



**ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ  
И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**Кафедра «Экономика и менеджмент в машиностроении»**

**СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ  
В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ**

Сборник задач (упражнений)  
по дисциплине

**«УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ»**

Авторы

Авласенко И.В., Авласенко Л. М.

Ростов-на-Дону, 2016



## Аннотация

Сборник предназначен для студентов всех форм обучения направлений 38.03.01, 38.03.02

## Авторы

Авласенко И. В. — к.э.н., доцент кафедры «Экономика и менеджмент в машиностроении»

Авласенко Л. М. — доцент, доцент кафедры «Экономика и менеджмент в машиностроении»



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ .....</b>	<b>4</b>
<b>II. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ .....</b>	<b>6</b>
<b>III. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ЗАДАНИЯ .....</b>	<b>13</b>
<b>Список использованных источников.....</b>	<b>34</b>

## I. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ

*Сетевое планирование* - это комплекс графических и расчетных методов организационных мероприятий, обеспечивающих моделирование, анализ и динамическую перестройку плана выполнения сложных проектов и разработок.

Характерной особенностью таких проектов является то, что они состоят из ряда отдельных, элементарных работ. Они обуславливают друг друга так, что выполнение некоторых работ не может быть начато раньше, чем завершены некоторые другие.

Основная *цель* сетевого планирования и управления - сокращение до минимума продолжительности проекта.

*Задача* сетевого планирования и управления состоит в том, чтобы графически, наглядно и системно отобразить и оптимизировать последовательность и взаимозависимость работ, действий или мероприятий, обеспечивающих своевременное и планомерное достижение конечных целей.

Для отображения и алгоритмизации тех или иных действий или ситуаций используются экономико-математические модели, которые принято называть сетевыми моделями, простейшие из них - сетевые графики. С помощью сетевой модели руководитель работ или операции имеет возможность системно и масштабно представлять весь ход работ или оперативных мероприятий, управлять процессом их осуществления, а также маневрировать ресурсами.

Во всех системах сетевого планирования основным объектом моделирования служат разнообразные комплексы предстоящих работ, например проектные разработки, освоение, производство новых товаров и другие плановые мероприятия.

Основными элементами сетевой модели являются *работа* и *событие*.

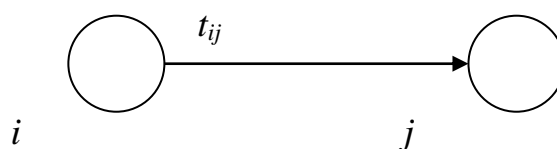
В отличие от работы, имеющей, как правило, «протяженность» во времени, событие представляет собой только момент свершения работы (или работ).

Работы подразделяются на *действительные*, т. е. требующие затрат времени, и *фиктивные* — не требующие таковых, отражающие связь между какими-либо результатами работ (событиями).

События подразделяются:

- 1) на *исходное* ( $J$ ) — первоначальное событие в сети, не имеющее предшествующих событий и отражающее начало выполнения всего комплекса работ, включенных в данную сеть;
- 2) *завершающее* ( $C$ ) — событие, которое не имеет последующих событий и отражает конечную цель комплекса работ, включенных в данную сеть;
- 3) *промежуточное* событие или просто событие — результат одной или нескольких работ, представляющий возможность начать одну или несколько непосредственно следующих работ.

Любая работа кодируется номерами начального и конечного события, например, работа 1, 2 (1—2).



Любая последовательность работ в сетевом графике, в которой конечное событие одной работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы, называется путем ( $L$ ). В сетевом графике следует различать несколько видов путей:

- 1) *полный путь* или просто путь — от исходного события до завершающего  $L$  ( $J \div C$ );
- 2) *путь, предшествующий данному событию* — от исходного события до данного  $L$  ( $J \div i$ );
- 3) *путь, последующий за данным событием* — от данного события до завершающего  $L$  ( $i \div C$ );
- 4) *путь между событиями  $i$  и  $j$*  — путь между двумя какими-либо событиями  $i$  и  $j$ , из которых ни одно не является исходным или завершающим;
- 5) *путь между исходным и завершенным событием, имеющий наибольшую продолжительность* — *критический путь*:

$$t_{\max} [L(J \div C)].$$

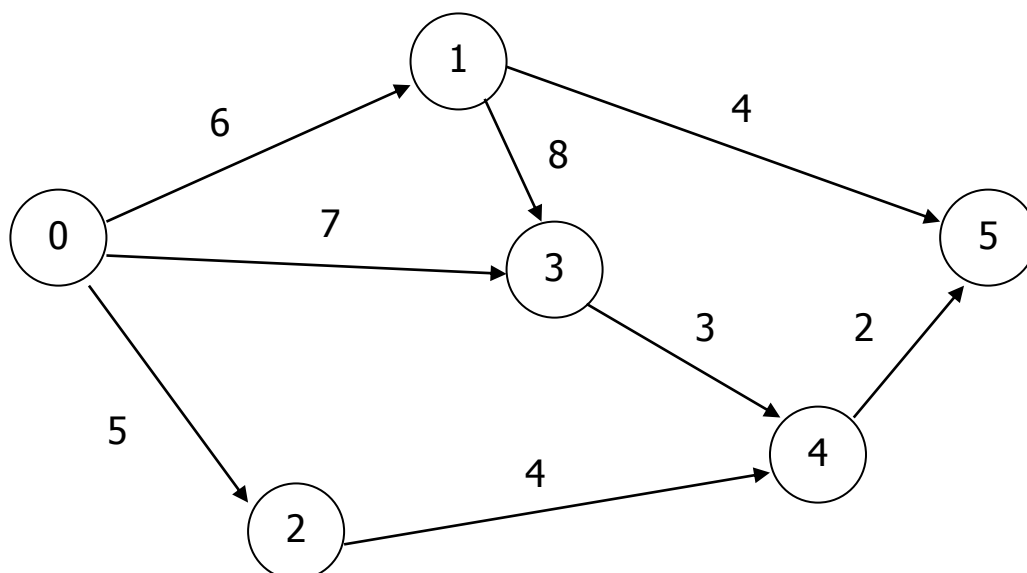


Рисунок 1 – Сетевая модель

На рисунке 1 критическим является путь: 0—1—3—4—5,  $L_{кр} = 19$  дней.

Критический путь определяет продолжительность выполнения комплекса работ в целом. Для сокращения срока выполнения комплекса необходимо сократить время выполнения работ, лежащих на критическом пути. Поэтому изыскание резервов сокращения продолжительности критического пути — *главная задача* руководителей комплекса работ.

## II. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### 1. Построение сетевой модели комплекса работ проекта.

Сетевую модель начинают строить с исходного события. Все остальные события наносятся на рисунок таким образом, чтобы события, имеющие шифр на порядок больше, размещались правее событий с шифром на порядок меньше. Затем каждая пара событий в соответствии с шифрами работ (на основании исходных данных) соединяется стрелкой. В результате получается сетевая модель.

При построении сетевой модели необходимо соблюдать ряд правил:

1. В сети не должно быть событий, из которых не выходит ни одной работы, если только эти события не являются для данной сети завершающими.
2. В сети не должно быть событий, в которые не входит ни одной работы, если только эти события не являются для данной сети исходными.

3. В сети не должно быть замкнутых контуров, путей, соединяющих какое-либо событие с ним же самим.
4. В сети недопустимо пересечение стрелок, обозначающих работы. Это осуществляется перемещением отдельных событий либо по вертикали, либо по горизонтали.
5. В сети не должно быть работ и событий, имеющих одинаковые шифры.

В сетевой модели для каждой работы должна быть указана ее продолжительность ( $t_{ij}$ ).

Продолжительность работы определяется по следующей формуле:

$$t_{ij} = T_{pij} / K, \quad (1)$$

где  $T_{pij}$  – трудоемкость работы, чел.-дн.

$K$  – количество исполнителей, чел.

### *2. Определение критического пути сетевой модели.*

После построения сетевой модели производится расчет ее критического пути. Для этого выявляются все возможные полные пути сетевой модели и рассчитывается их длина. Длина пути определяется как сумма продолжительности работ, лежащих на этом пути. Путь сетевой модели, имеющий максимальную величину, является критическим путем.

На сетевом графике он выделяется либо жирными, либо двойными стрелками.

### *3. Параметры сетевой модели и их расчеты*

К основным параметрам сетевой модели относятся: сроки свершения событий, сроки начала и окончания работ, резервы времени событий и работ.

Сроки свершения событий подразделяются на ранние и поздние.

*Ранний срок* свершения события  $i$  ( $T_{pi}$ ) определяется как продолжительность максимального пути, предшествующего данному событию:

$$T_{pi} = t [L_{\max} (J \div i)]. \quad (2)$$

Поздний срок свершения события  $i$  ( $T_{\text{п}i}$ ) определяется разностью продолжительности критического пути и максимального, последующего за  $i$ -ым событием:

$$T_{\text{п}i} = t(L_{\text{кр}}) - t[L_{\text{max}}(i \div C)]. \quad (3)$$

Резерв времени события ( $R_i$ ) — это такой промежуток времени, на который может быть отсрочено свершение этого события без нарушения сроков завершения разработки в целом. Он определяется:

$$R_i = T_{\text{п}i} - T_{\text{р}i}. \quad (4)$$

На критическом пути события не имеют резервов, т. е.

$$T_{\text{п}i} = T_{\text{р}i}; \quad R_i = 0.$$

На основании ранних и поздних сроков свершения событий определяются параметры любой работы ( $i, j$ ) сетевой модели:

1. Самый ранний из возможных сроков начала работы

$$T_{\text{рп}ij} = T_{\text{р}i}. \quad (5)$$

2. Самый поздний из допустимых сроков начала этой работы

$$T_{\text{пп}ij} = T_{\text{п}j} - t_{ij}. \quad (6)$$

3. Самый ранний из возможных сроков окончания работы

$$T_{\text{ро}ij} = T_{\text{р}i} + t_{ij}. \quad (7)$$

4. Самый поздний из возможных сроков окончания работы

$$T_{\text{по}ij} = T_{\text{п}j}. \quad (8)$$

Резервы времени работ подразделяются на полные и свободные.

Полный резерв времени работы ( $i, j$ ) — это максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность данной работы, не изменяя при этом продолжительность критического пути. Он равен

$$R_{\text{п}ij} = T_{\text{п}j} - T_{\text{р}i} - t_{ij}, \quad (9)$$

где  $i$  — начальное событие данной работы ( $i, j$ );

$j$  — конечное событие данной работы ( $i, j$ ).

Свободный резерв времени работы ( $i, j$ ) — это максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность работы или отсро-



читать ее начало, не изменяя при этом ранних сроков начала последующих работ. Свободный резерв времени работы определяется по формуле

$$R_{cij} = T_{pj} - T_{pi} - t_{ij}. \quad (10)$$

Резервы времени работ используются при *оптимизации* сетевого графика.

Расчеты параметров сетевой модели можно проводить графическим методом (по параметрам событий) или табличным (по параметрам работ).

В контрольной работе расчеты всех параметров сделаем, используя первый метод и частично второй в следующей последовательности:

2. Расчет ранних сроков свершения событий проведем так: ранний срок свершения исходного события ( $J$ ) примем равным нулю —  $T_{p_j} = 0$ .

Ранние сроки свершения всех остальных событий определяются в строгой последовательности по возрастающим номерам событий. Для определения раннего срока свершения любого события  $j$  рассматриваются все работы, входящие в это событие; определяется сумма раннего срока свершения начального события каждой работы с ее продолжительностью — максимальная из них определит ранний срок свершения события  $j$ , т. е.

$$T_{pj} = (T_{pi} + t_{ij})_{\max}.$$

Пример расчета ранних сроков свершения событий части сетевой модели (рисунок 2).

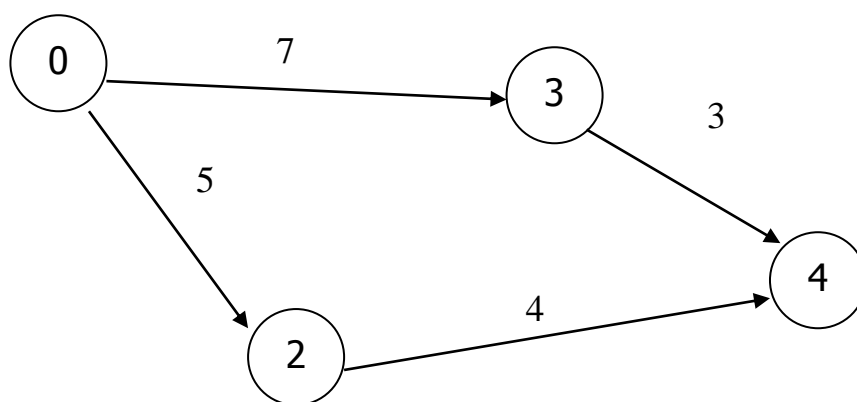


Рисунок 2

$T_{p0} = 0$ , так как 1-е событие — исходное.

$T_{p2} = T_{p1} + t_{1-2} = 0 + 3 = 3$  дн.  $T_{p3} = 5$  дн.

$$T_{p3} = T_{p1} + t_{1-3} = 0 + 8 = 8 \text{ дн.} \quad T_{p3} = 7 \text{ дн.}$$

$$T_{p4} = \max \begin{cases} T_{p3} + t_{3-4} \\ T_{p2} + t_{2-4} \end{cases} = \begin{cases} 7 + 3 \\ 5 + 4 \end{cases} = 10 \text{ дн.}$$

3. Расчет поздних сроков свершения событий проводится несколько иначе. Поздний срок свершения завершающего события принимаем равным раннему сроку  $T_{п.с} = T_{р.с}$ . Расчет поздних сроков свершения всех остальных событий ведется в обратной последовательности, по убывающим номерам событий. Для определения позднего срока свершения предыдущего события  $i$  рассматриваются все работы, выходящие из  $i$ -го события, и выбирается минимальное время

$$T_{пi} = (T_{пj} - t_{ij})_{\min}.$$

Пример расчета поздних сроков свершения событий части сетевой модели (см. рисунок 3).

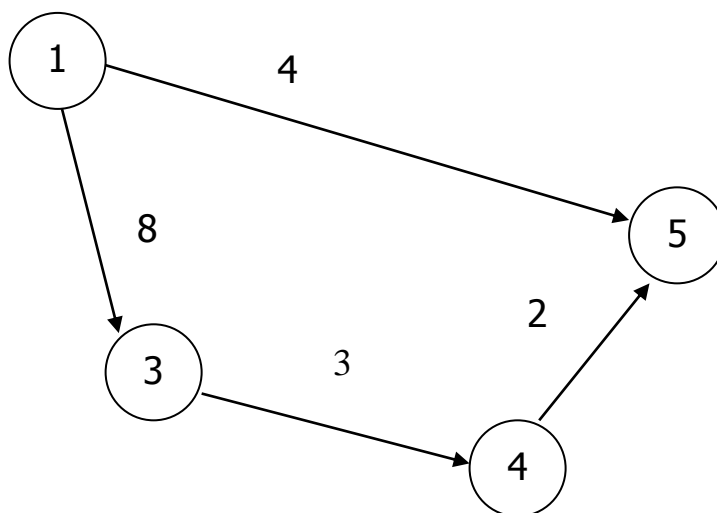


Рисунок 3

$$T_{n5} = 19 \text{ дн.}, T_{n4} = T_{n5} - t_{4-5} = 19 - 2 = 17 \text{ дн.}$$

$$T_{n3} = T_{n4} - t_{3-4} = 17 - 3 = 14 \text{ дн.}$$

$$T_{n1} = \min \begin{cases} T_{n5} - t_{1-5} \\ T_{n3} - t_{1-3} \end{cases} = \min \begin{cases} 19 - 4 \\ 14 - 8 \end{cases} = 6 \text{ дн.}$$

4. Исходя из ранних и поздних сроков свершения событий рассчитаем их резервы и все параметры событий перенесем в таблицу 1.

Таблица 1 - Сроки свершения событий (параметры событий) сетевой модели

№ п/п	Шифр события	Срок свершения события $i$		Резерв времени события $i$ , $R_i$
		ранний $T_{pi}$	поздний $T_{pi}$	
	1			
	2			
	3			
	...			

5. Согласно формулам (5) — (10) проведем расчет параметров всех работ сетевой модели и результаты перенесем в таблицу 2.

6. По данным таблицы 1 определим критический путь сетевой модели. Критический путь проходит через события, имеющие нулевой резерв времени, и работы, полный резерв времени которых равен нулю.

Таблица 2 - Параметры работ сетевой модели

№ п/п	Код работы		$t_{ij}$	$T_{prij}$	$T_{pnij}$	$T_{poij}$	$T_{pnoij}$	$R_{pij}$	$R_{cnij}$	Коды работ критического пути $L_{кр}$
	$i$	$j$								

Продолжительность критического пути  $t (L_{кр})$  соответствует раннему или позднему сроку свершения завершающего события —  $C$ . Полученные результаты сверим с ранее проведенным расчетом критического пути сетевой модели, — они должны совпадать.

4. Оптимизация сетевой модели



Оптимизация сетевого графика (модели) проводится по времени и ресурсам. Оптимизация по времени необходима в том случае, когда директивный срок выполнения комплекса работ меньше срока завершающего события, т. е.  $T_D < T_C$ .

*Цель оптимизации* сетевого графика по времени — сократить продолжительность критического пути до заданного срока, используя все методы и средства. Важнейшими параметрами сетевой модели, которые используются при ее оптимизации, являются резервы времени работ. Оптимизация сетевой модели проводится перераспределением ресурсов, т. е. переводом части исполнителей с ненапряженных работ в пределах их резервов времени, на работы критического пути, выполняемые параллельно с первыми работниками тех же специальностей. Это обеспечивает увеличение продолжительности ненапряженных работ и уменьшение продолжительности работ критического пути.

Для определения количества исполнителей, которых можно снять с данной работы, кроме резерва времени необходимы данные о трудоемкости работы и общем количестве исполнителей, занятых ее выполнением.

Высвобожденные исполнители перебрасываются на выполнение аналогичных работ для сокращения критического пути.

Процесс оптимизации сетевой модели вначале производится на основе использования внутренних ресурсов, т. е. за счет перераспределения исполнителей внутри модели. Если использование внутренних ресурсов не дает запланированных результатов, то обращаются к внешним.

Процесс оптимизации может производиться многократно, пока не будет получена необходимая длина критического пути. После оптимизации сетевой модели можно переходить к выполнению комплекса работ.

### III. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ЗАДАНИЯ

На основании исходных данных построить сетевую модель комплекса работ проекта.

По вариантам необходимо:

- 1) определить длительность критического пути;
- 2) рассчитать параметры сетевой модели (параметры событий сетевой модели; параметры работ сетевой модели);
- 3) рассчитать трудоемкость работ сетевой модели;
- 4) оптимизировать сетевую модель, сократив критический путь на 10%.

Исходные данные к работе

Вариант 1

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	52	31
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	28	18
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	17	11
4	Разработка технологии сборки	1-5	34	19
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	22	16
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	28	21
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	20	9
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	36	16
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	18	10
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	27	12
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	40	26
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	50	30
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	56	32
16	Отливка деталей	11-14	54	31
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	16	12
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	42	24
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	50	28
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	26	10
23	Сборка изделия	16-17	20	16

Вариант 2

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	32	19
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	28	15
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	14	10
4	Разработка технологии сборки	1-5	33	17
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	20	25
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	21	14
7	Расчет расхода материала	3-10	7	6
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	14	8
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	27	14
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	36	22
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	19	13
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	28	14
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	43	24
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	54	32
16	Отливка деталей	11-14	50	30
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	18	11
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	48	31
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	41	29
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	28	13
23	Сборка изделия	16-17	32	18

Вариант 3

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	42	14
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	28	12
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	18	10
4	Разработка технологии сборки	1-5	26	7
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	33	11
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	23	17
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	16	12
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	20	9
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	32	17
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	17	9
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	27	11
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	40	22
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	46	24
16	Отливка деталей	11-14	52	25
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	19	9
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	54	23
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	48	20
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	24	11
23	Сборка изделия	16-17	20	9



Вариант 4

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	36	24
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	26	12
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	14	13
4	Разработка технологии сборки	1-5	25	10
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	33	22
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	24	12
7	Расчет расхода материала	3-10	7	8
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	20	9
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	27	12
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	37	20
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	21	11
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	24	12
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	36	26
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	46	36
16	Отливка деталей	11-14	52	39
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	16	10
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	54	32
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	36	20
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	21	11
23	Сборка изделия	16-17	28	19

Вариант 5

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	32	18
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	25	11
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	14	10
4	Разработка технологии сборки	1-5	30	12
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	35	16
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	28	13
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	21	10
9	Расчет шихты	4-11	5	7
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	27	11
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	36	18
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	19	15
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	23	17
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	38	28
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	55	30
16	Отливка деталей	11-14	50	32
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	18	14
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	58	29
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	50	22
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	24	13
23	Сборка изделия	16-17	20	12

Вариант 6

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	40	20
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	26	11
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	14	10
4	Разработка технологии сборки	1-5	20	12
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	36	17
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	30	15
7	Расчет расхода материала	3-10	7	6
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	15	10
9	Расчет шихты	4-11	5	6
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	24	11
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	37	20
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	20	15
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	24	13
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	36	26
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	53	30
16	Отливка деталей	11-14	52	28
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	13	10
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	46	27
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	48	29
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	22	10
23	Сборка изделия	16-17	28	17

Вариант 7

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	48	26
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	26	14
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	16	13
4	Разработка технологии сборки	1-5	20	17
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	38	24
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	21	11
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	14	12
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	25	15
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	38	22
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	21	10
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	22	18
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	43	32
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	52	34
16	Отливка деталей	11-14	56	38
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	12	0
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	42	29
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	41	10
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	20	17
23	Сборка изделия	16-17	26	15

Вариант 8

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	38	15
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	24	10
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	16	11
4	Разработка технологии сборки	1-5	25	8
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	34	14
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	22	14
7	Расчет расхода материала	3-10	7	5
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	20	11
9	Расчет шихты	4-11	5	6
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	21	10
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	30	16
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	18	12
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	28	14
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	42	26
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	48	28
16	Отливка деталей	11-14	50	29
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	16	10
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	52	25
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	42	23
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	26	12
23	Сборка изделия	16-17	26	11

Вариант 9

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	50	30
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	32	14
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	20	11
4	Разработка технологии сборки	1-5	34	16
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	40	25
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	27	15
7	Расчет расхода материала	3-10	7	6
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	24	9
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	28	13
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	34	21
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	16	14
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	20	15
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	36	22
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	54	30
16	Отливка деталей	11-14	53	31
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	18	12
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	42	23
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	38	20
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	28	12
23	Сборка изделия	16-17	29	18

Вариант 10

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	38	25
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	24	14
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	16	12
4	Разработка технологии сборки	1-5	26	15
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	32	20
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	25	16
7	Расчет расхода материала	3-10	7	9
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	14	10
9	Расчет шихты	4-11	5	6
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	21	12
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	36	27
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	20	12
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	22	16
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	42	34
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	53	38
16	Отливка деталей	11-14	52	35
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	18	10
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	52	30
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	50	28
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	18	11
23	Сборка изделия	16-17	28	18

Вариант 11

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	34	25
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	26	16
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	13	9
4	Разработка технологии сборки	1-5	30	24
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	34	21
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	29	15
7	Расчет расхода материала	3-10	7	8
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	27	12
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	24	12
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	40	27
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	15	9
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	34	20
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	38	24
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	56	34
16	Отливка деталей	11-14	55	32
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	21	10
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	48	30
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	44	24
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	21	11
23	Сборка изделия	16-17	32	15



Вариант 12

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	52	30
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	28	14
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	18	15
4	Разработка технологии сборки	1-5	26	11
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	38	24
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	25	14
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	21	10
9	Расчет шихты	4-11	5	6
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	26	11
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	30	23
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	14	8
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	26	19
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	40	28
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	52	35
16	Отливка деталей	11-14	48	30
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	20	11
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	53	31
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	47	24
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	22	10
23	Сборка изделия	16-17	30	17

Вариант 13

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	39	25
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	28	15
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	16	17
4	Разработка технологии сборки	1-5	20	12
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	36	20
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	30	18
7	Расчет расхода материала	3-10	7	8
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	16	12
9	Расчет шихты	4-11	5	7
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	25	15
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	37	20
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	18	10
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	24	13
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	37	30
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	55	38
16	Отливка деталей	11-14	54	36
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	13	10
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	46	32
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	41	22
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	24	11
23	Сборка изделия	16-17	32	18

Вариант 14

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	43	22
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	27	16
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	15	11
4	Разработка технологии сборки	1-5	24	17
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	33	21
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	22	14
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	15	10
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	21	14
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	30	22
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	19	11
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	25	15
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	43	31
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	46	34
16	Отливка деталей	11-14	53	38
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	15	11
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	50	34
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	40	26
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	24	12
23	Сборка изделия	16-17	28	16

Вариант 15

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	53	28
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	36	20
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	14	10
4	Разработка технологии сборки	1-5	32	21
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	42	22
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	28	17
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	26	11
9	Расчет шихты	4-11	5	6
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	23	11
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	36	22
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	18	16
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	30	18
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	34	21
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	55	32
16	Отливка деталей	11-14	53	30
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	22	11
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	56	32
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	36	16
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	27	13
23	Сборка изделия	16-17	31	19

Вариант 16

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	52	24
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	22	12
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	12	10
4	Разработка технологии сборки	1-5	18	12
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	37	16
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	20	13
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	16	10
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	29	11
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	32	18
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	22	16
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	21	17
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	42	28
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	46	32
16	Отливка деталей	11-14	50	32
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	14	14
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	50	29
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	46	22
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	18	13
23	Сборка изделия	16-17	20	14

Вариант 17

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	36	26
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	28	15
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	16	12
4	Разработка технологии сборки	1-5	18	12
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	40	25
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	21	13
7	Расчет расхода материала	3-10	7	7
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	22	10
9	Расчет шихты	4-11	5	7
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	20	13
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	34	20
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	15	11
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	26	14
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	40	30
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	48	34
16	Отливка деталей	11-14	56	38
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	13	9
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	50	34
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	40	21
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	26	12
23	Сборка изделия	16-17	24	16

Вариант 18

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	40	25
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	26	13
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	16	11
4	Разработка технологии сборки	1-5	24	17
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	32	22
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	28	14
7	Расчет расхода материала	3-10	7	8
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	16	11
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	25	14
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	38	19
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	17	10
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	27	15
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	42	31
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	50	35
16	Отливка деталей	11-14	55	38
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	14	8
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	46	30
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	48	22
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	27	13
23	Сборка изделия	16-17	28	14

Вариант 19

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	36	13
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	32	11
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	15	8
4	Разработка технологии сборки	1-5	28	5
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	32	10
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	24	9
7	Расчет расхода материала	3-10	7	6
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	17	11
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	22	10
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	34	15
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	16	8
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	26	12
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	44	20
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	50	21
16	Отливка деталей	11-14	48	18
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	18	7
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	56	19
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	36	15
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	20	12
23	Сборка изделия	16-17	24	8



Вариант 20

№ п/п	Содержание работы	Код работы	Продолжительность работ, дн.	Количество исполнителей, чел.
1	Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства	1-3	34	12
2	Разработка маршрутной технологии механической обработки изделия	1-2	29	10
3	Разработка технологии литейного производства	1-4	13	7
4	Разработка технологии сборки	1-5	24	9
5	Разработка пооперационной технологии механической обработки	2-6	30	11
6	Проектирование кузнечной оснастки	3-9	25	6
7	Расчет расхода материала	3-10	7	5
8	Проектирование литейной оснастки	4-8	18	8
9	Расчет шихты	4-11	5	5
10	Проектирование сборочной оснастки	5-15	23	8
11	Проектирование оснастки для механической обработки	6-7	36	12
12	Изготовление оснастки для механической обработки	7-12	15	7
13	Изготовление литейной оснастки	8-11	25	10
14	Изготовление кузнечной оснастки	9-10	40	15
15	Изготовление поковок и штамповок	10-13	48	15
16	Отливка деталей	11-14	53	16
17	Механическая обработка деталей из сортового проката	12-16	16	5
18	Фиктивная работа	12-13	0	0
19	Фиктивная работа	2-14	0	0
20	Механическая обработка деталей из поковок	13-16	52	14
21	Механическая обработка литых деталей	14-16	38	10
22	Изготовление сборочной оснастки	15-16	21	8
23	Сборка изделия	16-17	22	7



### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.**

1. Новицкий Н.И. Сетевое планирование и управление производством. Учебно-практическое пособие. М.: Новое знание, 2004 – 159 с.
2. Романова М. В. Управление проектами: учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М , 2010. - 253 с