27.01.17
11	26	55	29	11-13	30	26	56	55	85	29	27.01.17	25.02.17
12	41	41	0	12-14	35	41	76	41	76	0	11.02.17	17.03.17
13	56	85	29	13-15	25	56	81	90	115	34	26.02.17	22.03.17
				13-16	5	56	61	95	100	39	26.02.17	02.03.17
				13-18	30	56	86	85	115	29	26.02.17	27.03.17
14	76	76	0	14-17	30	76	106	76	106	0	18.03.17	16.04.17
15	81	115	34	15-18	0	81	81	115	115	34	23.03.17	22.03.17
16	61	100	39	16-18	15	61	76	100	115	39	03.03.17	17.03.17
17	106	106	0	17-19	10	106	116	106	116	0	17.04.17	26.04.17
18	86	115	29	18-21	16	86	102	115	131	29	28.03.17	12.04.17
19	116	116	0	19-20	5	116	121	116	121	0	27.04.17	01.05.17
20	121	121	0	20-21	10	121	131	121	131	0	02.05.17	11.05.17
21	131	131	0	21-22	5	131	136	131	136	0	12.05.17	16.05.17
22	136	136	0									

3.4 Оптимизация и календаризация сетевых графиков

Оптимизация графика позволяет улучшить его параметры, то есть добиться соответствия между разработанным планом, задачами и возможностями исполнителей. В зависимости от конкретных условий (характера поставленных задач, имеющихся ресурсов и т.д.) оптимизация сетевых графиков осуществляется различными методами.

Например, при анализе графика после расчета его параметров, может возникнуть ситуация, когда директивный срок выполнения проекта (разра-

ботки и т.п.) может оказаться более ранним, чем расчетный. В этом случае оптимизация графика состоит в сокращении длительности критического пути. Если при этом у исполнителей имеется возможность привлекать необходимое количество ресурсов со стороны, то это наиболее простой случай оптимизации сетевых графиков. Если количество ресурсов ограниченное, то задача может решаться перестройкой структурного плана графика, сокращением длительности критического пути за счет переброски ресурсов с работ не критического пути, расчленением наиболее трудоемких работ критического пути на части, которые могут выполняться параллельно и другими методами.

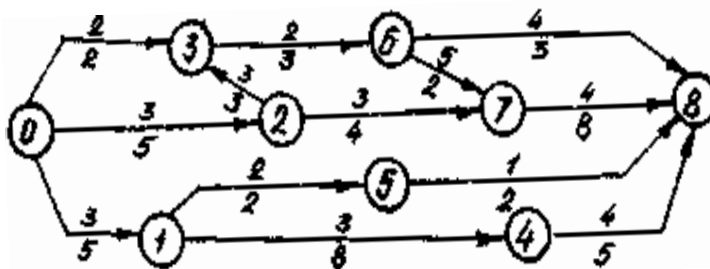


Рисунок 3.12

Оптимизация сетевых графиков при ограниченных ресурсах может осуществляться также графическими методами. Рассмотрим следующий пример. Для десяти исполнителей одной специальности (например, конструкторов) необходимо выполнить комплекс работ, представленных сетевым графиком на рисунке 3.12. Над стрелками указана продолжительность работы, а под стрелкой - число исполнителей.

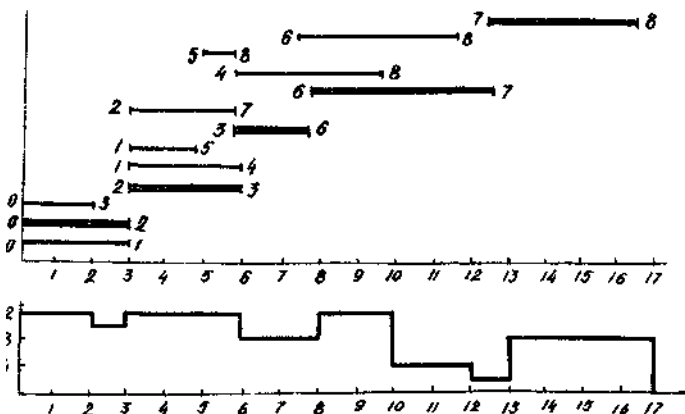


Рисунок 3.13

Графически оптимизация графика осуществляется в следующей последовательности.

Строится линейная диаграмма и график ежедневной потребности в ресурсах (исполнителях) (рисунок 3.13).

Осуществляется их анализ, который в данном случае показывает, что в 4, 5, 6, 9, 10-й дни недостает исполнителей, тогда как в 7, 8, 11, 12, 13-й дни имеется их избыток.



Рисунок 3.14

На линейной диаграмме выделяются участки, на которых недостает ис-

полнителей, затем осуществляется сдвиг некоторых работ вправо, с целью добиться на этих участках допустимого числа исполнителей. При этом применяется следующая очередность оставления работ на данном участке: 1) работа критического пути; 2) работы, не законченные в предыдущем периоде; 3) работы в последовательности уменьшения полного резерва.

Последовательно рассматривая и оптимизируя указанным методом каждый участок, можно достичь соблюдения заданных ограничений по исполнителям (рисунок 3.14).

В практике СПУ могут возникнуть более сложные задачи оптимизации сетевых графиков, например, необходимость уменьшения стоимости разработки за счет увеличения времени ее выполнения, или наоборот - сократить время разработки, допустив увеличение стоимости. Такие задачи решаются с использованием экономико-математических методов, в частности, метода линейного программирования.

Окончательный вариант сетевого графика привязывается к текущему календарному периоду. Календарные сроки начала и окончания работ могут определяться по их ранним и поздним срокам.

3.5 Управление ходом выполнения работ сетевого графика

Управление с помощью сетевого графика является стадией эксплуатации СПУ. Оно осуществляется оперативной руководящей группой, состоящей, как правило, из ответственных исполнителей всех ведомств и организаций, принимающих участие в разработке.

Так как в течение времени меняется обстановка и условия, в которых выполняется разработка, то все происходящие изменения должны быть своевременно учтены на графике, то есть график должен в каждый момент времени наиболее полно отражать фактическую производственную ситуацию. Поэтому система СПУ предусматривает периодическую перестройку и пересчет сетевого графика с учетом происшедших изменений.

Процесс управления в системе СПУ состоит в циклическом повторении с принятой периодичностью следующих процедур:

- 1) сбор информации о состоянии выполняемого комплекса работ;
- 2) обновление сетевого графика и пересчет его параметров;
- 3) анализ, обсуждение и принятие решений по дальнейшей реализации пересмотренного графика;
- 4) доведение обновленного графика до исполнителей.

Информация о состоянии разработки в данный момент времени должна включать сведения обо всех выполненных работах и их фактических параметрах уточнение исходных оценок (продолжительности, трудоемкости, количества исполнителей и т.п.) предстоящих работ. Кроме того, может возникнуть необходимость внесения в сетевую модель различных измене-

ний, связанных, например, с уточнением промежуточных и конечных целей разработки; изменением методов выполнения одной или группы работ.

На основе анализа указанной информации осуществляется обновление сетевого графика, которое включает исключение законченных и аннулированных работ, фиксацию выполняющихся работ, уточнение характеристик всех предстоящих работ. Таким образом, обеспечивается соответствие графика сложившейся, на данный момент времени производственной обстановки.

Пересчет сетевого графика может осуществляться на ЭВМ или вручную. Выбор способа зависит от сложности и объема графика, а также возможностей разработчиков.

Пересчитанный сетевой график подвергается тщательному анализу, цель которого состоит в контроле и оценке хода выполнения разработки за отчетный период, выявлении отставания (опережения) фактических сроков выполнения работ по сравнению с плановыми, изучении происшедших изменений в составе и характеристиках работ и оценке их влияния на будущий ход работ. В результате такого анализа выявляются "узкие места" при выполнении разработки и подготавливаются предложения по их своевременному устранению, которые вместе с пересмотренными графиками доводятся до исполнителей.

Оперативный цикл управления, включающий весь комплекс процедур по пересмотру графика вместе со временем выполнения разработки до следующего пересмотра, может быть различной продолжительности: месяц, декада, пятидневка. Однако время от начала пересмотра графика до момента доведения обновленного графика до исполнителей не должно превышать 10-15% продолжительности принятого цикла оперативного управления.

Сетевое планирование и управление в настоящее время нашло широкое применение в машиностроительном производстве. Оно успешно используется при технической подготовке производства новых изделий, оперативном управлении и планировании опытного и единичного производства, к которому относится и судостроительная отрасль.

Анализ показывает, что применение СПУ на 8-10% снижает текущие затраты и на 15-20% позволяет сократить сроки выполнения производственных задач.

4 Порядок выполнения задания

Выполнение индивидуальных заданий осуществляется по упрощенной схеме в сравнении с приведенной. Каждый студент выбирает номер своего варианта из таблицы «Исходных данных» (Приложение А), согласно задания, выданного преподавателем, или в соответствии с порядковым номе-

ром в списке группы. Если в потоке несколько групп, то первая группа выбирает варианты, как указано выше, а студенты второй группы – к своему порядковому номеру добавляют количество студентов в первой группе и так далее. Например, в первой группе 25 студентов, тогда во второй группе № варианта студента, стоящего первым по списку $1+25=26$, седьмого по списку – $7+25=32$ и так далее.

Из таблицы «Исходных данных» (Приложение А) выписывают первый и второй столбцы, а также столбец, соответствующий номеру варианта.

Далее коды и продолжительности работ переписывают в таблицу, соответствующую таблице 4.1 таким образом, чтобы коды работ располагались последовательно от меньших к большим. Затем в соответствии с вышеприведенной методикой рассчитывают сроки ранних начал и окончаний работ (столбцы 3 и 4 таблицы 4.1) по формулам:

$$t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{pn} + t_{i-j},$$

для исходного события ранний срок начала работы t_{0-1}^{pn} принимают – 1 января следующего года.

Ранний срок начала следующей работы, имеющей одну предыдущую работу, равен раннему сроку окончания предыдущей работы, $t_{i-j}^{pn} = t_{h-i}^{po}$.

Ранний срок начала работы, имеющей несколько предыдущих работ, равен максимальному из ранних сроков окончания предыдущих работ.

$$t_{i-j}^{pn} = \max t_{h-i}^{po}$$

Далее срок раннего окончания завершающей работы переносят в шестой столбец, т.к. для нее $t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{no}$ и начиная от завершающего события рассчитывают сроки поздних начал и окончаний работ (столбцы 5 и 6).

Поздний срок начала работы равен разнице между поздним сроком окончания этой работы и ее продолжительностью.

$$t_{i-j}^{nn} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}$$

Поздний срок окончания данной работы, имеющей одну последующую работу, равен позднему сроку окончания последующей работы, $t_{i-j}^{no} = t_{j-k}^{nn}$. Если данная работа имеет несколько последующих работ, то поздний срок окончания данной работы будет равен наименьшему из поздних сроков начала этих работ, т.е.

$$t_{i-j}^{no} = \min t_{j-k}^{nn}$$

Далее по формуле 1 рассчитывают и записывают в столбец 7 резервы времени работ R_{i-j} . Работы, резервы которых равны 0 принадлежат критическому пути. Просуммировав их продолжительность рассчитывают продолжительность критического пути (формула 2).

После этого строят сетевой график, начиная с критического пути. Для этого график соединяют с календарной сеткой и все события и работы от-

кладывают на графике в соответствующем масштабе с одинаковой направленностью работ слева направо (рисунок 3.11).

Таблица 4.1

Код работ, $i-j$	Продолжительность работ, t_{i-j}	Раннее начало, t_{i-j}^{pn}	Раннее окончание, t_{i-j}^{po}	Позднее начало, t_{i-j}^{nn}	Позднее окончание, t_{i-j}^{no}	Резерв времени R_{i-j}
1	2	3	4	5	6	7
0-1	1	01.01.17	01.01.17	01.01.17	01.01.17	0
1-2	5	02.01.17	06.01.17	06.03.17	10.03.17	63
1-3	10	02.01.17	11.01.17	02.01.17	11.01.17	0
2-14	7	07.01.17	13.01.17	11.03.17	17.03.17	63
2-17	25	07.01.17	31.01.17	23.03.17	16.04.17	75
3-4	6	12.01.17	17.01.17	15.01.17	20.01.17	3
3-5	14	12.01.17	25.01.17	12.01.17	25.01.17	0
3-6	5	12.01.17	16.01.17	26.01.17	30.01.17	14
3-7	12	12.01.17	23.01.17	10.02.17	21.02.17	29
4-8	1	18.01.17	18.01.17	21.01.17	21.01.17	3
5-9	1	26.01.17	26.01.17	26.01.17	26.01.17	0
6-10	1	17.01.17	17.01.17	31.01.17	31.01.17	14
7-11	3	24.01.17	26.01.17	22.02.17	24.02.17	29
7-19	0	24.01.17	23.01.17	27.04.17	26.04.17	93
8-12	20	19.01.17	07.02.17	22.01.17	10.02.17	3
9-12	15	27.01.17	10.02.17	27.01.17	10.02.17	0
10-12	10	18.01.17	27.01.17	01.02.17	10.02.17	14
11-13	30	27.01.17	25.02.17	25.02.17	26.03.17	29
12-14	35	11.02.17	17.03.17	11.02.17	17.03.17	0
13-15	25	26.02.17	22.03.17	01.04.17	25.04.17	34
13-16	5	26.02.17	02.03.17	06.04.17	10.04.17	39
13-18	30	26.02.17	27.03.17	27.03.17	25.04.17	29
14-17	30	18.03.17	16.04.17	18.03.17	16.04.17	0
15-18	0	23.03.17	22.03.17	26.04.17	25.04.17	34
16-18	15	03.03.17	17.03.17	11.04.17	25.04.17	39
17-19	10	17.04.17	26.04.17	17.04.17	26.04.17	0
18-21	16	28.03.17	12.04.17	26.04.17	11.05.17	29
19-20	5	27.04.17	01.05.17	27.04.17	01.05.17	0
20-21	10	02.05.17	11.05.17	02.05.17	11.05.17	0
21-22	5	12.05.17	16.05.17	12.05.17	16.05.17	0

При расчете параметров сетевого графика в датах необходимо учитывать, что если работа начинается первого января и продолжается двое суток, то ее выполнение будет осуществляться первого и второго января. То есть окончание работы произойдет второго января, а последующую работу можно будет начать третьего января. Поэтому, чтобы не ошибиться, необходимо рассчитывая срок раннего окончания работы t_{i-j}^{po} прибавлять к t_{i-j}^{pn} продолжительность работы t_{i-j} без единицы, а единицу прибавить при переходе к следующей работе (смотри стрелки в таблице 4.1). Если работы выполняются без выходных дней (таблица 4.1), необходимо оговорить, что производственный цикл принят непрерывным. В противном случае необходимо расчет вести с учетом выходных и праздничных дней.

Форма титульного листа приведена в приложении Б.

Библиографический список

1 Сборник задач по организации и планированию машиностроительного производства /Под ред. И.М. Разумова и Л.А. Глаголевой. - М.: Машиностроение, 1976.

2 Основные положения по разработке и применению систем сетевого планирования и управления. - М.: Экономика, 1974.

3 Кривцов А.М., Шеховцов В.В. Сетевое планирование и управление. - М.: Экономика, 1978.

4 Кольцов В.И. Сетевое планирование и управление на заводе. - Краснодар: Изд-во КПИ, 1974.

5 Брехов А.М. Сетевое планирование и управление в судостроении. – Л.: Судостроение, 1967.

6 Арью А.Р. Комплексная подготовка производства в судостроении / А.Р. Арью. – Л.: Судостроение, 1988. – 336 с.

Приложение А – Исходные данные для расчета и построения сетевого графика

Продолжительность работ по вариантам (суток)

№ п/п	код работ	ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	0-1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	5	4
2	1-2	10	9	8	7	8	5	11	12	13	14	13	12	11	5	6	7	8	9	10	11	9	8	7	1	5	11	12	13
3	2-14	5	6	7	33	8	10	11	12	13	14	13	12	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	13	14	13	12	5
4	2-17	30	31	32	18	34	35	29	28	27	26	25	24	23	22	22	20	19	18	17	16	31	32	33	34	35	29	28	27
5	1-3	15	16	17	13	19	20	14	13	12	11	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	19	20	14	13	12	11	15	16
6	3-4	10	11	12	8	14	15	9	8	7	6	10	9	8	7	6	5	15	14	13	12	9	8	7	6	10	11	12	13
7	4-8	5	6	7	18	3	10	4	3	2	1	9	8	7	6	5	10	9	8	7	6	1	2	3	4	5	6	7	8
8	8-12	15	16	17	23	19	20	14	13	12	11	20	21	22	23	24	25	15	16	17	18	14	13	12	11	20	21	22	23
9	3-5	20	21	22	8	24	25	19	18	17	16	10	11	12	13	14	15	17	18	16	19	21	22	23	24	25	19	18	17
10	5-9	5	6	7	23	9	10	11	12	13	14	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	11	12	13	14	15	10	9	8
11	9-12	20	21	22	13	24	25	26	19	18	17	27	28	29	30	25	24	23	26	27	15	21	22	23	24	25	26	27	28
12	3-6	10	11	12	8	14	15	16	9	8	7	10	12	14	16	5	8	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	10	9
13	6-10	5	6	7	17	9	10	11	12	4	3	5	6	7	8	9	10	11	12	5	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	10-12	20	19	18	43	16	15	14	13	12	11	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	17
15	12-14	40	41	42	37	44	45	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	40	41	42	43	41	42	43	44	45	39	38	37
16	14-17	35	40	36	17	38	39	34	33	32	31	40	39	35	36	37	38	30	29	28	27	40	36	37	38	39	34	33	32
17	17-19	20	19	18	13	16	15	14	13	12	11	19	20	21	22	23	14	13	12	15	18	20	21	22	23	11	12	13	14
18	19-20	15	16	14	17	12	11	10	9	8	7	10	15	12	3	8	5	25	15	10	11	10	11	12	13	10	11	13	14
19	20-21	20	19	18	12	16	15	14	13	12	11	15	16	20	25	30	48	17	36	50	18	11	12	13	14	15	16	17	18
20	21-22	15	14	13	22	11	10	9	8	7	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	10	9	8	7	6	5	6	7
21	3-7	25	24	23	8	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	18	7	6	24	23	22	21	20	19	18	17
22	7-11	5	6	7	37	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	5	6	7	8	9	10	11	12
23	11-13	40	39	38	23	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	40	39	38	37	32	31	33	30	29	28	27	26
24	13-15	20	21	22	25	24	25	26	27	28	29	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	15	16	17
25	15-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	7-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	13-18	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	32	33	34	35	36	37	38	39
28	18-21	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	28	27	26	25	26	27	8	29	31	29	10	21	20	21	22	23	24	25
29	13-16	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17
30	16-18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	28	27	26	25	26	27	28	29	31	29	21	23	20	21	22	23	24	25

Продолжение Приложения А

№ п/п	код работ	ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ																										
		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
1	0-1	3	2	5	10	15	20	10	5	10	6	20	10	6	6	6	6	6	6	5	2	5	2	4	3	20	20	6
2	1-2	14	13	10	15	20	25	10	15	20	12	15	20	6	10	5	20	25	30	7	13	5	10	1	14	25	15	20
3	2-14	6	7	15	20	25	5	20	25	15	18	25	30	9	10	15	10	20	15	33	13	6	11	13	6	5	25	10
4	2-17	26	25	17	8	18	10	15	10	30	20	10	15	34	10	20	30	40	35	18	27	22	17	34	26	10	10	30
5	1-3	17	18	8	12	10	20	25	20	10	25	15	10	19	19	19	19	19	19	13	12	18	13	13	17	20	15	19
6	3-4	14	15	10	17	15	15	5	10	7	30	20	25	14	10	5	10	5	10	8	7	7	13	6	14	15	20	10
7	4-8	9	10	15	25	20	20	30	15	5	15	10	30	9	5	10	15	5	10	18	2	6	7	4	9	20	10	15
8	8-12	24	23	25	30	10	25	12	15	12	25	20	10	19	5	10	5	10	5	23	12	23	17	11	24	25	20	5
9	3-5	16	10	30	15	17	15	8	20	20	15	25	15	24	24	24	24	24	24	8	17	13	16	24	16	15	25	24
10	5-9	7	6	20	20	28	20	15	10	15	10	10	20	9	9	9	9	9	9	23	13	12	7	14	7	20	10	9
11	9-12	29	30	12	10	30	5	20	10	20	15	15	10	24	24	24	24	24	24	13	18	30	27	24	29	5	15	24
12	3-6	8	7	10	5	35	30	25	25	25	10	25	20	14	5	10	15	5	10	8	8	16	9	14	8	30	25	15
13	6-10	13	14	5	7	5	35	18	15	30	30	20	15	9	5	10	5	7	6	17	4	8	5	8	13	35	20	5
14	10-12	18	19	20	12	10	10	10	15	15	20	15	10	16	5	6	10	7	8	43	12	13	18	13	18	10	15	10
15	12-14	36	35	25	35	15	20	20	20	20	15	10	20	44	44	44	44	44	44	37	37	32	42	44	36	20	10	44
16	14-17	31	40	30	18	20	15	15	10	5	10	15	25	38	38	38	38	38	38	17	32	36	28	38	31	15	15	38
17	17-19	15	16	10	25	18	10	8	10	10	5	15	10	16	16	16	16	16	16	13	12	22	15	23	15	10	15	16
18	19-20	16	8	15	10	10	20	10	20	15	20	20	15	12	12	12	12	12	12	17	8	3	10	13	16	20	20	12
19	20-21	19	20	5	8	5	10	20	18	15	25	10	20	16	16	16	16	16	16	12	12	25	50	14	19	10	10	16
20	21-22	8	9	15	19	8	5	25	25	20	10	20	10	11	11	11	11	11	11	22	7	10	15	7	8	5	20	11
21	3-7	16	15	17	27	25	12	10	10	10	15	15	10	21	10	15	5	12	15	8	17	12	7	21	16	12	15	5
22	7-11	13	14	20	30	30	18	5	15	5	20	10	15	9	5	10	5	10	5	37	13	8	14	8	13	18	10	5
23	11-13	40	39	25	35	35	30	30	30	35	30	20	25	36	10	20	25	30	40	23	32	27	38	30	40	30	20	25
24	13-15	18	19	10	5	20	25	35	35	20	35	5	10	24	5	10	15	20	25	25	28	18	23	28	18	25	5	15
25	15-18	0	0	20	19	5	10	20	20	25	15	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0
26	7-19	0	0	10	10	10	5	15	10	15	20	15	20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	0
27	13-18	40	31	7	5	15	20	10	15	10	15	20	25	34	10	10	25	30	40	33	38	37	32	35	40	20	20	25
28	18-21	26	27	5	8	12	10	15	20	25	20	30	15	30	10	20	35	40	25	23	28	25	31	21	26	10	30	35
29	13-16	18	19	20	20	8	15	20	25	20	15	20	10	14	10	15	20	10	15	13	18	13	18	13	18	15	20	20
30	16-18	26	27	25	30	10	20	30	15	10	25	15	20	24	5	10	15	20	25	23	28	25	31	21	26	20	15	15

Приложение Б – Форма титульного листа

**Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Морской институт**

Кафедра ОиК

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

на тему “Расчет и построение сетевого графика”

Выполнил: студент группы _____

Принял:

Севастополь – 20__

Расчет и построение сетевого графика

*Методические указания
к практическим занятиям*

Составители: **Перепада** Константин Васильевич,
Лекарев Геннадий Викторович