

1173

Н.И. Новицкий

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Практикум



МИНСК ООО «НОВОЕ ЗНАНИЕ» 2004

658.5(076.5)

УДК 658.012(076.1)(075.8)

ББК 65.290-2я73

Н73

Р е ц е н з е н т ы:

заведующий кафедрой менеджмента

Белорусского государственного университета информатики и
радиоэлектроники, кандидат экономических наук А.К. Феденя;

доцент кафедры экономики и организации предприятий
машиностроения Уральского государственного технического
университета, кандидат экономических наук В.А. Шабалина

С. Торайғыров

атындағы ПМУ-ді *508491*
академик С.Бейсембаев
атындағы ғылыми

КИТАПХАНАСЫ

Новицкий Н.И.

Н73 Организация и планирование производства: Практикум /
Н.И. Новицкий. — Мн.: Новое знание, 2004. — 256 с.

ISBN 985-475-074-4.

Рассмотрены наиболее часто встречающиеся на практике задачи по организации и оперативному планированию производства, управлению предприятием, цехом, участком и другими подразделениями. В каждой теме приведены краткие методические указания и краткие теоретические сведения, даны типовые задачи с решениями и задачи для решения.

Для студентов и преподавателей инженерно-экономических, технических и экономических специальностей вузов, а также аспирантов и практических работников.

УДК 658.012(076.1)(075.8)

ББК 65.290-2я73

ISBN 985-475-074-4

© Новицкий Н.И., 2004

© Оформление. ООО «Новое знание», 2004

Предисловие

Практикум имеет целью расширить и углубить теоретические знания студентов, привить им необходимые навыки для решения наиболее часто встречающихся на практике задач по вопросам организации и оперативного планирования производства, управления предприятием, цехом, участком и другими подразделениями.

Книга призвана оказать помощь преподавателям курса «Организация, планирование и управление производством» при проведении ими практических занятий по разделам дисциплины.

В практикум включены задачи по пятнадцати темам курса. В начале каждой темы, по которой предлагаются задачи, приводятся краткие методические указания и теоретические сведения, далее — типовые задачи с решениями и задачи для самостоятельного решения. Наличие в каждой теме методических указаний и кратких теоретических сведений для решения задач, а также примеров решения делает настоящее издание пригодным для заочного и вечернего обучения.

Объем методических указаний и теоретических сведений, а также количество предлагаемых задач определяются, в основном, степенью трудности рассматриваемой темы.

Автор признателен сотрудникам кафедры менеджмента БГУИР, доцентам Э.А. Афитову, Н.П. Беляцкому, В.П. Чигрину за помощь, совместное написание и подготовку к изданию отдельных задач.

Автор выражает благодарность рецензентам от кафедры менеджмента БГУИР за ценные замечания, сделанные при подготовке материала к изданию.

Список принятых сокращений

АЛУ — автоматизированное логическое устройство

АСТПП — автоматизированная система технологической подготовки производства

АСУП — автоматизированная система управления предприятием

ГПК — гибкий производственный комплекс

ГПМ — гибкий производственный модуль

ГПС — гибкая производственная система

ГПУ — гибкий производственный участок

ИРК — инструментально-раздаточная кладовая

КД — конструкторская документация

КПН — календарно-плановые нормативы

МНПЛ — многопредметная непрерывно-поточная линия

МППЛ — многопредметная прерывно-поточная линия

НИР — научно-исследовательская работа

НОК — наименьшее общее кратное

НТИ — научно-техническая информация

ОКР — опытно-конструкторская работа

ОНПЛ — однопредметная непрерывно-поточная линия

ОППЛ — однопредметная прерывно-поточная линия

ПР — промышленный робот

ППР — планово-предупредительный ремонт

РМЦ — ремонтно-механический цех

РП — рабочий проект

РТК — роботизированный технологический комплекс

РТУ — радиотехническое устройство

САПР — система автоматизированного проектирования

СОНТ — создание и освоение новой техники

СПУ — сетевое планирование и управление

ТД — технологическая документация

ТЗ — техническое задание

ТПР — технический проект

ТП — техническое предложение

ТЭЗ — типовой элемент замены

ТЭО — технико-экономическое обоснование

УСС — участок серийной сборки

ЦИС — центральный инструментальный склад

ЧПУ — числовое программное управление

ЭП — эскизный проект

ЭЦВМ — электронная цифровая вычислительная машина

const — постоянное число

var — переменное число

Тема 1. Организация простого производственного процесса во времени

В этой теме приведены задачи по определению длительности технологического и производственного циклов обработки партии деталей при последовательном, параллельно-последовательном и параллельном видах движений.

Методические указания

Длительность операционного цикла партии деталей на i -й операции определяется по формуле

$$t_n = \frac{n \cdot t_i}{C_{\text{пр}i}}, \quad (1.1)$$

где n — количество деталей в партии, шт.; t_i — норма штучного времени на i -й операции, мин; $C_{\text{пр}i}$ — принятое число рабочих мест на i -й операции, шт.

Длительность технологического цикла при последовательном виде движений предметов труда определяется по формуле

$$T_{\text{п (посл)}}^{\text{тех}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{пр}i}}, \quad (1.2)$$

где m — число операций в технологическом процессе.

Длительность технологического цикла при параллельно-последовательном виде движений предметов труда определяется по формуле

$$T_{\text{п (пп)}}^{\text{тех}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{пр}i}} - (n-p) \sum_{i=1}^{m-1} \frac{t_{ki}}{C_{\text{пр}i}}, \quad (1.3)$$

где p — размер транспортной партии, шт.; t_{ki} — наименьшая норма времени между каждой i -й парой смежных операций с учетом количества единиц оборудования, мин.

Длительность технологического цикла при параллельном виде движений предметов труда определяется по формуле

$$T_{\text{ц (пар)}}^{\text{тех}} = (n - p) \frac{t_{i \max}}{C_{\text{при}}} + p \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{при}}}, \quad (1.4)$$

где $t_{i \max}$ — норма времени i -й операции (максимальной по продолжительности) с учетом количества рабочих мест, мин.

Длительность производственного цикла обработки деталей всегда больше технологического цикла на величину времени, затрачиваемого на транспортные и контрольные операции, естественные процессы, межоперационные перерывы и перерывы, регламентированные режимом работы.

На практике, как правило, учитываются только три основные составляющие длительности производственного цикла: длительность технологического цикла (T), длительность естественных процессов (t_e) и время межоперационного пролеживания ($t_{\text{мо}}$):

$$T_{\text{ц}}^{\text{пр}} = T_{\text{ц}}^{\text{тех}} + mt_{\text{мо}} + t_e. \quad (1.5)$$

Типовые задачи с решениями

Задача 1.1.

Построить графики движения партии деталей и рассчитать длительность технологического цикла по всем трем видам движений, если известно, что партия деталей состоит из 3 шт., технологический процесс обработки включает 5 операций, длительность которых соответственно составляет: $t_1 = 2$, $t_2 = 1$, $t_3 = 3$, $t_4 = 2$, $t_5 = 2,5$ ч. Размер транспортной партии равен 1 шт. Каждая операция выполняется на одном станке.

Решение

1.1.1. Расчет длительности технологического цикла обработки партии деталей при последовательном виде движений предметов труда ведется по формуле (1.2) и рис. 1.1

$$T_{\text{ц (посл)}}^{\text{тех}} = 3(2 + 1 + 3 + 2 + 2,5) = 31,5 \text{ ч.}$$

1.1.2. Расчет длительности технологического цикла обработки партии деталей при параллельно-последовательном виде движений предметов труда ведется по формуле (1.3) и рис. 1.2

$$T_{\text{ц (пп)}}^{\text{тех}} = 3(2 + 1 + 3 + 2 + 2,5) - (3 - 1)(1 + 1 + 2 + 2) = 19,5 \text{ ч.}$$



Рис. 1.1. График длительности технологического цикла при последовательном виде движений партии деталей в производстве

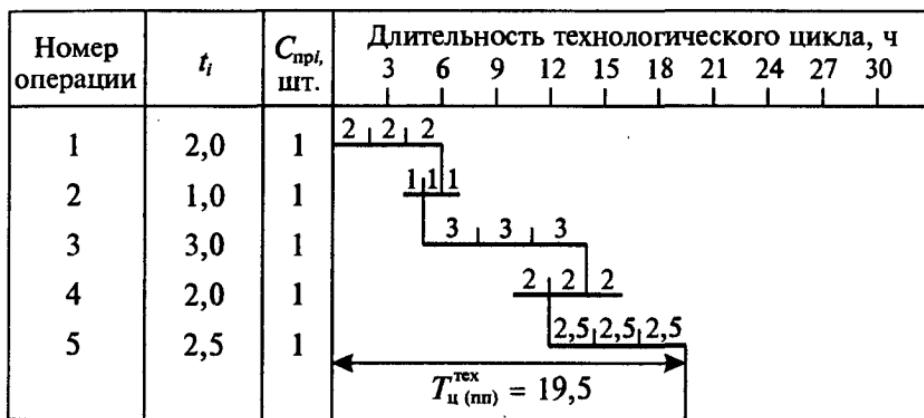


Рис. 1.2. График длительности технологического цикла при параллельно-последовательном виде движений партии деталей в производстве

1.1.3. Расчет длительности технологического цикла обработки партии деталей при параллельном виде движений предметов труда ведется по формуле (1.4) и рис. 1.3

$$T_{\text{п (пар)}}^{\text{тех}} = (3 - 1)3 + 1(2 + 1 + 3 + 2 + 2,5) = 16,5 \text{ ч.}$$

Задача 1.2.

Определить длительность технологического и производственного циклов обработки партии деталей при разных видах движений, построить графики процесса обработки партии деталей при

следующих исходных данных: величина партии деталей $n = 12$ шт.; величина транспортной партии $p = 6$ шт.; среднее межоперационное время $t_{\text{мо}} = 2$ мин; режим работы — двухсменный; длительность рабочей смены $t_{\text{см}} = 8$ ч; длительность естественных процессов $t_e = 35$ мин; технологический процесс обработки представлен в табл. 1.1.

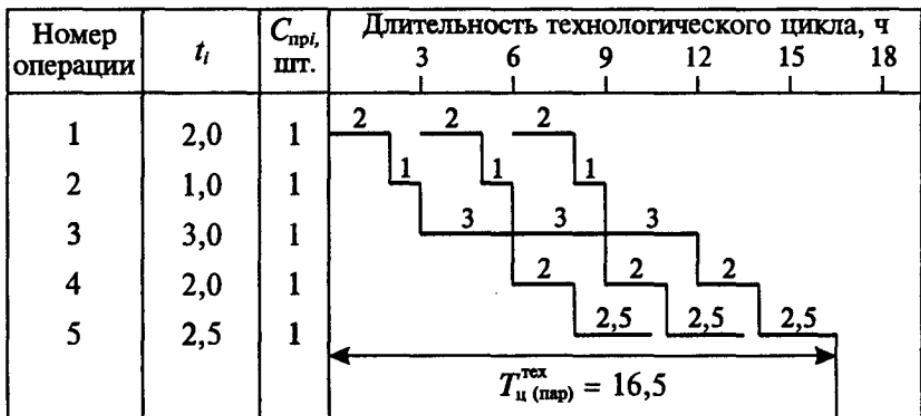


Рис. 1.3. График длительности технологического цикла при параллельном виде движений партии деталей в производстве

Таблица 1.1
Технологический процесс обработки деталей

Номер операции	Операция	Количество единиц оборудования ($C_{\text{пп}}$), шт.	Норма времени (t_i), мин
1	Токарная	1	4,0
2	Фрезерная	1	1,5
3	Шлифовальная	2	6,0

Решение

1.2.1. Расчет длительности технологического цикла при последовательном виде движений предметов труда ведется по формуле (1.2)

$$T_{ii}^{\text{tex}} (\text{посл}) = 12 \left(4 + 1,5 + \frac{6}{2} \right) = 102 \text{ мин.}$$

1.2.2. Расчет длительности производственного цикла при последовательном виде движений предметов труда ведется по формуле (1.5)

$$T_{\text{ц (посл)}}^{\text{пр}} = 102 + 3 \cdot 2 + 35 = 143 \text{ мин.}$$

1.2.3. Построение графика длительности производственного цикла при последовательном виде движений предметов труда (рис. 1.4).

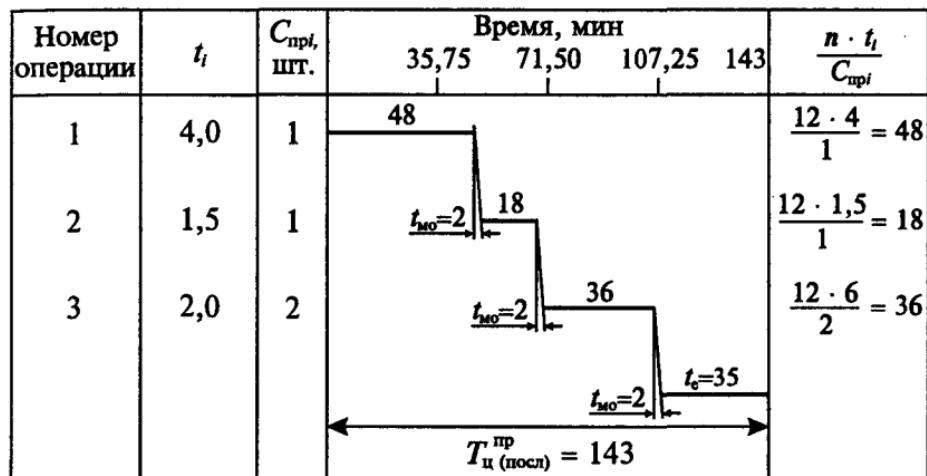


Рис. 1.4. График длительности производственного цикла при последовательном виде движений

1.2.4. Расчет длительности технологического цикла при параллельном виде движений предметов труда ведется по формуле (1.4)

$$T_{\text{ц (пар)}}^{\text{тех}} = (12 - 6) \frac{4}{1} + 6 \left(\frac{4}{1} + \frac{1,5}{1} + \frac{6}{2} \right) = 75 \text{ мин.}$$

1.2.5. Расчет длительности производственного цикла при параллельном виде движений предметов труда ведется по формуле (1.5)

$$T_{\text{ц (пар)}}^{\text{тех}} = 75 + 3 \cdot 2 + 35 = 116 \text{ мин.}$$

1.2.6. Построение графика длительности производственного цикла при параллельном виде движений предметов труда (рис. 1.5).

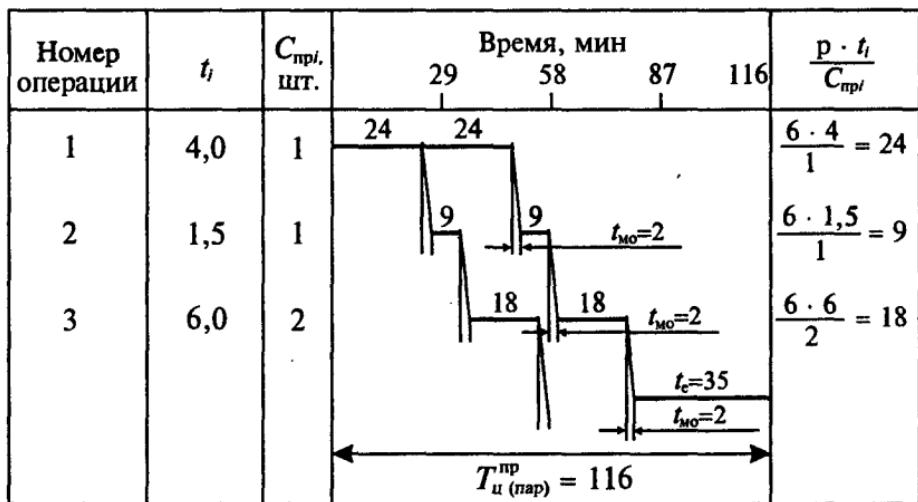


Рис. 1.5. График длительности производственного цикла при параллельном виде движений

1.2.7. Расчет длительности технологического цикла при параллельно-последовательном движении предметов труда ведется по формуле (1.3)

$$T_{\text{ц (пп)}}^{\text{тех}} = 12 \left(\frac{4}{1} + \frac{1,5}{1} + \frac{6}{2} \right) - (12 - 6) \left(\frac{1,5}{1} + \frac{1,5}{1} \right) = 84 \text{ мин.}$$

1.2.8. Расчет длительности производственного цикла при параллельно-последовательном движении предметов труда ведется по формуле (1.5)

$$T_{\text{ц (пп)}}^{\text{пр}} = 84 + 3 \cdot 2 + 35 = 125 \text{ мин.}$$

1.2.9. Построение графика длительности производственного цикла при параллельно-последовательном движении предметов труда (рис. 1.6).

При построении графика необходимо соблюдать следующие правила:

а) если продолжительность последующей операции меньше предыдущей, то перед последующей операцией создается запас деталей, позволяющий выполнять эту операцию непрерывно;

б) если продолжительность последующей операции больше предыдущей, то запас деталей перед последующей операцией не создается, а транспортная партия деталей немедленно передается на последующую операцию по окончании ее обработки.

Номер операции	t_i	$C_{\text{пришт.}}$	Время, мин				$\frac{p \cdot t_i}{C_{\text{пришт.}}}$
			31,25	62,50	93,75	125	
1	4,0	1	24	24			$\frac{6 \cdot 4}{1} = 24$
2	1,5	1		$t_{\text{МО}}=2$	9	9	$\frac{6 \cdot 1,5}{1} = 9$
3	6,0	2		$t_{\text{МО}}=2$	18	18	$\frac{6 \cdot 6}{2} = 18$
				$t_{\text{МО}}=2$		$t_e=35$	
			$T_{\text{пп}}^{\text{пп}} = 116$				

Рис. 1.6. График длительности производственного цикла при параллельно-последовательном виде движений

Задача 1.3.

На основе исходных данных (табл. 1.2, колонки 1–4) рассчитать трудоемкость технологии выработки и реализации управляемого решения при обработке информации на компьютере, определить количество единиц вычислительной техники, длительность выполнения каждой операции, время обработки информации, длительность технологического цикла при использовании параллельно-последовательного вида движений предмета труда, построить график процесса обработки информации при параллельно-последовательном виде движений. Режим работы объекта — двухсменный. Эффективный фонд рабочего времени работников в одну смену — 7,3 ч. Коэффициент выполнения норм времени $K_B = 1,1$.

Решение

1.3.1. Трудоемкость операций технологического процесса определяется по формуле

$$T_i = \frac{t_{oi} \cdot Q_i \cdot K_d}{3600}$$

или

$$T_i = \frac{Q_i}{3600 \cdot B_i}, \quad (1.6)$$

где t_{0i} — основное время, затрачиваемое на единицу работы, мин; Q_i — объем обрабатываемой информации на i -й операции в символах; B_i — производительность труда на i -й операции, операций/с; K_d — коэффициент дополнительного времени, затрачиваемого при обработке информации.

Для первой операции

$$T_1 = \frac{92,16 \cdot 10^6}{3600 \cdot 800} = 32,0 \text{ ч.}$$

Для всех остальных операций расчет ведется аналогично; результаты заносятся в графу 4 табл. 1.2.

1.3.2. Необходимое количество компьютеров для выполнения каждой операции рассчитывается по формуле

$$C_{\text{пр}i} = \frac{T_i}{F_3 \cdot K_{\text{см}} \cdot K_b}, \quad (1.7)$$

где F_3 — эффективный фонд времени работы одного компьютера в смену; $K_{\text{см}}$ — количество смен работы работающих и вычислительной техники, смены; K_b — коэффициент выполнения норм времени.

Для первой операции

$$C_{\text{пр}1} = \frac{32}{7,3 \cdot 2 \cdot 1,1} = 1,99 \text{ (принимаем равным 2 шт.).}$$

Для всех остальных операций расчет ведется аналогично; результаты заносятся в графу 5 табл. 1.2.

1.3.3. Длительность выполнения каждой i -й операции технологического процесса определяется по формуле

$$t_{ki} = \frac{T_i}{C_{\text{пр}i}}. \quad (1.8)$$

Для первой операции

$$t_{k1} = \frac{32}{2} = 16,0 \text{ ч.}$$

Для всех остальных операций расчет ведется аналогично; результаты заносятся в графу 6 табл. 1.2.

Таблица 1.2

Исходные данные и расчетные показатели

Операция для разработки и принятия управленческого решения	Суточный объем работ, элементов операций (Q_i)	Производительность (B_j), операция/с	Трудоемкость (T_p), ч	Количество компьютеров (C_{np})	Длительность выполнения i-й операции (t_{ki}), ч	Время обработки комплекса (t_p), ч	Длительность цикла сдвига операции (T_{12}, t_{cyc}), ч
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Сбор и анализ исходной информации о состоянии объекта	$92,16 \cdot 10^6$	800	32,0	2	16,00	4,00	16,00
2. Формулировка ограничений и определение альтернативных решений	$36,59 \cdot 10^6$	220	46,2	3	15,40	5,78	1,93
3. Оценка и выбор альтернативы с наиболее благоприятными последствиями	$31,75 \cdot 10^6$	280	31,5	2	15,75	3,94	2,28
4. Принятие управляеменного решения	$57,6 \cdot 10^5$	100	16,0	1	16,00	2,00	2,22
5. Организация выполнения управленческого решения	$27,72 \cdot 10^7$	5000	15,4	1	15,40	1,93	1,93
6. Оперативный контроль исполнения управленческого решения	$21,6 \cdot 10^7$	4800	12,5	1	12,50	1,56	1,56
7. Оценка результатов принятого решения	$54,0 \cdot 10^7$	1	15,0	1	15,00	1,88	4,06
Итого	—	—	—	—	106,05	—	29,98

1.3.4. Расчет времени обработки комплекта документов — носителей исходной информации — ведется в графе 7 табл. 1.2. Размер комплекта выбирается приблизительно равным для всех операций либо рассчитывается по формуле

$$t_{pi} = \frac{Q_{pi}}{B_i} \text{ или } t_{pi} = \frac{T_i}{P}, \quad (1.9)$$

где Q_{pi} — объем информации в одном комплекте на i -й операции; P — количество комплектов (принимаем $P=8$ комплектов в сутки).

Для первой операции

$$t_{pi} = \frac{32}{8} = 4 \text{ ч.}$$

Для всех остальных операций расчет ведется аналогично; результаты заносятся в графу 7 табл. 1.2.

1.3.5. Расчет сдвига каждой последующей операции по отношению к предшествующей начинается со второй операции.

Если $t_{i+1} < t_i$, то $t_{\text{сдв}i} = t_{pi+1}$, а если $t_{i+1} > t_i$, то $t_{\text{сдв}i} = t_{ki+1} - t_{ki} + t_i$, где t_i , t_{i+1} — продолжительность предыдущей и последующей операций, ч; t_{pi} , t_{pi+1} — время обработки комплекта соответственно на предыдущей и последующей операциях.

$$t_1 = \frac{t_{p1}}{C_{\text{пп}i}} = \frac{4}{2} = 2 \text{ ч.}$$

$$t_2 = \frac{t_{p2}}{C_{\text{пп}2}} = \frac{5,78}{3} = 1,93 \text{ ч,}$$

следовательно $t_{i+1} = t_2 < t_i = t_1$, $t_{\text{сдв}2} = 1,93$ ч.

$$t_3 = \frac{t_{p3}}{C_{\text{пп}3}} = \frac{3,94}{2} = 1,97 \text{ ч,}$$

следовательно $t_3 > t_2$,

$$t_{\text{сдв}3} = t_{k2+1} - t_{k2} + t_2 = 15,75 - 15,4 + 1,93 = 2,28 \text{ ч.}$$

$$t_4 = \frac{2}{1} = 2 \text{ ч,}$$

следовательно $t_4 > t_3$, $t_{\text{сдв}4} = 16 - 15,75 + 1,97 = 2,22$ ч.

$$t_5 = \frac{1,93}{1} = 1,93 \text{ ч.}$$

следовательно $t_5 < t_4$, $t_{\text{сдв}5} = 1,93 \text{ ч.}$

$$t_6 = \frac{1,56}{1} = 1,56 \text{ ч.}$$

следовательно $t_6 < t_5$, $t_{\text{сдв}6} = 1,56 \text{ ч.}$

$$t_7 = \frac{1,88}{1} = 1,88 \text{ ч.}$$

следовательно $t_7 > t_6$, $t_{\text{сдв}7} = 15 - 12,5 + 1,56 = 4,06 \text{ ч.}$

Результаты расчета заносятся в колонку 8 табл. 1.2.

1.3.6. Длительность технологического цикла процесса обработки информации при использовании параллельно-последовательного вида движений предметов труда определяется по формуле

$$T_{\text{ц}} = t_{ki} + \sum_{i=2}^m t_{\text{сдв}i} =$$

$$= 16 + 1,93 + 2,28 + 2,22 + 1,93 + 1,56 + 4,06 = 29,98 \text{ ч.}$$

где t_{ki} — продолжительность выполнения первой технологической операции, ч.

Расчет длительности технологического цикла процесса обработки информации при использовании параллельно-последовательного вида движений можно также произвести по формуле (1.3)

$$\begin{aligned} T_{\text{ц (пп)}} &= 8 \left(\frac{4}{2} + \frac{5,78}{3} + \frac{3,94}{2} + \frac{2}{1} + \frac{1,93}{1} + \frac{1,56}{1} + \frac{1,88}{1} \right) - (8 - 1) \times \\ &\quad \times \left(\frac{5,78}{3} + \frac{5,78}{3} + \frac{3,94}{2} + \frac{1,56}{1} + \frac{1,56}{1} + \frac{1,93}{1} \right) = \\ &= 8 \cdot 13,27 - 7 \cdot 10,88 = 106,05 - 76,07 = 29,98 \text{ ч.} \end{aligned}$$

1.3.7. Построение графика процесса обработки информации при параллельно-последовательном виде движений (рис. 1.7). Здесь τ — время совмещения смежных операций.

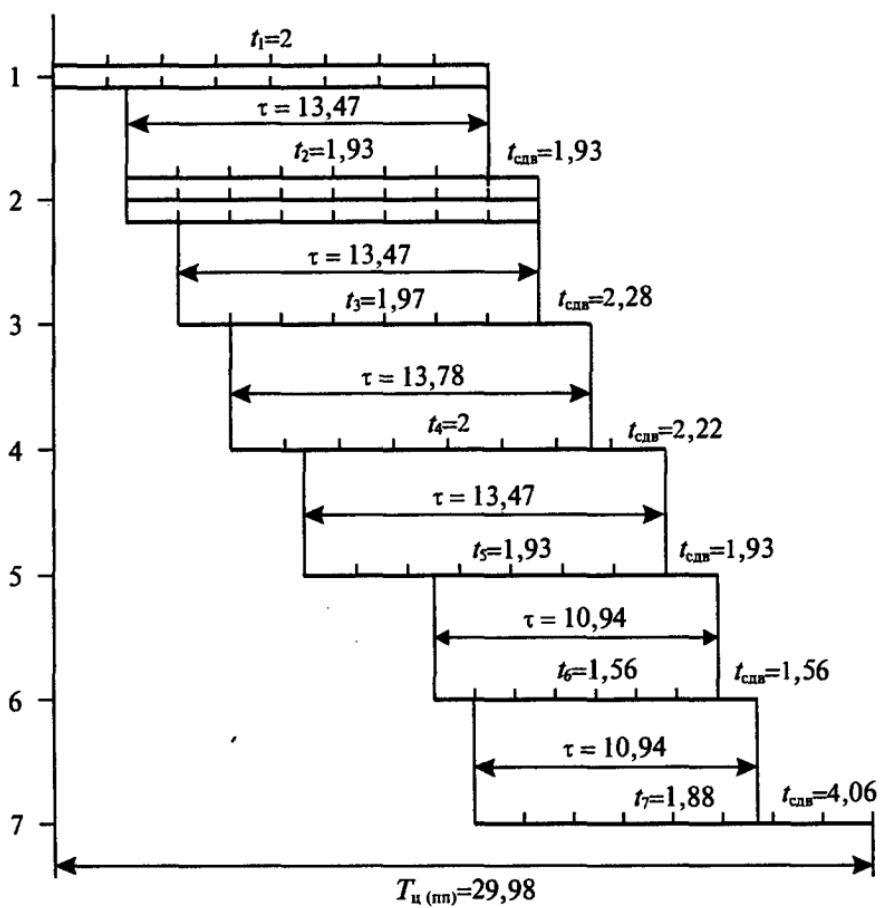


Рис. 1.7. Длительность цикла
при параллельно-последовательном виде движений

Задачи для решения

Задача 1.4.

Определить длительность технологического цикла обработки партии деталей в 100 шт. при последовательном, параллельно-последовательном и параллельном видах движений. Размер транспортной партии равен 10 шт. Каждая операция выполняется на одном станке. Технологический процесс обработки деталей представлен в табл. 1.3.

Задача 1.5.

Количество деталей в партии 12 шт. Вид движений партии деталей — последовательный. Технологический процесс обработки

деталей состоит из 6 операций, длительность обработки на каждой операции соответственно равна: $t_1 = 4$, $t_2 = 6$, $t_3 = 6$, $t_4 = 2$, $t_5 = 5$, $t_6 = 3$ мин. Каждая операция выполняется на одном станке. Определить, как изменится продолжительность технологического цикла обработки деталей, если последовательный вид движений заменить на параллельно-последовательный. Размер транспортной партии принять равным 1.

Таблица 1.3
Технологический процесс обработки деталей

Номер операции	Операция	Норма времени, мин
1	Сверлильная 1	2
2	Расточная	3
3	Протяжная	10
4	Обточная	4
5	Зубонарезная	12
6	Сверлильная 2	8
7	Фрезерная	15
8	Слесарная 1	6
9	Слесарная 2	20
10	Шлифовальная	10

Задача 1.6.

Партия деталей состоит из 10 шт., обрабатывается при параллельно-последовательном виде движений. Технологический процесс обработки деталей состоит из 6 операций: $t_1 = 2$, $t_2 = 9$, $t_3 = 5$, $t_4 = 8$, $t_5 = 3$, $t_6 = 4$ мин. Имеется возможность объединить пятую и шестую операции в одну без изменения длительности каждой. Размер транспортной партии равен 1. Определить, как изменится длительность технологического цикла обработки деталей.

Задача 1.7.

Определить длительность технологического цикла обработки партии деталей, состоящей из 20 шт., при последовательном, параллельном и параллельно-последовательном видах движений. Построить графики процесса обработки. Технологический процесс обработки деталей состоит из пяти операций, длительность которых соответственно составляет: $t_1 = 2$, $t_2 = 4$, $t_3 = 3$, $t_4 = 6$, $t_5 = 5$ мин. Вторая, четвертая и пятая операции выполняются

КИТАПХАНАСЫ

508491

на двух станках, а первая и третья — на одном. Величина транспортной партии — 5 шт.

Задача 1.8.

Определить длительность технологического цикла обработки партии деталей, состоящей из 10 шт. при различных видах движений. Построить графики процесса обработки. Технологический процесс обработки деталей состоит из четырех операций, длительность которых соответственно составляет: $t_1 = 8$, $t_2 = 4$, $t_3 = 2$, $t_4 = 10$ мин. Среднее межоперационное время — 2 мин. Длительность естественных процессов — 30 мин. Величина транспортной партии — 2 шт. Первая и четвертая операции выполняются на двух станках, а каждая из остальных — на одном.

Задача 1.9.

Партия из 200 деталей обрабатывается при параллельно-последовательном виде движения. Технологический процесс обработки деталей состоит из 6 операций, длительность которых соответственно составляет: $t_1 = 6$; $t_2 = 3$; $t_3 = 24$; $t_4 = 6$; $t_5 = 4$; $t_6 = 20$ мин. Третья операция выполняется на 3 станках-дублерах, шестая — на 2, а каждая из остальных операций — на 1 станке. Транспортная партия $p = 20$ деталей.

Определить, как изменится длительность технологического цикла обработки партии деталей, если параллельно-последовательный вид движения заменить параллельным.

Тема 2. Организация сложного производственного процесса во времени

В этой теме приведены задачи по определению длительности производственного цикла сложного (сборочного) процесса.

Методические указания

Продолжительность выполнения i -й сборочной операции определяется по формуле

$$t_{\text{оп}i} = \frac{t_h}{P_{\text{сб}} \cdot K_b}, \quad (2.1)$$

где t_h — трудоемкость выполняемой операции, нормо-ч; $P_{\text{сб}}$ — количество рабочих, одновременно занятых выполнением данной операции; K_b — коэффициент выполнения норм времени.

Минимальный размер партии изделий, собираемых на участке, определяется по формуле

$$n_{\min} = \frac{(100 - a_{\text{об}}) \sum_{i=1}^m t_{\text{п.з}i}}{a_{\text{об}} \sum_{i=1}^m t_i}, \quad (2.2)$$

где $t_{\text{п.з}i}$ — подготовительно-заключительное время на i -й операции сборки, мин; $a_{\text{об}}$ — процент допустимых потерь рабочего времени на переналадку и ремонт рабочих мест.

Расчет режима (период чередований) партий изделий осуществляется по формуле

$$R_p = \frac{D \cdot n_{\min}}{N_m}, \quad (2.3)$$

где D — количество рабочих дней в месяце; N_m — месячная программа изготовления изделий, шт.

Расчет оптимального размера партии изделий осуществляется по формуле

$$n_o = R_y \cdot \frac{N_m}{D}, \quad (2.4)$$

где R_y — удобопланируемый ритм (если в месяце 21 рабочий день, а $R_p = 2,5$, то в качестве R_y выбирается ближайший из ритмов 21, 7, 3, 1).

При этом должны выполняться следующие условия:

- 1) месячная программа кратна оптимальному размеру партии;
- 2) оптимальный размер партии изделий удовлетворяет требованию

$$n_{\min} < n_o < N_m.$$

Длительность операционного цикла партии изделий на i -й операции определяется по формуле

$$t_{\text{оп}i} = \frac{t'_i \cdot n_o + t_{\text{п.з}i}}{60}, \quad (2.5)$$

где t'_i — норма штучного времени на i -й операции с учетом коэффициента выполнения норм, мин.

Длительность операционного цикла партии изделий по сборочным единицам определяется по формуле

$$t_{\text{с.ед}} = \sum_{i=1}^K t_{\text{оп}i}, \quad (2.6)$$

где K — количество операций, входящих в сборочную единицу.

Расчет необходимого количества рабочих мест для сборки изделий осуществляется по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{оп}i}}{R_y}. \quad (2.7)$$

Типовая задача с решением

Задача 2.1.

На участке производится сборка изделия A . Технологический процесс сборки прибора представлен в табл. 2.1 (колонки 1–7). Месячная программа выпуска изделий составляет 700 шт. Количество рабочих дней в месяце — 21. Режим работы сборочного участка — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч.

Таблица 2.1

Технологический процесс сборки изделия А

Условные обозначения сборочных единиц	Номер операции (i)	t_i , мин	K_b	t_f , мин	$t_{пз}^b$, мин	Подача сборочных единиц к операции, шт.	Длительность операционного цикла партии изделий, ч	Длительность операционного цикла партии изделий по сборочной единице, ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
AB ₁	1	5,0	1,06	4,7	10	6	8,0	12,0
	2	2,5	1,09	2,3	10	6	4,0	
AB ₂	3	8,0	1,13	7,1	10	6	12,0	28,0
	4	6,6	1,12	5,9	10	6	10,0	
	5	4,0	1,14	3,5	10	6	6,0	
AB	6	5,0	1,06	4,7	10	20	8,0	8,0
AB	7	4,0	1,14	3,5	10	18	6,0	56
	8	6,3	1,07	5,9	10	18	10,0	
	9	7,0	1,07	6,5	10	18	11,0	
	10	3,1	1,03	2,9	10	18	5,0	
	11	10,0	1,05	9,5	10	18	16,0	
	12	5,0	1,06	4,7	10	18	8,0	

Окончание табл. 2.1

Условные обозначения сборочных единиц	Номер операции (l)	t_p , МИН	K_B	t_f , МИН	$t_{n,3}^b$, МИН	Подача сборочных единиц к операции, шт.	Длительность операционного цикла партии изделий, ч	Длительность операционного цикла партии изделия по сборочной единице, ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
AA	13	2,5	1,09	2,3	10	17	4,0	40
	14	5,0	1,06	4,7	10	17	8,0	
	15	10,4	1,09	9,5	10	17	16,0	
	16	8,0	1,12	7,1	10	17	12,0	
A	17	12,0	1,06	11,3	10	-	19,0	48
	18	5,0	1,06	4,7	10	-	8,0	
	19	3,1	1,07	2,9	10	-	5,0	
	20	10,0	1,05	9,5	10	-	16,0	
Итого	—	122,5	1,06	115,2	200	—	192,0	192,0

Примечание. Оптимальный размер партии для всех сборочных единиц в результате расчета составляет 100 шт.

Время на плановые ремонты и переналадку рабочих мест составляет 2 %.

Необходимо: построить веерную схему сборки изделия A; определить оптимальный размер партии изделий; установить удобопланируемый ритм; определить длительность операционного цикла партии изделий по сборочным единицам; рассчитать необходимое количество рабочих мест; построить цикловой график сборки изделия A; закрепить операции за рабочими местами исходя из коэффициента их загрузки; построить цикловой график сборки изделия с учетом загрузки рабочих мест; рассчитать опережение запуска-выпуска сборочных единиц изделия; определить длительность производственного цикла сборки партии изделий.

Решение

2.1.1. Построение веерной схемы сборки изделия A (рис. 2.1).

2.1.2. Определение минимального размера партии изделий A. Расчет ведется по формуле (2.2)

$$n_{\min} = \frac{(100 - 2) \cdot 200}{2 \cdot 122,5} = 80 \text{ шт.}$$

2.1.3. Определение удобопланируемого ритма. Расчет ведется по формуле (2.3)

$$R_p = \frac{21 \cdot 80}{700} = 2,4 \text{ дня.}$$

Из удобопланируемых ритмов (21, 7, 3, 1) выбираем $R_y = 3$ дням.

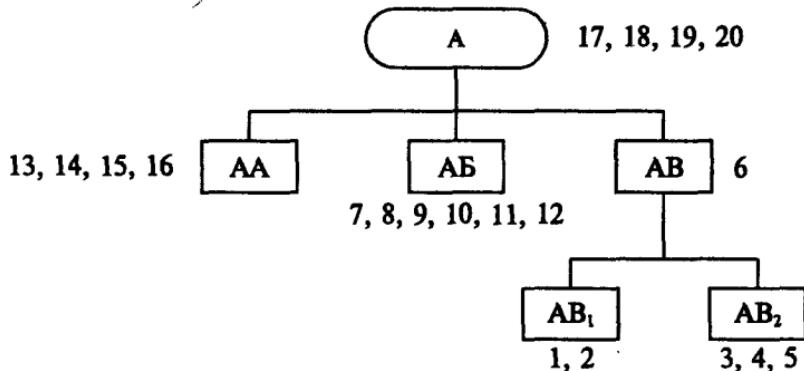


Рис. 2.1. Веерная схема сборки изделия A

2.1.4. Определение оптимального размера партии изделий. Расчет ведется по формуле (2.4)

$$n_o = 3 \cdot \frac{700}{21} = 100 \text{ шт.}$$

$80 < 100 < 700$ — условие выполняется.

2.1.5. Определение длительности операционного цикла партии изделий по каждой i -й операции. Расчет ведется по формуле (2.5), а результаты заносятся в колонку 8 (табл. 2.1). Например, по первой операции длительность цикла составляет

$$t_{\text{оп } 1} = \frac{4,7 \cdot 100 + 10}{60} = 8 \text{ ч.}$$

2.1.6. Определение длительности операционного цикла партии изделий по сборочным единицам. Расчет ведется по формуле (2.6), а результаты заносятся в колонку 9 (табл. 2.1). Например, по сборочной единице АВ₁ длительность цикла составляет

$$t_{\text{с. ед}} = 8 + 4 = 12 \text{ ч.}$$

2.1.7. Расчет необходимого количества рабочих мест ведется по формуле (2.7)

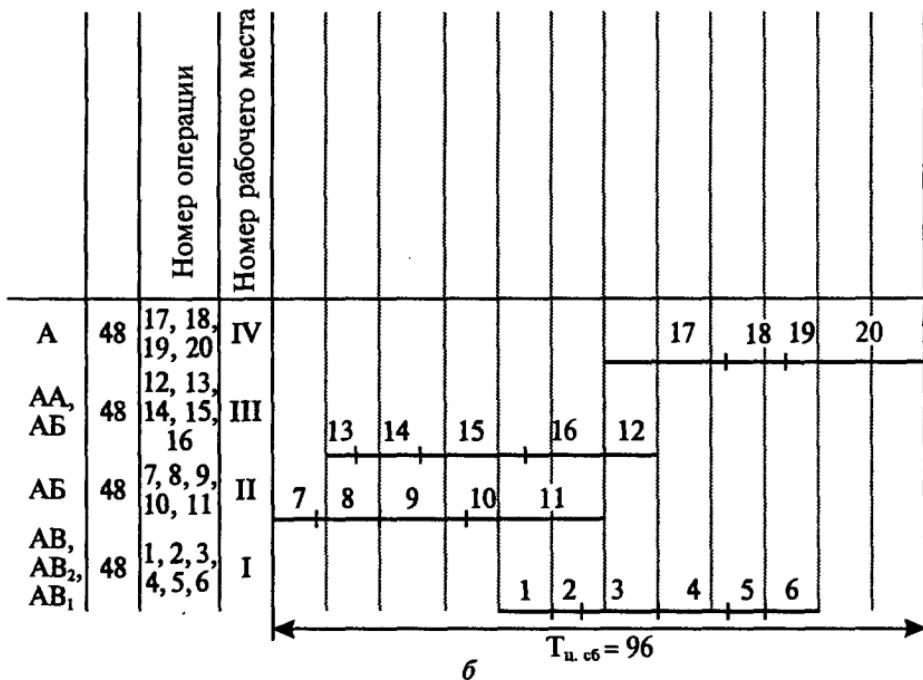
$$C_{\text{пр}} = \frac{192}{3 \cdot 2 \cdot 8} = 4 \text{ рабочих места.}$$

2.1.8. Построение циклового графика сборки изделия A без учета загрузки рабочих мест. График строится на основании верной схемы сборки (рис. 2.1) и длительности циклов сборки каждой i -й операции и каждой сборочной операции (табл. 2.1, колонки 8 и 9). Как правило, такой график строится в порядке, обратном ходу технологического процесса — начиная с последней операции (рис. 2.2, a).

2.1.9. Закрепление операции за рабочими местами. Для достижения равномерности загрузки рабочих мест производится закрепление за ними определенных операций. Для этого на каждое рабочее место набирается объем работ, длительность операционного цикла которых была бы равна принятому ритму (пропускной способности рабочих мест) (табл. 2.2).



a



б

Рис. 2.2. Цикловой график сборки изделия A
(окончание см. на с. 26)

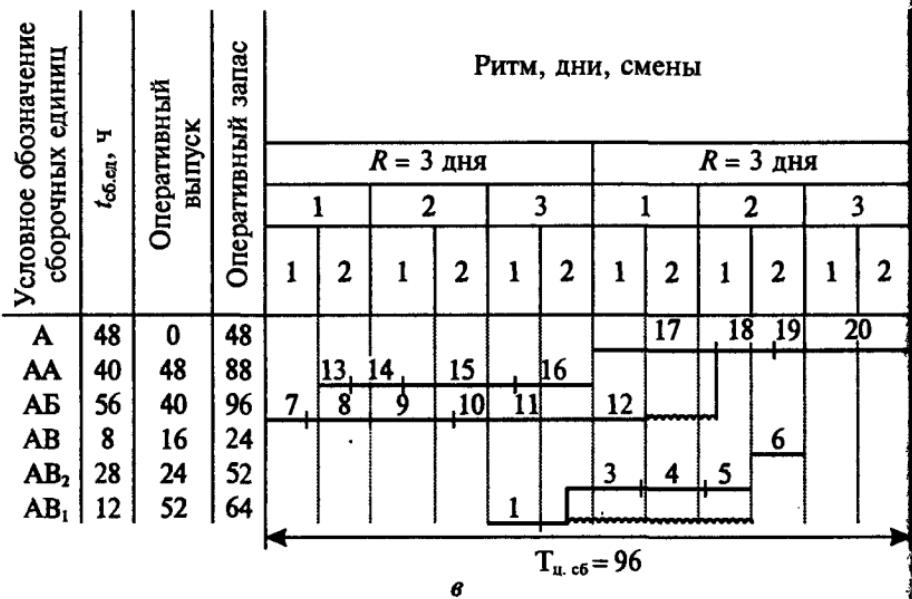


Рис. 2.2. Окончание (начало см. на с.25)

Таблица 2.
Закрепление операций за рабочими местами

Номер рабочего места	Номер операции, закрепленной за рабочим местом	Условные обозначения сборочных единиц	Суммарная длительность операционного цикла, ч	Пропускная способность рабочего места, ч	Коэффициент загрузки рабочего места
IV	17, 18, 19, 20	A	48	48	1,0
III	12, 13, 14, 15, 16	AA, AB	48	48	1,0
II	7, 8, 9, 10, 11	AB	48	48	1,0
I	1, 2, 3, 4, 5, 6	AB, AB ₁ , AB ₂	48	48	1,0

2.1.10. Построение циклового графика сборки изделия A с учетом загрузки рабочих мест (стандарт-плана).

При построении графика с учетом загрузки рабочих мест необходимо стремиться к тому, чтобы длительности циклов отдельных операций графика (рис. 2.2, а) являлись проекциями на соответствующие рабочие места графика (рис. 2.2, б). В этом

случае сохраняется длительность производственного цикла графика (рис. 2.2, а), построенного без учета загрузки рабочих мест. Но осуществить это удается не всегда. В нашем примере сдвинуты сроки начала выполнения операций 7, 8, 9, 10, 11, 12, 1, 2.

2.1.11. Построение уточненного циклового графика сборки изделия А.

Уточненный график сборки изделия А (рис. 2.2, в) строится на основе графиков, представленных на рис. 2.2, а и 2.2, б, показывающем действительную длительность производственного цикла сборки партии изделий. В рассматриваемой задаче длительность производственного цикла составляет 96 ч. Волнистые линии на рис. 2.2, в показывают время смещения запуска соответственно сборочных единиц АБ и АВ₁.

2.1.12. Расчет опережения запуска-выпуска сборочных единиц изделия А ведется непосредственно на самих графиках в третьей и четвертой колонках рис. 2.2, а и 2.2, в. В связи с необходимостью смещения запуска сборочных единиц АБ и АВ₁ на более ранние сроки на рис. 2.2, в изменилось и опережение запуска-выпуска этих сборочных единиц.

Задачи для решения

Задача 2.2.

На участке осуществляется сборка электродвигателя. Технологический процесс сборки представлен в табл. 2.3. Структурная схема сборки электродвигателя представлена на рис. 2.3. Месячная программа выпуска составляет 1500 шт. Количество рабочих дней в месяце — 21. Режим работы — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Время на плановые ремонты и переналадку рабочих мест составляет 3 %.

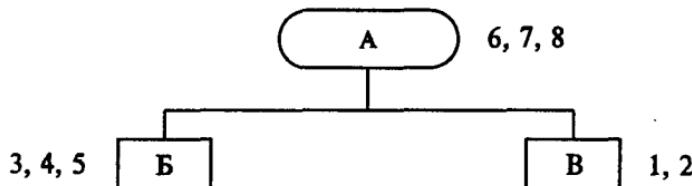


Рис. 2.3. Структурная схема сборки электродвигателя

Определить размер партии изделий; установить удобопланируемые ритмы запуска партий изделий в производство; построить

цикловый график сборки изделия с учетом загрузки рабочих мест; определить длительность цикла сборки электродвигателя; рассчитать опережение запуска-выпуска сборочных единиц электродвигателя.

Таблица 2.3
Технологический процесс сборки электродвигателя

Условные обозначения сборочной единицы	Номер операции	Норма штучного времени (t_p), мин	Коэффициент выполнения норм времени (K_v)	Норма времени с учетом коэффициента K_v ($t_{p,K}$), мин	Подготовительно-заключительное время ($t_{п.з.р.}$), мин	Подача сборочных единиц к операции, шт.
<i>B</i>	1	13,5	1,06	12,7	10	6
	2	11,4	1,06	10,8	15	6
<i>B</i>	3	11,5	1,15	10,0	15	7
	4	12,4	1,05	11,8	15	7
	5	3,7	1,04	3,6	20	8
<i>A</i>	6	7,5	1,05	7,1	10	—
	7	6,3	1,06	5,9	15	—
	8	12,7	1,08	11,8	20	—
Итого	—	79,0	1,07	73,7	120	—

Задача 2.3.

На участке осуществляется сборка шасси радиоприемника. Веерная схема сборки изображена на рис. 2.4. Технологический процесс сборки шасси представлен в табл. 2.4. Месячная программа выпуска составляет 10 000 шт. Количество рабочих дней в месяце — 20. Режим работы участка односменный. Время на плановые ремонты рабочих мест — 3 % от продолжительности смены.

Определить оптимальный размер партии изделий; установить удобопланируемый ритм запуска партий изделий; построить цикловые графики сборки шасси без учета загрузки рабочих мест и с учетом загрузки; рассчитать опережение запуска-выпуска партий изделий; определить длительность цикла сборки шасси радиоприемника.

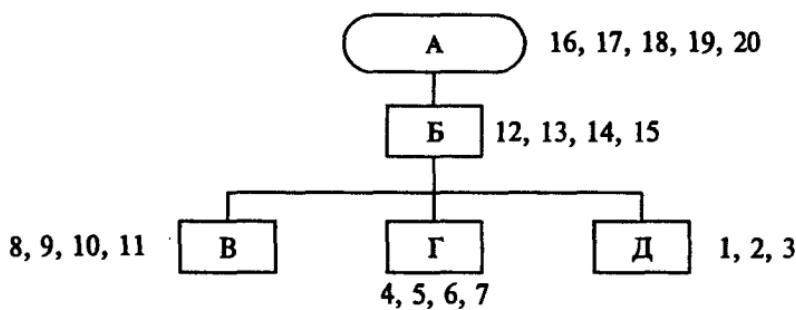


Рис. 2.4. Веерная схема сборки шасси радиоприемника

Таблица 2.4
Технологический процесс сборки шасси радиоприемника

Условные обозначения сборочной единицы	Номер операции	Норма штучного времени (t_i), мин	Подготовительно-заключительное время ($t_{п.з. i}$), мин	Подача сборочных единиц к операции, шт.
<i>Д</i>	1	0,25	10	12
	2	0,65	15	12
	3	0,45	10	12
<i>Г</i>	4	0,30	10	14
	5	0,35	10	14
	6	0,55	15	14
	7	0,80	10	14
<i>В</i>	8	0,35	10	15
	9	0,25	15	15
	10	0,30	10	15
	11	0,25	10	15
<i>Б</i>	12	3,25	25	16
	13	0,85	10	16
	14	5,10	30	16
	15	0,75	10	16
<i>А</i>	16	0,75	10	17
	17	0,25	10	18
	18	0,75	10	19
	19	1,25	15	20
	20	3,55	20	—
Итого	—	21,00	265	—

Тема 3.

Организация поточного производства

В этой теме приведены задачи по расчету основных показателей однопредметных непрерывно-поточных (ОНПЛ), однопредметных прерывно-поточных (ОППЛ) и многопредметных непрерывно-поточных (МНПЛ) линий.

Методические указания

Расчет показателей ОНПЛ

Расчет программы запуска (N_3) производится по формуле

$$N_3 = \frac{N_B \cdot 100}{100 - a}, \quad (3.1)$$

где N_B — программа выпуска готовых изделий, шт.; a — процент технологических потерь, или процент брака.

Расчет эффективного фонда времени работы оборудования ОНПЛ производится по формуле

$$F_3 = F_H \cdot K_{cm} \left(1 - \frac{a_p + a_n}{100} \right), \quad (3.2)$$

где F_H — номинальный фонд времени работы оборудования за рассчитываемый период, мин; K_{cm} — число рабочих смен в сутки; a_p — процент потерь рабочего времени на плановые ремонты оборудования; a_n — процент потерь рабочего времени на регламентированные перерывы для отдыха рабочих-операторов.

Номинальный фонд времени работы оборудования определяется по формуле

$$F_H = t_{cm} \cdot D_p - t_n \cdot D_n, \quad (3.3)$$

где t_{cm} — длительность рабочей смены, мин; D_p — количество рабочих дней в плановом периоде; t_n — продолжительность нерабочего времени в предпраздничные дни, мин; D_n — количество предпраздничных дней в плановом периоде.

Такт ОНПЛ ($r_{\text{н.л.}}$) определяется по формуле и измеряется в мин/шт.

$$r_{\text{н.л.}} = \frac{F_3}{N_b}. \quad (3.4)$$

Ритм ОНПЛ ($R_{\text{н.л.}}$) определяется по формуле и измеряется в мин/партию

$$R_{\text{н.л.}} = r_{\text{н.л.}} \cdot p, \quad (3.5)$$

где p — число деталей (изделий) в транспортной партии, шт.

Синхронизация технологического процесса записывается следующим образом:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \frac{t_3}{C_3} = \dots = \frac{t_i}{C_i} = r_{\text{н.л.}}, \quad (3.6)$$

где $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$ — нормы штучного времени по операциям технологического процесса, мин; $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i$ — число рабочих мест по операциям.

При синхронизации производственного процесса необходимо учитывать следующее:

а) если поточная линия оснащена рабочим конвейером непрерывного действия (предметы труда с конвейера не снимаются и операции выполняются во время его движения), то

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{взв}}, \quad (3.7)$$

где $t_{\text{обр}}$ — время непосредственной обработки (сборки) предмета труда на i -й операции, мин; $t_{\text{взв}}$ — время возврата рабочего на прежнее (исходное) место, мин;

б) если ОНПЛ оснащена рабочим конвейером прерывного (пульсирующего) действия (предмет труда с конвейера не снимается и операции выполняются во время паузы — остановки конвейера), то

$$r_{\text{п.д.}} = t_{\text{обр}} + t_{\text{тр}}, \quad (3.8)$$

где $t_{\text{тр}}$ — время перемещения предмета труда с одной операции на другую, мин;

в) если ОНПЛ оснащена нерабочим (распределительным) конвейером непрерывного действия (предмет труда снимается с конвейера и операции выполняются вне конвейера), то

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{с.у.}}, \quad (3.9)$$

где $t_{\text{с.у.}}$ — время на снятие предмета труда с конвейера и установку его на конвейер при выполнении i -й операции, мин;

г) если ОНПЛ оснащена нерабочим конвейером пульсирующего действия (предмет труда снимается с конвейера и операции выполняются во время паузы-остановки вне конвейера), то

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{с. у}} + t_{\text{тр}}. \quad (3.10)$$

Расчет количества рабочих мест на ОНПЛ ведется по следующим формулам:

а) если процесс синхронизирован, а операции равны между собой и равны такту потока, то на каждой операции будет одно рабочее место, а на всей поточной линии их количество будет равно числу операций технологического процесса:

$$C_{\text{л}} = m, \quad (3.11)$$

где $C_{\text{л}}$ — количество рабочих мест на линии; m — число операций в технологическом процессе;

б) если операции не равны между собой во времени, но кратны такту, то количество рабочих мест (расчетное) на каждой i -й операции определяется по формуле

$$C_{\text{п}i} = \frac{t_i}{r_{\text{н. л}}}. \quad (3.12)$$

Принятое число рабочих мест на каждой i -й операции ($C_{\text{пр}i}$) определяется путем округления расчетного количества. Перегрузка или недогрузка рабочих мест на ОНПЛ допускается в пределах 5–6 %.

Коэффициент загрузки рабочих мест на каждой i -й операции определяется по формуле

$$K_{\text{з}i} = \frac{C_{\text{п}i}}{C_{\text{пр}i}}. \quad (3.13)$$

Количество рабочих мест на всей поточной линии определяется по формуле

$$C_{\text{л}} = \sum_{i=1}^m C_{\text{пр}i}. \quad (3.14)$$

Скорость движения конвейера можно определить по следующим формулам:

а) для непрерывно действующего рабочего и нерабочего конвейеров

$$V = \frac{l_o}{r_{\text{н.л}}}, \quad (3.15)$$

где l_o — шаг конвейера, т.е. расстояние между осями смежных предметов труда, равномерно расположенных на конвейере, м;

б) для прерывно действующего (пульсирующего) рабочего и нерабочего конвейера

$$V = \frac{l_o}{t_{\text{тр}}}. \quad (3.16)$$

Длина рабочей зоны i -й операции (м) определяется по формуле

$$l_{\text{р.}i} = l_o \frac{t_i}{r_{\text{н.л}}}. \quad (3.17)$$

Длина рабочей части конвейера (L_p) определяется по следующим формулам:

а) при одностороннем расположении рабочих мест на поточной линии

$$L_p = l_o \sum_{i=1}^m C_{\text{пп}i} = l_o \cdot C_{\text{л}}; \quad (3.18)$$

б) при двустороннем расположении рабочих мест на линии

$$L_p = \frac{l_o \sum_{i=1}^m C_{\text{пп}i}}{2}. \quad (3.19)$$

Длина замкнутой ленты конвейера (полная) определяется по формуле

$$L_{\text{п}} = 2L_p + 2\pi R, \quad (3.20)$$

где R — радиус приводного и натяжного барабанов, м.

Для распределительного (нерабочего) конвейера должно обязательно соблюдаться условие

$$L_{\text{п}} = 2L_p + 2\pi R \leq l_o \cdot \Pi \cdot K, \quad (3.21)$$

где Π — период (комплект номеров) распределительного конвейера; K — количество повторений периода на полной длине конвейера (обязательное число).

Период распределительного конвейера определяется исходя из выражения

$$\Pi = \text{НОК} \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_i\}, \quad (3.22)$$

где $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i$ — принятое количество рабочих мест на каждой i -й операции.

Часовая производительность ОНПЛ определяется через величину, обратную такту потока, — темп (шт./ч):

$$\tau = \frac{1}{r_{\text{н.л}}} \cdot 60. \quad (3.23)$$

Часовая производительность ОНПЛ в единицах массы (кг/ч) определяется по формуле

$$q_r = \tau \cdot Q, \quad (3.24)$$

где Q — средний вес единицы изделия, обрабатываемого (собираемого) на поточной линии, кг.

Установленная мощность (кВт) приводного двигателя конвейера определяется по формуле

$$P_{\text{уст}} = 0,736 \cdot W, \quad (3.25)$$

где W — мощность, потребляемая конвейером (л.с.), определяется по формуле

$$W = 1,2 \left(\frac{0,16 \cdot L_{\text{п}} \cdot V \cdot Q_k}{36} + \frac{0,16 \cdot L_{\text{п}} \cdot q_r}{270} \right), \quad (3.26)$$

где Q_k — вес ленты (цепи) конвейера, кг.

Величина заделов на поточной линии определяется по следующим формулам:

а) технологический задел

$$Z_{\text{тех}} = p \sum_{i=1}^m C_{\text{пр}i}, \quad (3.27)$$

где p — размер транспортной партии, шт.;

б) транспортный задел

$$Z_{\text{тр}} = p(C_{\text{л}} - 1); \quad (3.28)$$

в) страховой задел

$$Z_{\text{стр}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{пер}i}}{r_{\text{н. л}}}, \quad (3.29)$$

где $t_{\text{пер}i}$ — средняя продолжительность перерыва в работе одного рабочего места на i -й операции (отсутствие предмета труда, ремонт оборудования и др.), мин.

Общая величина заделов на ОНПЛ определяется по формуле

$$Z_{\text{об}} = Z_{\text{тех}} + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{стр}}. \quad (3.30)$$

Величина незавершенного производства определяется по формулам:

а) в нормочасах

$$H = Z_{\text{об}} \left(\frac{\sum_{i=1}^m t_i}{2} + t_{\text{пр}} \right), \quad (3.31)$$

где $t_{\text{пр}}$ — суммарные затраты времени в предыдущих цехах;

б) в денежном выражении

$$H = Z_{\text{об}} \left(Z_{\text{пр}} + \frac{C_{\text{ц}}}{2} \right), \quad (3.32)$$

где $Z_{\text{пр}}$ — затраты на единицу продукции в предыдущих цехах, руб.; $C_{\text{ц}}$ — цеховая себестоимость изделия, руб.

Расчет длительности производственного цикла ($t_{\text{ц}}$) производится по формулам:

а) если предмет труда не перемещается ни перед, ни после последней операции

$$t_{\text{ц}} = (2C_{\text{л}} - 1)r_{\text{н. л}}; \quad (3.33)$$

б) если имеет место движение предмета труда перед первой или после последней операции

$$t_{\text{ц}} = 2C_{\text{л}} \cdot r_{\text{н. л}}; \quad (3.34)$$

в) если предмет труда перемещается до первой и после последней операции

$$t_{\text{ц}} = (2C_{\text{п}} + 1) \cdot r_{\text{н. л.}} \quad (3.35)$$

Расчет показателей ОППЛ

Программа запуска (N_3), такт ($r_{\text{пр}}$), ритм ($R_{\text{пр}}$), расчетное (C_p) и принятые ($C_{\text{пр}}$) количество рабочих мест, коэффициент загрузки рабочих мест (K_3), часовая производительность (τ), технологический, транспортный и страховой заделы для ОППЛ определяются так же, как и для ОНПЛ.

Межоперационный оборотный задел определяется по формуле

$$Z_{\text{об}} = \frac{T_j \cdot C_i}{t_i} - \frac{T_j \cdot C_{i+1}}{t_{i+1}}, \quad (3.36)$$

где T_j — продолжительность j -го частного периода между смежными операциями при неизменном числе работающих единиц оборудования, мин; C_i , C_{i+1} — число единиц оборудования соответственно на i -й и $i+1$ -й операциях, работающих в течение частного периода T_j ; t_i , t_{i+1} — нормы штучного времени соответственно на i -й и $i+1$ -й операциях технологического процесса, мин.

Средняя величина межоперационного оборотного задела между каждой парой смежных операций определяется по формуле

$$Z'_{\text{ср. об}} = \frac{S_i}{T_o}, \quad (3.37)$$

где S_i — площадь эпюры оборотного задела между i -й и $i+1$ -й операциями; T_o — период оборота линии.

Средняя величина межоперационного оборотного задела в целом по линии определяется по формуле

$$Z_{\text{ср. об}} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} S_i}{T_o}. \quad (3.38)$$

Величина незавершенного производства определяется так же как и для ОНПЛ.

Длительность технологического цикла определяется по формуле

$$t_{\text{ц}} = Z_{\text{ср. об}} \cdot r_{\text{пр}}. \quad (3.39)$$

Расчет показателей переменно-поточной МНПЛ

Режим работы МНПЛ с последовательно-партионным чередованием предметов труда определяется двумя группами календарно-плановых нормативов (показателей) (КПН).

К первой группе КПН относятся: частный (общий) тakt выпуска j -го наименования изделия ($r_{ппj}$); число рабочих мест на линии ($C_{пп}$); скорость движения конвейера ($V_{пп}$). Используется, как правило, четыре разновидности расчетов КПН этой группы:

а) за линией закрепляется изделие с одинаковой суммарной трудоемкостью ($T_a = T_b = T_v = \dots = T_j$). В этом случае изготовление всех изделий целесообразно вести с одинаковыми тактом, скоростью движения конвейера и количеством рабочих мест, т.е. $r_{пп} = \text{const}$, $V_{пп} = \text{const}$, $C_{пп} = \text{const}$. Единый тakt определяется по формуле

$$r_{пп} = \frac{F_3 \left(1 - \frac{a_h}{100} \right)}{\sum_{j=1}^m N_{3j}}, \quad (3.40)$$

где a_h — процент потерь рабочего времени на переналадку линии; $j = 1, 2, \dots, m$ — номенклатура изделий, закрепленных за линией.

Количество рабочих мест на линии определяется по формуле

$$C_{пп} = \frac{\sum_{j=1}^m N_{3j} \cdot T_j}{F_3 \left(1 - \frac{a_h}{100} \right)}. \quad (3.41)$$

Скорость движения конвейера определяется по формуле

$$V_{пп} = \frac{l_o}{r_{пп}}; \quad (3.42)$$

б) за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на одной или нескольких операциях ($T_a \neq T_b = T_v = \dots = T_j$). В этом случае целесообразно установить $r_{пп} = \text{const}$, $V_{пп} = \text{const}$, $C_{пп} = \text{var}$.

Расчет такта в этом случае осуществляется по формуле (3.40), скорость движения конвейера — по формуле (3.42), а количество

рабочих мест определяется по каждому j -му виду изделий по формуле

$$C_{\text{пп}j} = \frac{T_j}{r_{\text{пп}}}; \quad (3.43)$$

в) за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на большинстве или на всех операциях ($T_a \neq T_b \neq T_c \neq \dots \neq T_j$). В данном случае целесообразно установить $r_{\text{пп}} = \text{var}$, $V_{\text{пп}} = \text{var}$, $C_{\text{пп}} = \text{const}$.

Количество рабочих мест в данном случае определяется по формуле (3.41).

Частный тakt для каждого j -го наименования изделия определяется по формуле

$$r_{\text{пп}j} = \frac{T_j}{C_{\text{пп}}}. \quad (3.44)$$

Скорость движения конвейера определяется для каждого j -го наименования изделия по формуле

$$V_{\text{пп}j} = \frac{l_o}{r_{\text{пп}j}}; \quad (3.45)$$

г) за линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на всех операциях, изделия мелкие и легкие ($T_a \neq T_b \neq T_c \neq \dots \neq T_j$). В этом случае целесообразно установить $r_{\text{пп}} = \text{var}$, $V_{\text{пп}} = \text{const}$, $C_{\text{пп}} = \text{const}$, $R_{\text{пп}} = \text{const}$.

Количество рабочих мест в данном случае определяется по формуле (3.41).

Частный тakt для каждого j -го наименования изделия определяется по формуле (3.44).

Ритм поточной линии $R_{\text{пп}}$ определяется по формуле

$$R_{\text{пп}} = r_{\text{пп}j} \cdot p_j, \quad (3.46)$$

где p_j — величина транспортной партии по j -му наименованию изделий, шт. (подбирается такой размер партии деталей, чтобы произведение его на частный тakt давало одинаковую величину).

Скорость движения конвейера определяется в данном случае по формуле

$$V_{\text{пп}} = \frac{l_o}{R_{\text{пп}}}. \quad (3.47)$$

Ко второй группе КПН относятся: размер партии предметов труда (n_j); период чередования партий деталей (R_j); длительность технологического цикла ($T_{цj}$).

Размер партии предметов j -го наименования определяется по формуле

$$n_j = \frac{(100 - a_{\text{н}}) \Pi_{pj}}{a_{\text{н}} \cdot r_{ппj}}, \quad (3.48)$$

где Π_{pj} — средняя длительность простоя каждого рабочего места при переходе с изготовления партии одного изделия на изготовление другого изделия, мин.

Величина Π_{pj} зависит от формы организации смены объектов на линии. Различают две формы смены объектов труда:

1) на рабочих местах линии не оставляется переходящий задел по j -м изделиям, все запущенные изделия выпускаются, тогда

$$\Pi_{pj} = t_{\text{н}} + (2C_{\text{л}} - 1)r_{ппj+1}, \quad (3.49)$$

где $t_{\text{н}}$ — время на переналадку линии, мин;

2) на рабочих местах остается задел по каждому j -му наименованию изделий. В этом случае величина Π_{pj} определяется по формуле

$$\Pi_{pj} = t_{\text{н}}. \quad (3.50)$$

Период чередования партий предметов труда определяется по формуле

$$R_j = \frac{T_{\text{пл}}}{N_{3j}} n_j, \quad (3.51)$$

где $T_{\text{пл}}$ — плановый период времени работы линии, дни.

Длительность технологического цикла (время занятости поточной линии изготовлением j -го наименования изделия, смены) определяется по формуле

$$T_{цj} = \frac{n_j \cdot r_{ппj} + \Pi_{pj}}{480}. \quad (3.52)$$

Если $\Pi_{pj} = 0$, то

$$T_{цj} = \frac{n_j \cdot r_{ппj}}{480}. \quad (3.53)$$

Типовые задачи с решениями

Задача 3.1.

На основе электрической схемы ячейки 2У-3 ЭЦВМ (рис. 3.1) и заводских нормативов времени на выполнение технологически неделимых элементов операций (табл. 3.1) спроектировать производственный процесс сборки ячейки 2У-3 с продолжительностью выполнения операций, кратной такту, для организации одно предметной непрерывно-поточной линии с использованием распределительного конвейера.

Таблица 3.1
Нормативы времени на выполнение технологически неделимых элементов операций

Номер операции	Содержание элементов операций	Штучная норма времени ($t_{шт}$), мин
1	Установить сопротивление	0,20
2	Установить конденсатор	0,26
3	Установить ламповую панель	0,56
4	Взять и отложить плату	0,07

Рассчитать календарно-плановые нормативы однопредметной непрерывно-поточной линии, составить систему адресования ячеек конвейера по рабочим местам и стандарт-план ОНПЛ.

Производственная программа линии ($N_{см}$) равна 1400 шт в смену. Режим работы — односменный. Продолжительность смены — 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых — 30 мин в смену. Шаг конвейера — 0,6 м. Диаметр приводного и натяжного барабанов — 0,4 м. Изделия с операции на операцию передаются поштучно.

Решение

3.1.1. Расчет эффективного фонда времени работы ОНПЛ ведется по формуле

$$F_e = F_n - T_{пер} = 8 \cdot 60 - 30 = 450 \text{ мин},$$

где F_n — номинальный фонд времени (продолжительность смены), мин; $T_{пер}$ — продолжительность регламентированных перерывов, мин.

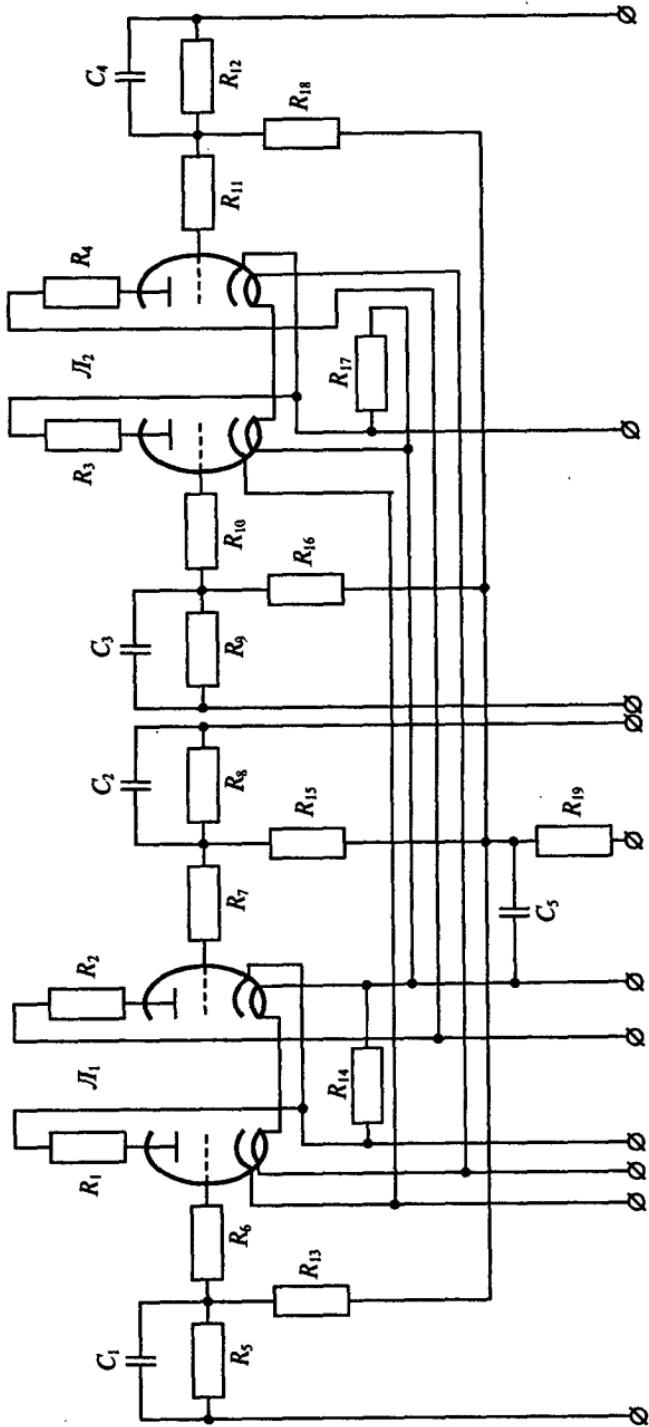


Рис. 3.1. Электрическая схема ячейки 2У-3

Таблица 3.2

Проектирование производственного процесса и расчет количества рабочих мест

Номер операции	Содержание операции	Норма времени на элемент операции, мин	Норма времени на операцию, мин	Количество рабочих мест		Коэффициент загрузки рабочих мест (K_3)
				расчетное (C_p)	принятое (C_{np})	
1	2	3	4	5	6	7
1	Взять и отложить плату Установить ламповую панель L_1	0,07 0,56	0,63	1,97	2	0,98
2	Взять и отложить плату установить ламповую панель L_2	0,07 0,56	0,63	1,97	2	0,98
3	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R_1 R_2 R_3	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04
4	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R_4 R_5 R_6	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04
5	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R_7 R_8 R_9	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04

6	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R_{10} R_{11} R_{12}	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67 2,09 2	1,04
7	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R_{13} R_{14} R_{15}	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67 2,09 2	1,04
8	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R_{16} R_{17} R_{18}	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67 2,09 2	1,04
9	Взять и отложить плату Установить конденсаторы: C_1 C_2 C_3 C_4 C_5	0,07 0,26 0,26 0,26 0,26 0,20	0,26 1,57 4,91 5	0,98
	Установить сопротивление R_{19}			
	Итого	6,85	6,85	21,39
			21	1,02

3.1.2. Тakt ОНПЛ определяется по формуле (3.4)

$$t_{\text{н. л}} = \frac{450}{1400} = 0,32 \text{ мин/шт.}$$

3.1.3. Проектирование производственного процесса сборки ячейки 2У-3 с продолжительностью выполнения операции кратной или равной такту (табл. 3.2).

3.1.4. Расчет количества рабочих мест ведется по формуле (3.12). Подставляем в эту формулу соответствующие данные по первой операции и получаем

$$C_{p_1} = \frac{0,63}{0,32} = 1,97 \quad (C_{\text{пр}} \text{ принимается равным } 2).$$

Аналогично производится расчет по всем операциям, а результаты заносятся в колонки 5 и 6 табл. 3.2.

3.1.5. Расчет коэффициента загрузки рабочих мест на каждой i -й операции ведется по формуле (3.13). Подставляем в эту формулу соответствующие данные по первой операции и получаем

$$K_{3_1} = \frac{1,97}{2} = 0,98.$$

Аналогично производятся расчеты по всем операциям, а результаты заносятся в колонку 7 табл. 3.2.

3.1.6. Расчет скорости движения конвейера производится по формуле (3.15). Подставляем в эту формулу соответствующие данные и получаем

$$V = \frac{0,6}{0,32} = 1,88 \text{ м/мин.}$$

3.1.7. Определение периода распределительного конвейера ведется по формуле (3.22). Подставляем в эту формулу соответствующие данные и получаем

$$\Pi = \text{НОК} \{2_1, 2_2, 2_3, 2_4, 2_5, 2_6, 2_7, 2_8, 5_9\} = 10.$$

Период конвейера используется для адресования изделий на линии. Он должен укладываться в полной длине ленты целое число раз.

Определив период конвейера, производят разметку ленты конвейера по периоду путем нанесения на нее цифровых индексов следующим образом (рис. 3.2).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	и т.д.
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	--------

Рис. 3.2. Разметка ленты конвейера

3.1.8. Составление системы адресования ячеек конвейера по рабочим местам. Закрепление разметочных знаков за рабочими местами ведется в табличной форме (табл. 3.3).

Таблица 3.3
Система адресования ячеек конвейера по рабочим местам

Номер операции	Число рабочих мест на операции	Номера рабочих мест	Число закрепленных знаков за рабочим местом	Знаки, закрепленные за рабочим местом
1	2	1	5	1, 3, 5, 7, 9
		2	5	2, 4, 6, 8, 10
2	2	3	5	1, 3, 5, 7, 9
		4	5	2, 4, 6, 8, 10
3	2	5	5	1, 3, 5, 7, 9
		6	5	2, 4, 6, 8, 10
4	2	7	5	1, 3, 5, 7, 9
		8	5	2, 4, 6, 8, 10
5	2	9	5	1, 3, 5, 7, 9
		10	5	2, 4, 6, 8, 10
6	2	11	5	1, 3, 5, 7, 9
		12	5	2, 4, 6, 8, 10
7	2	13	5	1, 3, 5, 7, 9
		14	5	2, 4, 6, 8, 10
8	2	15	5	1, 3, 5, 7, 9
		16	5	2, 4, 6, 8, 10
9	5	17	2	1, 6
		18	2	2, 7
		19	2	3, 8
		20	2	4, 9
		21	2	5, 10

3.1.9. Расчет длины ленты распределительного конвейера.

Вначале по формуле (3.18) рассчитывается рабочая длина ленты конвейера

$$L_p = 21 \cdot 0,6 = 12,6 \text{ м.}$$

Затем по формуле (3.21) рассчитывается полная длина ленты

$$L_{\pi} = 2 \cdot 12,6 + 3,14 \cdot 0,4 = 26,456 \text{ м.}$$

Так как у нас распределительный конвейер, в ленте должно укладываться целое число периодов. Поэтому определяем число повторений периода

$$K = \frac{L_{\pi}}{\Pi \cdot l_0} = \frac{26,456}{10 \cdot 0,6} = 4,4 \text{ (принимается } K = 5),$$

тогда $K \cdot \Pi \cdot l_0 = 5 \cdot 10 \cdot 0,6 = 30 \text{ м.}$

Это удовлетворяет условию:

$$26,456 < 30.$$

Следовательно, полная длина ленты распределительного конвейера принимается равной 30 м.

Исходя из полной длины ленты конвейера корректируется шаг конвейера. После расчетов он составляет 0,684 м.

3.1.10. Построение стандарт-плана ОНПЛ и расчет длительности производственного цикла проводятся графическим методом. Стандарт-план работы линии представлен на рис. 3.3.

Продолжительность производственного цикла — отрезок времени от поступления предмета труда на первую операцию поточной линии до выхода его с последней операции. Она определяется по стандарт-плану (см. рис. 3.3) или по формуле (3.33)

$$t_{\text{ц}} = (2 \cdot 21 - 1) 0,32 = 13,12 \text{ мин.}$$

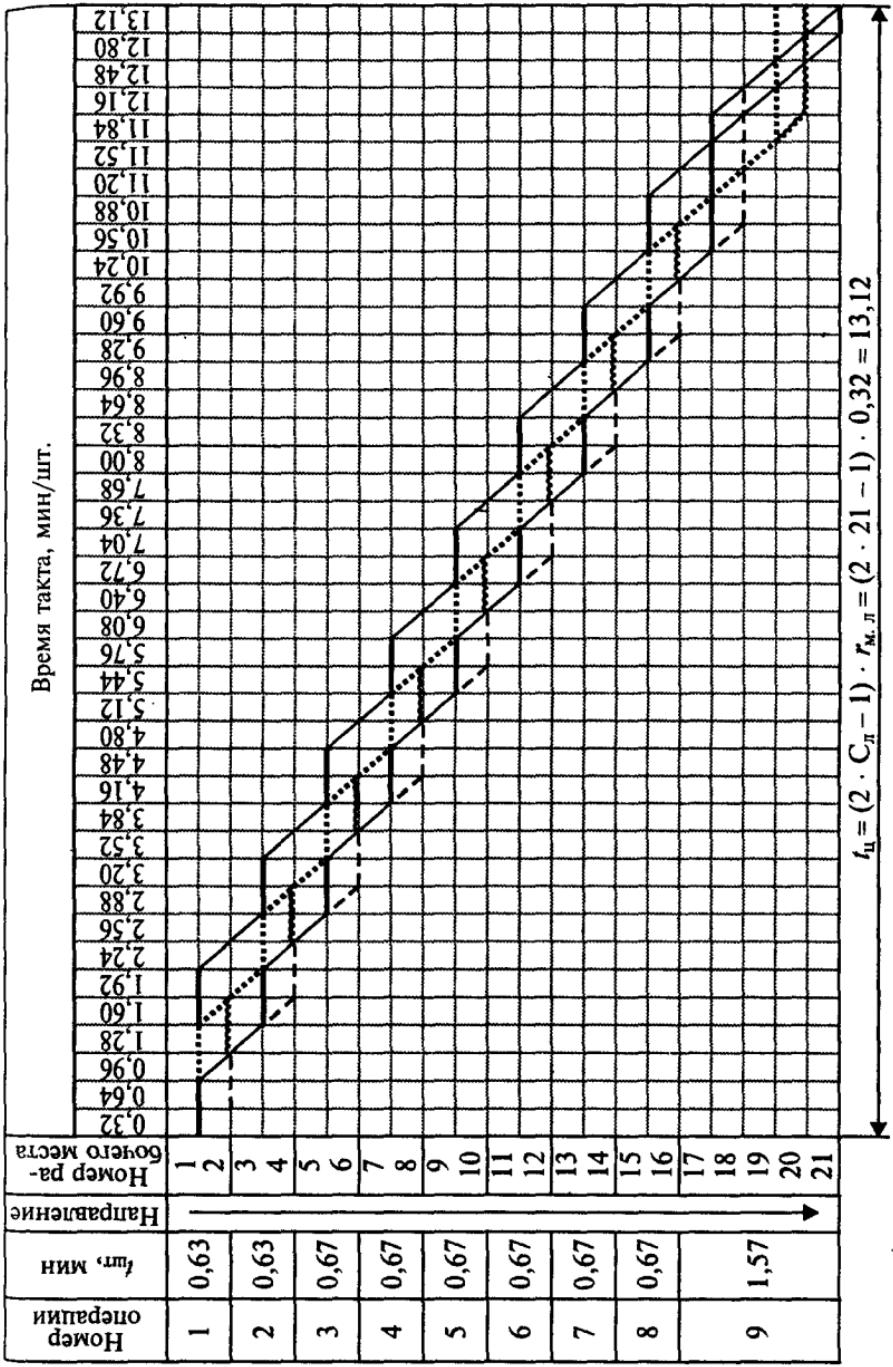
3.1.11. Расчет заделов. На ОНПЛ создаются внутрилинейные заделы трех видов: технологические, транспортные и резервные.

Расчет величины технологического задела при поштучной передаче обрабатываемых изделий ведется по формуле (3.27)

$$Z_{\text{тех}} = 1 \cdot 21 = 21 \text{ шт.}$$

Расчет величины транспортного задела ведется по формуле (3.28)

$$Z_{\text{тр}} = 21 - 1 = 20 \text{ шт.}$$



Расчет величины страхового задела. Учитывая, что рабочие места имеют высокий коэффициент загрузки, средняя величина которого больше единицы, размер страхового задела принимаем 4 % от сменного задания:

$$Z_{\text{стр}} = 1400 \cdot 0,04 = 56 \text{ шт.}$$

Общая величина внутрилинейного задела определяется по формуле (3.30)

$$Z_{\text{об}} = 21 + 20 + 56 = 97 \text{ шт.}$$

3.1.12. Расчет величины незавершенного производства ведется по формуле (3.31)

$$H = 97 \cdot \frac{6,85}{2 \cdot 60} = 5,5 \text{ н.-ч.}$$

3.1.13. Расчет часовой производительности ОНПЛ ведется по формуле (3.23).

$$\tau = \frac{1}{0,32} \cdot 60 = 187 \text{ шт/ч.}$$

Задача 3.2.

Сборка изделия производится на поточной линии, оснащенной рабочим конвейером пульсирующего действия. Длительность технологического цикла сборки изделия на конвейере — 36 мин. Скорость движения конвейера — 6 м/мин. Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое в пять раз меньше времени выполнения каждой операции. Шаг конвейера — 1,8 м. Радиусы приводного и натяжного барабанов — 0,3 м. Режим работы поточной линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых — 30 мин в смену.

Определить тakt поточной линии; число рабочих мест на линии; длину рабочей части конвейера и всей замкнутой ленты программы выпуска изделий за сутки.

Решение

3.2.1. Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое находится из формулы (3.16)

$$t_{\text{тр}} = \frac{l_o}{V} = \frac{1,8}{6} = 0,3 \text{ мин.}$$

3.2.2. Расчет времени выполнения каждой i -й операции ведется по следующей формуле:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{тр}} \cdot 5 = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ мин.}$$

3.2.3. Расчет такта поточной линии пульсирующего действия ведется по формуле (3.8)

$$r_{\text{п.д}} = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ мин.}$$

3.2.4. Расчет количества рабочих мест на поточной линии ведется по формуле (3.12)

$$C_{\text{л}} = \frac{36}{1,8} = 20 \text{ рабочих мест.}$$

3.2.5. Расчет рабочей длины ленты конвейера ведется по формуле (3.18)

$$L_{\text{р}} = 20 \cdot 1,8 = 36 \text{ м.}$$

3.2.6. Расчет полной длины ленты конвейера ведется по формуле (3.21)

$$L_{\text{п}} = 2 \cdot 36 + 3,14 \cdot 2 \cdot 0,3 = 73,884 \text{ м.}$$

3.2.7. Суточная программа выпуска изделий находится из формулы (3.4)

$$N_{\text{в.сут}} = \frac{F_{\text{з}}}{r_{\text{п.д}}} = \frac{2(8 \cdot 60 - 30)}{1,8} = 500 \text{ шт.}$$

Задача 3.3.

На ОППЛ (прямоточной) обрабатывается кронштейн. Технологический процесс состоит из 4 операций: токарной, сверлильной, фрезерной и шлифовальной. Длительность операции соответственно составляет: $t_1 = 1,9$; $t_2 = 1,1$; $t_3 = 2,1$; $t_4 = 1,3$ мин. Месячная программа составляет 12 600 шт. В месяце 21 рабочий день. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Период оборота линии — 0,5 смены. Брак на операциях отсутствует.

Определить такт линии, число рабочих мест и их загрузку, количество рабочих-операторов; составить график регламентации работы рабочих мест и рабочих-операторов на линии (построить стандарт-план работы ОППЛ); рассчитать величину межопераци-

онных оборотных заделов и построить график их движения; рассчитать величину межоперационных оборотных заделов и определить величину среднего оборотного задела на линии; рассчитать величину незавершенного производства; определить длительность производственного цикла обработки партии деталей.

Решение

3.3.1. Программа выпуска за период оборота линии, равный 0,5 смены, составляет

$$N_{\text{в}} = \frac{12 \cdot 600}{21 \cdot 2 \cdot 2} = 150 \text{ шт.}$$

3.3.2. Расчет такта ОППЛ ведется по формуле (3.4)

$$t_{\text{пр}} = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 60}{150} = 1,6 \text{ мин/шт.}$$

3.3.3. Расчет количества рабочих мест ведется по формуле (3.12). Подставляем в эту формулу соответствующие данные по первой операции и получаем

$$C_{p_1} = \frac{1,9}{1,6} = 1,19 \text{ (принимаем } C_{\text{пр}} = 2 \text{ рабочих места).}$$

Аналогично производятся расчеты по всем операциям, а результаты заносятся в колонки 5 и 6 рис. 3.4.

3.3.4. Расчет коэффициента загрузки рабочих мест ведется по формуле (3.13). Подставляем в эту формулу данные, полученные в результате расчета по формуле (3.12), и для первой операции получаем

$$K_{z_1} = \frac{1,19}{2} \approx 0,6.$$

Аналогично расчет производится по всем операциям.

3.3.5. Составление графика-регламента работы рабочих мест и рабочих-операторов, т.е. стандарт-плана.

Стандарт-план строится в форме таблицы (рис. 3.4), в которую заносятся все операции технологического процесса и нормы времени на их выполнение; проставляется тakt потока и число рабочих мест по каждой операции (расчетное и принятое) и в целом по линии; строится график работы оборудования на каждой операции

Наименование операции		Hомepa opepaunin							O6o3ahehne пagoinx							Tlopaxok o6cykxnbahing пagoinx MecT							График работы оборудования и перехода рабочих за период оборота линии (0,5 смены, или 240 мин)						
Количество рабочих мест	Загрузка рабочих мест	B %							B min							B min							Tо=240 min						
		Takt (r_m^p), min/шт							mpnhrtoe (C_m^p)						Homepa пagoinx MecT														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	100	240	2	A	1																
1	Токарная	1,9	1,6	1,19	2	1	2	19	45,6		Б	2÷6														126			
2	Сверлильная	1,1	1,6	0,69	1	3	69	165,6	1	B	3÷5															24			
3	Фрезерная	2,1	1,6	1,31	2	4	100	240	2	Г	4															150			
4	Шлифовальная	1,3	1,6	0,81	1	6	81	194,4	1	Б	6÷2															114			
	Итого	6,4	1,6	4	6			0,67																			36		
																											150		

Рис. 3.4. Стандарт-план работы ОППЛ:

— время работы оборудования; время простостояния;

→ переходы рабочих с одного места на другое

в соответствии с его загрузкой; рассчитывается необходимое количество рабочих-операторов на каждой операции и строится график регламентации их труда на линии путем подбора работ (как это показано на втором, третьем, пятом и шестом рабочих местах); определяется окончательная численность рабочих-операторов, работающих на линии; присваиваются рабочим номера или буквенные индексы и устанавливается порядок обслуживания рабочих мест.

После проведения регламентации труда видно, что на линии необходимо иметь 4 рабочих-операторов в смену.

3.3.6. Расчет списочной численности рабочих-операторов, необходимых для работы в две смены:

$$Ч_{сп} = 4 \cdot 2 \cdot 1,1 = 9 \text{ чел.}$$

3.3.7. Расчет межоперационных оборотных заделов производится по стандарт-плану ОППЛ между каждой парой смежных операций по формуле (3.36). Рекомендуется вести расчет оборотных заделов в табличной форме (табл. 3.4).

Расчет межоперационных оборотных заделов

Частные периоды	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов, шт.	Площадь эпюр, дет./мин
T_1	45,6	Между 1-й и 2-й операциями $Z'_{1,2} = \frac{45,6 \cdot 2}{1,9} - \frac{45,6 \cdot 1}{1,1} = +7$	1938
T_2	120	$Z''_{1,2} = \frac{120 \cdot 1}{1,9} - \frac{120 \cdot 1}{1,1} = -46$	2760
T_3	74,4	$Z'''_{1,2} = \frac{74,4 \cdot 1}{1,9} - \frac{74,4 \cdot 0}{1,1} = +39$	1450
<i>И т о г о</i>			6148
T_1	165,6	Между 2-й и 3-й операциями $Z'_{2,3} = \frac{165,6 \cdot 1}{1,1} - \frac{165,6 \cdot 1}{2,1} = +71$	5879
T_2	74,4	$Z''_{2,3} = \frac{47,4 \cdot 0}{1,1} - \frac{74,4 \cdot 2}{2,1} = -71$	2641
<i>И т о г о</i>			8520

Частные периоды	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов, шт.	Площадь эпюра, дет./мин
T_1	45,6	Между 2-й и 4-й операциями $Z'_{3,4} = \frac{45,6 \cdot 2}{21} - \frac{45,6 \cdot 1}{1,3} = +22$	1140
T_2	120	$Z''_{3,4} = \frac{120 \cdot 1}{21} - \frac{120 \cdot 1}{1,3} = -36$	2160
T_3	74,4	$Z'''_{3,4} = \frac{74,4 \cdot 1}{21} - \frac{74,4 \cdot 0}{1,3} = +14$	522
Итого		3821	
Всего			18 489

После расчета величины межоперационных оборотных заделов строятся графики изменения заделов (эпюры движения заделов) по каждой паре смежных операций за период оборота линии (рис. 3.5).

3.3.8. Расчет площадей эпюр оборотных заделов ведется по рис. 3.5, а результаты заносятся в табл. 3.4. Расчет площадей эпюр оборотных заделов необходим для расчета средней величины межоперационных оборотных заделов между каждой парой смежных операций и в целом по линии.

3.3.9. Расчет средней величины межоперационных оборотных заделов в целом по линии ведется по формуле (3.38)

$$Z_{\text{ср. об}} = \frac{18\ 489}{240} = 77 \text{ шт.}$$

3.3.10. Расчет средней величины незавершенного производства в нормочасах без учета затрат труда в предыдущих цехах осуществляется по формуле (3.31)

$$N = 77 \left(\frac{6,4}{2 \cdot 60} + 0 \right) = 4,1 \text{ н.-ч.}$$

3.3.11. Расчет длительности производственного цикла ведется по формуле (3.39)

$$t_{\text{ц}} = 77 \cdot 1,6 = 123,2 \text{ мин} = 2,05 \text{ ч.}$$

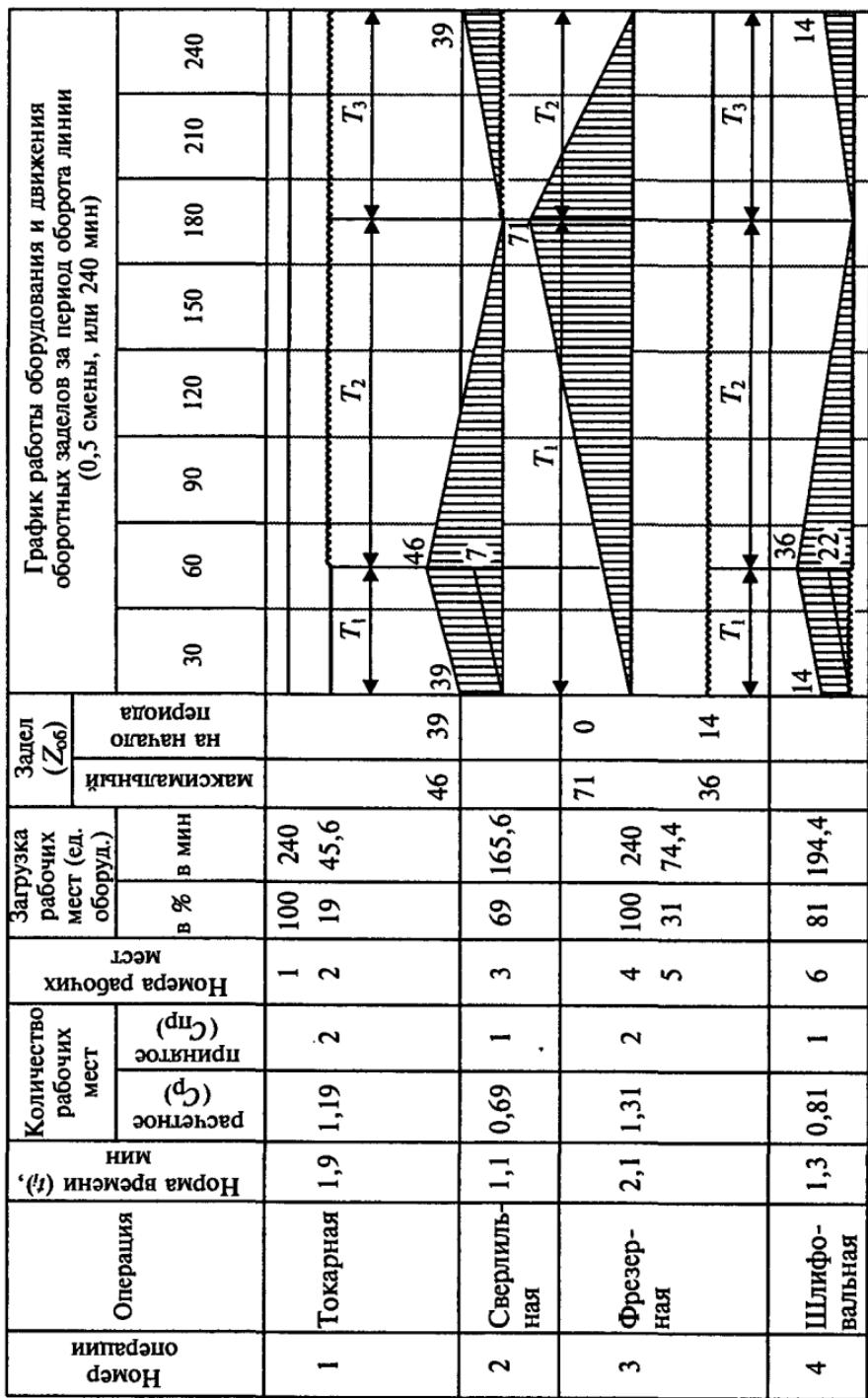


Рис. 3.5. График движения оборотных заделов

Задача 3.4.

Рассчитать КПН и построить стандарт-план МНПЛ исходя из следующих данных:

а) один из блоков пяти различных изделий (A, B, C, D) имеет значительное конструктивное сходство и может быть собран по типовому технологическому процессу (табл. 3.5);

б) участок сборки и монтажа блоков работает в две смены, продолжительность рабочей смены — 8 ч, количество рабочих дней — 22;

в) средняя длительность наладки одного рабочего места — 20 мин;

г) допустимый процент потерь рабочего времени на простой рабочих мест при смене партии предметов труда — 2 %;

д) месячная программа выпуска по изделиям $A = 6000, B = 3000, C = 3600, D = 5500$, $D = 1000$ шт.;

е) шаг конвейера — 0,7 м.

Таблица 3.5
Технологический процесс сборки блоков изделий

Номер операции	Нормы времени на операцию, мин					Количество рабочих мест
	A	B	C	D	E	
1	1,60	2,10	2,20	2,80	2,50	2
2	1,50	2,00	2,30	2,80	2,40	2
3	0,82	1,05	1,15	1,35	1,25	1
4	0,82	1,05	1,15	1,35	1,25	1
5	2,40	3,17	3,27	4,00	3,55	3
6	0,82	1,05	1,15	1,35	1,15	1
7	0,82	1,05	1,15	1,35	1,15	1
8	0,82	0,95	1,05	1,35	1,15	1
Итого	9,60	12,42	13,42	16,35	14,40	12

Решение

3.4.1. Расчет суммарной трудоемкости изделий (T) ведется в табличной форме (см. табл. 3.5). Из расчета видно, что $T_A \neq T_B \neq T_C \neq T_D$. Следовательно, выбираем вариант работы линии с различными частными тактами выпуска блоков при неизменном общем ко-

личестве рабочих мест и изменяющейся скоростью движения конвейера ($C = \text{const}$, $r_{\text{пп}} = \text{var}$, $V_{\text{пп}} = \text{var}$).

3.4.2. Расчет необходимого количества рабочих мест ведется по формуле (3.41):

$$C_p = (6000 \cdot 9,6 + 3000 \cdot 12,42 + 3600 \cdot 13,42 + 5500 \cdot 16,35 + 1000 \cdot 14,4) / 22 \cdot 8 \cdot 2 \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 12,3.$$

Принимаем $C_{\text{пп}} = 12$ рабочих мест.

3.4.3. Расчет частных тактов по каждому изделию j -го наименования ведется по формуле (3.44)

$$r_{\text{пп} A} = \frac{9,6}{12} = 0,8; r_{\text{пп} B} = \frac{12,42}{12} = 1,04;$$

$$r_{\text{пп} B} = \frac{13,42}{12} = 1,12; r_{\text{пп} Г} = \frac{16,35}{12} = 1,35;$$

$$r_{\text{пп} Д} = \frac{14,4}{12} = 1,2 \text{ мин/шт.}$$

3.4.4. Расчет скорости движения конвейера для каждого изделия j -го наименования производится по формуле (3.45)

$$V_{\text{пп} A} = \frac{0,7}{0,8} = 0,88; V_{\text{пп} B} = \frac{0,7}{1,04} = 0,67;$$

$$V_{\text{пп} B} = \frac{0,7}{1,12} = 0,63; V_{\text{пп} Г} = \frac{0,7}{1,35} = 0,52;$$

$$V_{\text{пп} Д} = \frac{0,7}{1,2} = 0,58 \text{ м/мин.}$$

3.4.5. Определение средней длительности простоя каждого рабочего места при смене изделия. Расчет ведется по формуле (3.49)

$$\Pi_{pA} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,04 = 44,96 \text{ мин};$$

$$\Pi_{pB} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,12 = 46,88 \text{ мин};$$

$$\Pi_{pB} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,35 = 52,40 \text{ мин};$$

$$\Pi_{pГ} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,20 = 48,80 \text{ мин};$$

$$\Pi_{pД} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 0,80 = 39,20 \text{ мин.}$$

3.4.6. Расчет размера партии изделия j -го наименования ведется по формуле (3.48)

$$n_A = \frac{(100 - 2) 44,96}{2 \cdot 0,8} = 2754 \text{ шт. (принимается } n_A = 3000 \text{ шт.)};$$

$$n_B = \frac{(100 - 2) 46,88}{2 \cdot 1,04} = 2209 \text{ шт. (принимается } n_B = 3000 \text{ шт.)};$$

$$n_B = \frac{(100 - 2) 52,40}{2 \cdot 1,12} = 2902 \text{ шт. (принимается } n_B = 3000 \text{ шт.)};$$

$$n_T = \frac{(100 - 2) 48,80}{2 \cdot 1,35} = 1772 \text{ шт. (принимается } n_T = 2750 \text{ шт.)};$$

$$n_D = \frac{(100 - 2) 39,20}{2 \cdot 1,20} = 1600 \text{ шт. (принимается } n_D = 1000 \text{ шт.)}.$$

3.4.7. Расчет периодичности чередования партии изделий ведется по формуле (3.51)

$$R_B = \frac{22 \cdot 3000}{3000} = 22 \text{ дня};$$

$$R_B = \frac{22 \cdot 3600}{3600} = 22 \text{ дня};$$

$$R_T = \frac{22 \cdot 2750}{5500} = 11 \text{ дней};$$

$$R_D = \frac{22 \cdot 1000}{1000} = 22 \text{ дня.}$$

3.4.8. Расчет длительности технологического цикла каждого изделия j -го наименования ведется по формуле (3.52):

$$t_{цA} = \frac{3000 \cdot 0,8 + 44,96}{480} = 5,1 \text{ см};$$

$$t_{цB} = \frac{3000 \cdot 1,04 + 46,88}{480} = 6,6 \text{ см};$$

$$t_{цB} = \frac{3000 \cdot 1,12 + 52,40}{480} = 8,5 \text{ см};$$

$$t_{цT} = \frac{2750 \cdot 1,35 + 48,80}{480} = 7,8 \text{ см};$$

$$t_{цD} = \frac{1000 \cdot 1,20 + 39,20}{480} = 2,5 \text{ см.}$$

3.4.9. Построение стандарт-плана МНПЛ. Стандарт-план строится на период, равный наибольшему периоду чередования партии изделий, но обычно не более чем на один месяц. В нашем случае стандарт-план строится на 22 рабочих дня (рис. 3.6).

Задачи для решения

Задача 3.5.

Вес обрабатываемой детали $B = 0,38$ кг. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность одной смены — 8 ч. Тakt потока — 1,04 мин/шт. Нормы штучного времени и количество станков по операциям обработки детали B приведены в табл. 3.6.

Выбор периода обслуживания линии зависит от величинь и веса обрабатываемой детали (табл. 3.7).

Определить нормативные уровни внутрилинейных заделов линии механической обработки детали B , величину выработки по операциям обработки деталей B . Построить стандарт-план работы линии по механической обработке деталей B .

Таблица 3.1
Исходные данные для расчетов

Номер операции	Наименование операции	Количество станков ($C_{\text{пр}}$)	Норма штучного времени (t_0), мин	Разряд работы
1	Токарная 1	4	4,2	4
2	Токарная 2	1	0,9	4
3	Токарная 3	4	3,8	4
4	Сверлильная 1	1	0,8	3
5	Сверлильная 2	1	0,9	3
6	Фрезерная	1	1,0	3
7	Шлифовальная	4	3,3	4
8	Токарная 4	1	1,1	5
9	Сверлильная 3	1	1,1	4
10	Нарезание резьбы	1	0,75	4
11	Сверлильная 4	1	0,7	4
12	Сверлильная 5	1	1,0	4

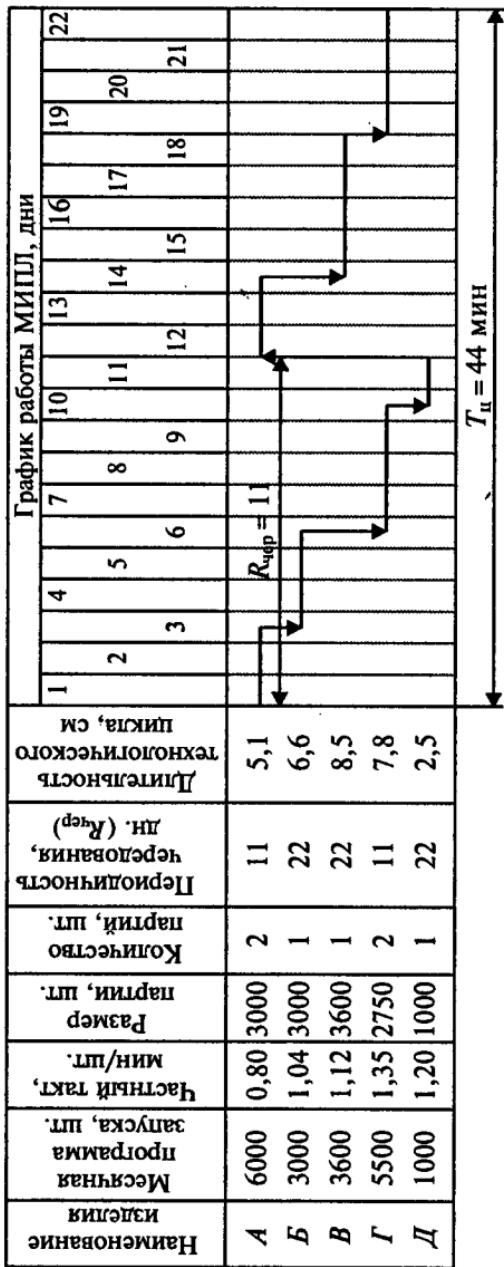


Рис. 3.6. Стандарт-план работы МИПЛ

Таблица 3.7

Выбор периода обслуживания поточной линии

Величина детали	Примерный вес детали, кг	Продолжительность периода обслуживания (T_0), смен
1. Очень крупные	Свыше 20	0,1–0,2
2. Крупные	15–20	0,3–0,5
3. Средние	3–15	0,5–1,0
4. Мелкие	1–3	1,0–1,5
5. Очень мелкие	Менее 1	1,0–2,0

Задача 3.6.

Сборка блока прибора осуществляется на непрерывно-поточной линии, оснащенной распределительным (нерабочим) конвейером. Шаг конвейера — 1,2 м. Радиусы приводного и натяжного барабанов — 0,38 м. Программа выпуска блоков — 375 шт. в сутки. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность одной смены — 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых — 30 мин в смену. Технологический процесс сборки блока состоит из девяти операций, нормы времени которых соответственно составляют $t_1 = 4,8$; $t_2 = 2,4$; $t_3 = 4,8$; $t_4 = 9,6$; $t_5 = 2,4$; $t_6 = 4,8$; $t_7 = 2,4$; $t_8 = 7,2$; $t_9 = 2,4$ мин. Время на снятие и установку блока на площадку конвейера учтено в нормах времени технологического процесса.

Определить тakt потока, число рабочих мест на каждой операции и на всей поточной линии, скорость движения конвейера, длину рабочей части и всей замкнутой ленты конвейера; составить систему адресования ячеек конвейера с закреплением номеров за рабочими; построить стандарт-план и рассчитать длительность производственного цикла; рассчитать размер внутрилинейных заделов и незавершенного производства.

Задача 3.7.

Сборка блока производится на рабочем конвейере непрерывного действия. Шаг конвейера — 1,5 м. Диаметры приводного и натяжного барабанов — 0,4 м. Технологический процесс сборки блока состоит из восьми операций, нормы времени которых (с учетом времени возвращения на исходное место) составляют: $t_1 = 3,6$; $t_2 = 7,2$; $t_3 = 5,4$; $t_4 = 9,0$; $t_5 = 1,8$; $t_6 = 5,4$; $t_7 = 3,6$; $t_8 = 7,2$ мин. Программа выпуска за сутки — 500 блоков. Режим работы по-

точной линии — двухсменный, по 8 ч. Регламентируемые перерывы на отдых — 30 мин в смену.

Определить тakt потока, число рабочих мест на операциях и на всей поточной линии; длину рабочей зоны каждой операции и всей рабочей части поточной линии; длину замкнутой ленты конвейера; скорость движения конвейера; размер заделов и незавершенное производство; длительность технологического цикла сборки блока на конвейере.

Задача 3.8.

На прерывно поточной линии обрабатывается шестерня. Технологический процесс обработки деталей состоит из шести операций, нормы времени которых соответственно составляют: $t_1 = 13,25$; $t_2 = 7,5$; $t_3 = 3,5$; $t_4 = 5,25$; $t_5 = 2,5$; $t_6 = 3,5$ мин. Программа выпуска за сутки — 250 шт. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч.

Определить тakt поточной линии; число рабочих мест на каждой операции и в целом на линии; коэффициент загрузки рабочих мест; число рабочих-операторов; составить график-регламент работы рабочих мест и рабочих-операторов на линии; рассчитать величину оборотных заделов и построить график их изменений; рассчитать площадь эпюра движения заделов и среднюю величину оборотных заделов на линии; рассчитать величину незавершенного производства; определить длительность технологического цикла обработки шестерни на поточной линии.

Задача 3.9.

На переменно-поточной линии обрабатываются детали *A* и *B*. Программа выпуска деталей за месяц соответственно составляет $N_A = 1500$ шт. и $N_B = 2500$ шт. Суммарная трудоемкость обработки изделия *A* составляет 40 мин, изделия *B* — 35 мин. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в месяце — 21. Потери рабочего времени на переналадку линии — 5 % от длительности смены. Шаг конвейера — 1,1 м. Средняя длительность наладки одного рабочего места — 25 мин.

Рассчитать первую и вторую группы КПН и построить стандарт-план работы МНПЛ.

Задача 3.10.

На переменно-поточной линии обрабатываются детали *A*, *B*, *C*, *D*. Суммарная трудоемкость обработки деталей соответст-

но составляет 40, 50, 50 и 30 мин. Программа выпуска деталей за месяц соответственно 2500, 2000, 3000 и 3500 шт. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в месяце — 22. Потери времени на переналадку оборудования — 6 %. Шаг конвейера — 1,2 м. Средняя длительность наладки одного рабочего места — 20 мин.

Рассчитать первую и вторую группу КПН и построить стандарт-план работы МНПЛ.

Задача 3.11.

Длительность технологического цикла сборки изделия на поточной линии, оснащенной рабочим пульсирующим конвейером, составляет 80 мин. Число рабочих мест на линии — 20. Длительность выполнения каждой операции на рабочем месте — 3,5 мин. Режим работы линии — двухсменный, по 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых — 30 мин в смену.

Определить тakt потока, время перемещения изделия с одного рабочего места на другое, выпуск изделий за сутки.

Задача 3.12.

Поточная линия, оснащенная рабочим пульсирующим конвейером, имеет следующие данные: шаг конвейера — 1,1 м, скорость движения ленты конвейера — 4 м/мин, радиусы приводного и натяжного барабанов — 0,44 м. Длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере — 61,6 мин, время выполнения каждой операции на рабочем месте в 10 раз больше времени перемещения изделия с одного рабочего места на другое. Линия работает в две смены по 8 ч. Регламентированные перерывы — 30 мин в смену.

Определить тakt потока, число рабочих мест на линии, длину рабочей части и всей замкнутой ленты конвейера, выпуск изделий за сутки.

Тема 4. Организация гибкого автоматизированного производства

В этой теме приведена задача, в которой рассматривается использование альтернативных проектов организации производства — простого традиционного и гибкого автоматизированного.

Гибкое автоматизированное производство — это такое производство, которое позволяет за короткое время и при минимальных затратах на том же оборудовании, не прерывая производственного процесса и не останавливая оборудования, по мере необходимости переходить на выпуск новой продукции произвольной номенклатуры в пределах технических возможностей и технического назначения оборудования.

Гибкое производство по сравнению с традиционным имеет следующие преимущества: повышается мобильность производства, сокращаются сроки освоения новой продукции, повышается производительность труда, сокращается производственный цикл, снижаются затраты на производство.

Методические указания приводятся по ходу решения задачи.

Типовая задача с решением

Задача 4.1.

Для механической обработки деталей разного типоразмера (наименования), но обрабатываемых по однотипной маршрутной технологии, разрабатываются альтернативные проекты организации производства.

Первый вариант проекта предусматривает создание в механическом цехе завода участка, укомплектованного станками с ЧПУ, а в качестве транспортных средств для доставки заготовок на участок и вывоза готовых деталей на склад используются электрокары.

Второй вариант проекта предусматривает создание гибкого автоматизированного участка (ГАУ), укомплектованного роботизированными комплексами и станками с ЧПУ, а в качестве транспортных средств используются роботоэлектротягачи.

Необходимо рассчитать КПН по сравниваемым вариантам: эффективный фонд времени работы оборудования; количество и размер партий деталей j -го наименования; количество перенаправлений

ладок оборудования за плановый период; годовой фонд времени, затрачиваемый на переналадку оборудования; периодичность (ритмичность) чередования партий деталей; количество единиц оборудования по вариантам; длительность производственного цикла обрабатываемой партии деталей; размер незавершенного производства; количестве транспортных средств; численность производственного персонала.

Определить экономически выгодный вариант организации производства при следующих исходных данных (табл. 4.1–4.3).

Таблица 4.1
Исходные данные для расчетов

Номер п/п	Показатели	Условные обозначения	Единица измерения	Варианты	
				базовый	проектируемый
1	2	3	4	5	6
1	Сменность работы оборудования	$K_{\text{см}}$	Смен	2	3
2	Годовой объем выпуска продукции: валик 16 × 172 валик 22 × 227 валик 30 × 226 валик 32 × 263				
		N_1	шт.	20 666	20 666
		N_2	шт.	20 666	20 666
		N_3	шт.	20 666	20 666
		N_4	шт.	20 666	20 666
3	Предпроизводственные затраты с учетом фактора времени	$K_{\text{пр}}$	руб.	5 000 000	25 000 000
4	Первоначальная стоимость технологического оборудования	$K_{\text{об}}$	руб.	46 530 000	38 655 000
5	Первоначальная стоимость транспортных средств	$K_{\text{тр}}$	руб.	1 580 800	5 390 000
6	Первоначальная стоимость энергетического оборудования, дорогостоящей оснастки, измерительных и регулирующих приборов	K_3	руб.	6 017 500	9 521 000

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
7	Часть стоимости материального склада цеха	$K_{ск}$	руб.	2 000 000	12 500 000
8	Стоимость производственного и хозяйственного инвентаря	$K_{ин}$	руб.	1 750 000	1 580 000
9	Стоимость программ управления	$K_{п. у}$	руб.	1 123 000	1 180 000
10	Стоимость оборотных средств	$K_{ос}$	руб.	1 270 000	1 170 000
11	Стоимость здания, занимаемого участком	$K_{зд}$	руб.	62 480 000	52 480 000
12	Установленная мощность оборудования и транспортных средств	W_y	кВт	128	76,5
13	Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии	Ц _э	Руб.	1390,0	1390,0
14	Процент отчислений «чрезвычайного налога для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС»	H _{АЭС}	%	12	12
15	Процент отчислений на содержание детских дошкольных учреждений	H _{д. у}	%	5	5
16	Процент отчислений в фонд социальной защиты населения РБ	H _{с. з}	%	35,00	35,00
17	Процент отчислений в фонд занятости населения РБ	H _{зан}	%	1	1
18	Годовой эффективный фонд времени работы оборудования	$F_{оэ}$	ч	3324	4986
19	Годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего	F_p	ч	1808	1803
20	Среднечасовая тарифная ставка	C _т	руб.	957,716	1015,760

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
21	Коэффициент, учитывающий премии по премиальным системам	$K_{\text{прем}}$	-	1,10	1,15
22	Процент дополнительной зарплаты	$H_{\text{д.з}}$	%	40,0	40,0
23	Сумма амортизационных отчислений	K_a	руб.	4 962 600	4 675 300
24	Коэффициент, учитывающий использование двигателей по времени	$K_{\text{э.в}}$	-	0,6	0,6
25	Коэффициент, учитывающий использование двигателей по мощности	$K_{\text{э.м}}$	-	0,4	0,4
26	Коэффициент загрузки оборудования	$K_{\text{з.о}}$	-	0,90	0,85
27	Коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети	J	-	1,15	1,15
28	КПД оборудования	η	-	0,75	0,75
29	Норматив затрат на I ремонтной сложности, в том числе: механической части электрической части	H_m H_e	руб. руб.	28 090 7050	28 090 7050
30	Установленное количество 1 ремонтной сложности, в том числе: механической части электрической части	K_m K_e	ед. ед.	232,0 472,0	189,0 313,0
31	Коэффициент, учитывающий класс точности оборудования	M	-	1,1	1,1
32	Площадь, занимаемая участком	$S_{\text{уч}}$	м^2	337,0	281,0

1	2	3	4	5	6
33	Годовые затраты на содержание 1м ² площади участка	$P_{пл}$	руб.	8500	8500
34	Время, затрачиваемое на транспортировку, погрузку, разгрузку одной детали В том числе автоматизированное	t_{tp} $t_{tp.a}$	мин мин	0,06 0,03	0,06 0,06
35	Среднегодовые затраты на ремонт и содержание одного ЧПУ	$Z_{ЧПУ}$	руб.	187 200	187 200
36	Количество ЧПУ, установленных на участке	$K_{ЧПУ}$	шт.	12	10
37	Процент налога на недвижимость	$H_{на}$	%	2	2

Таблица 4.2
Перечень деталей и расход материала

Изделие	Условное обозначение	Вид заготовки	Марка материала	Норма расхода, кг	Чистый вес детали, кг	Оптовая цена за 1 кг материала, руб.	Оптовая цена за 1 кг отходов, руб.
1. Валик	16 × 172	Прокат	Ст. 45	0,8	0,6	1235	86
2. Валик	22 × 227	Прокат	Ст. 45	1,5	1,1	1235	86
3. Валик	30 × 226	Прокат	Ст. 45	2,9	2,1	1235	86
4. Валик	32 × 264	Прокат	Ст. 45	3,3	2,7	1235	86

Таблица 4.3

Технологический процесс изготовления деталей

Операция	Раз- ряд рабо- ты	Но- менк- латура дета- лей	Базовый						Проектируемый					
			Оборудование			Затраты времени, мин			Оборудование			Затраты времени, мин		
			t_0	t_b	$t_{\text{оп}}$	t_h	t_0	t_b	$t_{\text{оп}}$	t_h	t_0	t_b	$t_{\text{оп}}$	t_h
1. Токар- ная 1	1	Станок токарный с ЧПУ	3,0	1,0	4,0	4,5	Роботизирован- ный токарный	3,0	0,5	3,5	3,5	0,5	3,5	2,5
1. Токар- ная 1	2	16Б1Ф3-21	3,0	1,0	4,0	4,5	комплекс	3,0	0,5	3,5	3,5	0,5	3,5	2,5
	3	16Б16Т1-03	3,0	1,0	4,0	4,5	16Б16Т1-03	3,0	0,5	3,5	3,5	0,5	3,5	2,5
	4		3,2	1,1	4,3	4,5		3,2	0,5	3,7	3,7	0,5	3,7	2,5
		Итого	12,2	4,1	16,3	—	Итого	12,2	2,0	14,2	14,2	—	14,2	—
2. Токар- ная 2	1	Станок токарный с ЧПУ	2,5	0,8	3,3	4,5	Роботизирован- ный токарный	2,5	0,4	2,9	2,9	0,4	2,9	2,5
2. Токар- ная 2	2	16Б16Ф3-31	2,5	0,8	3,3	4,5	комплекс	2,5	0,4	2,9	2,9	0,4	2,9	2,5
	3		2,5	0,8	3,3	4,5	16Б16Т1-03	2,6	0,4	3,0	3,0	0,4	3,0	2,5
	4		2,6	0,9	3,5	4,5		2,6	0,4	3,0	3,0	0,4	3,0	2,5
		Итого	10,1	3,3	13,4	—	Итого	10,1	1,6	11,7	11,7	—	11,7	—
3. Токар- ная 3	1	Станок токарный с ЧПУ	3,0	1,0	4,0	4,5	Роботизирован- ный токарный	3,0	0,5	3,5	3,5	0,5	3,5	2,5
3. Токар- ная 3	2	16Б16Ф3-31	3,0	1,0	4,0	4,5	комплекс	3,0	0,5	3,5	3,5	0,5	3,5	2,5
	3		3,0	1,0	4,0	4,5	16Б16Е1-03	3,0	0,5	3,5	3,5	0,5	3,5	2,5
	4		3,2	1,1	4,3	4,5		3,2	0,5	3,7	3,7	0,5	3,7	2,5
		Итого	12,2	4,1	16,3	—	Итого	12,2	2,0	14,2	14,2	—	14,2	—

4. Фрезер-ная	5	1	Станок фрезер-ный широкуни-версальный	4,5	2,1	6,6	4,8	Станок фрезер-ный широко-универсальный с ЧПУ	4,5	1,6	6,1	4,8	
		2		4,5	2,2	6,7	4,8		4,8	1,6	6,4	4,8	
		3		4,5	2,2	6,7	4,8		4,8	1,6	6,4	4,8	
		4		4,8	2,3	7,1	4,8	6720ВФ2	4,8	1,6	6,4	4,8	
			Итого	18,3	8,8	27,1	—		Итого	18,9	6,4	25,3	—
5. Круг-лошлифо-вальная	5	1	Подуавтомат круглошлифо-вальный с ЧПУ	5,0	2,2	7,2	4,9	Подуавтомат круглошлифо-вальный с ЧПУ ЗМ152МВФ2-01	5,0	1,6	6,6	4,9	
		2		5,4	2,2	7,6	4,9		5,4	1,6	7,0	4,9	
		3		5,4	2,2	7,6	4,9		5,4	1,6	7,0	4,9	
		4		5,5	2,3	7,8	4,9		5,5	1,6	7,1	4,9	
			Итого	21,3	8,9	8,9	—		Итого	21,3	6,4	27,7	—

Решение

Расчет КПН ГПС

4.1.1. Расчет эффективного фонда времени работы оборудования. Календарный фонд времени (F_k) составляет 365 дней в году. Количество выходных и праздничных дней в году (F_n) составляет в среднем 111 дней.

Номинальный фонд времени работы оборудования составляет

$$F'_n = F_k - F_n = 365 - 111 = 254 \text{ дня.} \quad (4.1)$$

В часах номинальный фонд времени работы оборудования составляет

$$F_n = F_{n, \text{п}} \cdot t_{\text{см}} + F_{n, \text{пр}} \cdot t_{\text{см, пр}} = 249 \cdot 8 + 5 \cdot 7 = 2027 \text{ ч,}$$

где $F_{n, \text{п}}$ и $F_{n, \text{пр}}$ — количество полных и предпраздничных дней ($F_{n, \text{п}} = 249$; $F_{n, \text{пр}} = 5$); $t_{\text{см}}$, $t_{\text{см, пр}}$ — продолжительность полной и предпраздничной рабочей смены ($t_{\text{см}} = 8$ ч; $t_{\text{см, пр}} = 7$ ч).

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования составляет:

в часах

$$F_3 = F'_n \cdot K_{\text{п. о}} = 2027 \cdot 0,82 = 1662 \text{ ч,} \quad (4.2)$$

где $K_{\text{п. о}}$ — коэффициент загрузки оборудования;
в днях

$$F'_3 = F_n \cdot K_{\text{п. о}} = 254 \cdot 0,82 = 203 \text{ дня.}$$

4.1.2. Расчет количества партий деталей ведется по формуле

$$\Pi = H \cdot F'_3 \cdot K_{\text{см}}, \quad (4.3)$$

где H — номенклатура обрабатываемых деталей ($H = 4$); $K_{\text{см}}$ — количество смен работы оборудования ($K_{\text{см}}^{\text{б}} = 2$; $K_{\text{см}}^{\text{п}} = 3$).

$$\Pi^{\text{б}} = 4 \cdot 203 \cdot 2 = 1624 \text{ партии;}$$

$$\Pi^{\text{п}} = 4 \cdot 203 \cdot 3 = 2436 \text{ партий.}$$

4.1.3. Расчет размера партии деталей j -го наименования ведется по формуле

$$P_j = \frac{N_j}{F'_3 \cdot K_{\text{см}}}, \quad (4.4)$$

где N_j — годовой объем выпуска продукции j -го наименования.

$$P_j^6 = \frac{20\ 666}{203 \cdot 2} = 51 \text{ шт.};$$

$$P_j^n = \frac{20\ 666}{203 \cdot 3} = 34 \text{ шт.}$$

4.1.4. Расчет количества переналадок оборудования:

$$\Pi_{\text{пер}}^6 = \Pi^6 = 1624 \text{ переналадки / год};$$

$$\Pi_{\text{пер}}^n = \Pi^n = 2436 \text{ переналадок / год.}$$

4.1.5. Расчет годового фонда времени, затрачиваемого на переналадку оборудования (табл. 4.4).

Таблица 4.4
Затраты времени на переналадку оборудования

Операция	Вариант					
	Базовый			Проектируемый		
	t_h^6 , мин	$\Pi_{\text{пер}}^6$, шт.	T_h^6 , ч	t_h^n , мин	$\Pi_{\text{пер}}^n$, шт.	T_h^n , ч
1. Токарная 1	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
2. Токарная 2	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
3. Токарная 3	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
4. Фрезерная	4,8	1624	130	4,8	2436	195,0
5. Круглошлифовальная	4,9	1624	133	4,9	2436	199,0
Итого	—	—	629	—	—	698,5

4.1.6. Расчет периодичности чередования партий делатей:

$$R_j^6 = \frac{F_3 \cdot K_{\text{см}} \cdot P_j}{N_j} = \frac{1662 \cdot 2 \cdot 51}{20\ 666} = 8 \text{ ч}; \quad (4.5)$$

$$R_j^n = \frac{1662 \cdot 3 \cdot 51}{20\ 666} = 8 \text{ ч.}$$

4.1.7. Расчет количества единиц оборудования (табл. 4.5. и 4.6):

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^H \frac{N_j \cdot t_{\text{оп}ij}}{60} + T_h}{F_3 \cdot K_{\text{см}} \cdot K_B}, \quad (4.6)$$

где H — номенклатура обрабатываемых деталей; N_j — программа j -го наименования деталей, шт.; $t_{опj}$ — оперативное время j -го наименования деталей, мин; T_h — величина времени, затрачиваемого на переналадку оборудования на каждой i -й операции, ч; F_3 — эффективный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч; $K_{см}$ — количество смен работы оборудования; K_b — коэффициент выполнения норм времени.

4.1.8. Расчет необходимого количества транспортных средств.

Необходимое количество электрокаров по базовому варианту составляет

$$K_{ЭК} = \frac{K_t \cdot \sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_j}{q \cdot K_{ис} \cdot F_3 \cdot K_{см}} \left(\frac{2L_{cp}}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right) = \\ = \frac{3(20666 \cdot 0,8 + 20666 \cdot 1,5 + 20666 \cdot 2,9 + 20666 \cdot 3,3)}{200 \cdot 0,6 \cdot 1662 \cdot 2 \cdot 60} \times \\ \times \left(\frac{2 \cdot 80}{50} + 5 + 5 \right) = 0,3 = 1 \text{ электрокар}, \quad (4.7)$$

где K_t — количество транспортных операций, осуществляемых над каждой деталью ($K_t = 3-4$); q — грузоподъемность транспортных единиц ($q = 200$ кг); Q_j — вес единицы j -го типоразмера детали (см. табл. 4.2); $K_{ис}$ — коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств ($K_{ис} = 0,6$); L_{cp} — среднее расстояние между двумя пунктами перевозки ($L_{cp} = 80-200$ м); V_{cp} — средняя скорость движения транспортного средства ($V_{cp} = 50-100$ м/мин); t_3 — время на загрузку транспортного средства ($t_3 = 5-10$ мин); t_p — время на разгрузку транспортного средства ($t_p = 10-5$ мин).

Необходимое количество робоэлектрокаров для перевозки заготовок со склада и готовых деталей на склад составляет

$$K_{РЭК} = \frac{K_t \cdot \sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_j}{q \cdot K_{ис} \cdot F_3 \cdot K_{см}} \left(\frac{2L_{cp}}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right) = \\ = \frac{4(20640 \cdot 0,8 + 20640 \cdot 1,5 + 20640 \cdot 2,9 + 20640 \cdot 3,3)}{200 \cdot 0,6 \cdot 1662 \cdot 3 \cdot 60} \times \\ \times \left(\frac{2 \cdot 80}{60} + 5 + 5 \right) = 0,16 = 1 \text{ робоэлектрокар}.$$

Таблица 4.5

Расчет необходимого количества единиц оборудования (базовый вариант)

Расчетные показатели	Программа выпуска деталей (N_j), шт.	Вид операций						
		Токарная 1		Токарная 2		Фрезерная		
		16Б16Т1-03	16Б16Т1-03	16Б16Т1-03	16Б16Т1-03	6720ВФ2	ЭМ152МВФ2-01	
Модели оборудования								
Трудоемкость работ по операциям, ч.-ч								
		$\frac{N_j \cdot t_{\text{ону}}}{60} + T_{\text{Н1}}^6$	$\frac{N_j \cdot t_{\text{ону}}}{60} + T_{\text{Н2}}^6$	$\frac{N_j \cdot t_{\text{ону}}}{60} + T_{\text{Н3}}^6$	$\frac{N_j \cdot t_{\text{ону}}}{60} + T_{\text{Н4}}^6$	$\frac{N_j \cdot t_{\text{ону}}}{60} + T_{\text{Н5}}^6$		
1. Валик 16 × 172	20 666	1377,73	1136,63	1377,73	2273,36	2479,92		
2. Валик 22 × 227	20 666	1377,73	122	1377,73	122	2411,03		
3. Валик 30 × 222	20 666	1377,73	1136,63	1377,73	2411,03	130	2617,69	
4. Валик 32 × 264	20 666	1481,06	1205,52	1481,06	2445,48	2617,69	133	
И т о г о		5736,25	4737,41	5736,25	9670,80	10 534,88		
Годовой эффективный фонд времени								
C_p		3324		3324		3324	3324	
$C_{\text{пр}}$		2	2	2	2	3	3,17	
K_3		0,87	0,72	0,87	0,97	0,97	1,05	

Таблица 4.6

Расчет необходимого количества единиц оборудования (проектируемый вариант)

Расчетные показатели	Программа выпуска деталей (N_j), шт.	Вид операций					
		Модели оборудования			Трудоемкость работ по операциям, ч.-ч		
		Токарная 1	Токарная 2	Токарная 3	Фрезерная	Шлифовальная	
1. Валик 16×172	20 666	$\frac{N_j \cdot t_{опj}}{60} + T_{H1}^n$	$\frac{N_j \cdot t_{опj}}{60} + T_{H2}^n$	$\frac{N_j \cdot t_{опj}}{60} + T_{H3}^n$	$\frac{N_j \cdot t_{опj}}{60} + T_{H4}^n$	$\frac{N_j \cdot t_{опj}}{60} + T_{H5}^n$	
2. Валик 22×227	20 666	1205,50	998,86	1205,50	2101,05	2273,3	
3. Валик 30×222	20 666	1205,50	101,5	1205,50	2204,38	195	2411,0
4. Валик 32×264	20 666	1268,00	1129,72	1268,00	2204,38	2411,0	199
И т о г о		4986,5	4126,3	4986,5	8908,2	2433,5	9727,8
Годовой эффективный фонд времени		1662 . 3	1662 . 3	1662 . 3	1662 . 3	1662 . 3	1662 . 3
C_p	1,00	0,83	1,00	1,00	1,78	1,95	
C_{mp}	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	
K_3	1,00	0,83	1,00	1,00	0,89	0,97	

4.1.9. Расчет потребного количества промышленных роботов (ПР).

Из технологии изготовления деталей (см. табл. 4.3) и расчета потребного количества оборудования (табл. 4.6) видно, что ПР нужны для обслуживания 4 станков на фрезерной и шлифовальной операциях.

Выбирается тип ПР «БРИГ—10Б», он является напольным роботом, работает в цилиндрической системе координат и выполняет все вспомогательные операции технологического процесса.

Сначала определяем, сколько станков может обслужить один промышленный робот

$$C_{\text{об}} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{oj}}{\sum_{j=1}^m t_{bj}} + 1 = \frac{4,5 + 4,8 + 4,8 + 4,8 + 5 + 5,4 + 5,4 + 5,5}{1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6} + 1 = 4. \quad (4.8)$$

Следовательно, для обслуживания 4 станков на 4-й и 5-й операциях достаточно 1 ПР.

4.1.10. Расчет длительности технологического цикла:

$$T_{\text{ц}} = P_j \sum_{i=1}^m t_{\text{оп},ij} - (P_j - 1) \sum_{i=1}^{m-1} t_{\text{кор}}, \quad (4.9)$$

где P_j — размер партии деталей j -го наименования; $t_{\text{оп},ij}$ — оперативное время на i -й операции j -го типоразмера деталей (см. табл. 4.3); $t_{\text{кор}}$ — минимальное оперативное время на каждой паре смежных операций (если на операции установлено несколько станков, $t_{\text{оп}}$ делится на количество станков); m — количество операций технологического процесса.

По базовому варианту

$$T_{\text{ц1}}^6 = 51 \left(\frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,6}{3} + \frac{7,2}{3} \right) - (51 - 1) \times \\ \times \left(\frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,6}{2} \right) = 157,75 \text{ мин} = 2,63 \text{ ч};$$

$$T_{\text{u2}}^6 = 51 \left(\frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,7}{3} + \frac{7,7}{3} \right) - (51 - 1) \times$$

$$\times \left(\frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,7}{3} \right) = 154,41 \text{ мин} = 2,57 \text{ ч};$$

$$T_{\text{u3}}^6 = 51 \left(\frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{7}{3} + \frac{7,6}{3} \right) - (51 - 1) \times$$

$$\times \left(\frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{7}{3} \right) = 154,51 \text{ мин} = 2,58 \text{ ч};$$

$$T_{\text{u4}}^6 = 51 \left(\frac{4,3}{2} + \frac{3,5}{2} + \frac{4,3}{2} + \frac{7,1}{3} + \frac{7,8}{3} \right) - (51 - 1) \times$$

$$\times \left(\frac{3,5}{2} + \frac{3,5}{2} + \frac{4,3}{2} + \frac{7,1}{3} \right) = 161,02 \text{ мин} = 2,68 \text{ ч.}$$

По проектируемому варианту

$$T_{\text{u1}}^n = 34 \left(3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,1}{2} + \frac{6,6}{2} \right) - (34 - 1) \times 8 \text{ мин} = 2,66 \text{ ч};$$

$$T_{\text{u2}}^n = 34 \left(3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,4}{2} + \frac{7}{2} \right) - (34 - 1) \times$$

$$\times \left(2,9 + 2,9 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 161,8 \text{ мин} = 2,7 \text{ ч};$$

$$T_{\text{u3}}^n = 34 \left(3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,4}{2} + \frac{7}{2} \right) - (34 - 1) \times$$

$$\times \left(2,9 + 2,9 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 161,8 \text{ мин} = 2,7 \text{ ч};$$

$$T_{\text{u4}}^n = 34 \left(3,7 + 3,0 + 3,7 + \frac{6,4}{2} + \frac{7,1}{2} \right) - (34 - 1) \times$$

$$\times \left(3,0 + 3,0 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 173,9 \text{ мин} = 2,9 \text{ ч.}$$

4.1.11. Расчет величины незавершенного производства ведется по формуле

$$H_{\text{cpj}} = \frac{N_j \cdot T_{\text{uj}}}{F_3 \cdot K_{\text{cm}}} \quad (4.1)$$

По базовому варианту

$$H_{cp1}^6 = \frac{20\ 666 \cdot 2,63}{1662 \cdot 2} = 16 \text{ шт.};$$

$$H_{cp2}^6 = \frac{20\ 666 \cdot 2,57}{1662 \cdot 2} = 16 \text{ шт.};$$

$$H_{cp3}^6 = \frac{20\ 666 \cdot 2,58}{1662 \cdot 2} = 16 \text{ шт.};$$

$$H_{cp4}^6 = \frac{20\ 666 \cdot 2,68}{1662 \cdot 2} = 17 \text{ шт.}$$

По проектируемому варианту

$$H_{cp1}^n = \frac{20\ 666 \cdot 2,66}{1662 \cdot 3} = 11 \text{ шт.};$$

$$H_{cp2}^n = \frac{20\ 666 \cdot 2,70}{1662 \cdot 3} = 11 \text{ шт.};$$

$$H_{cp3}^n = \frac{20\ 666 \cdot 2,70}{1662 \cdot 3} = 11 \text{ шт.};$$

$$H_{cp4}^n = \frac{20\ 666 \cdot 2,90}{1662 \cdot 3} = 12 \text{ шт.}$$

В нормочасах величина незавершенного производства составляет:

по базовому варианту

$$\begin{aligned} H_{cp}^6 = & 16 (4 + 3,3 + 4 + 6,6 + 7,2) + 16 (4 + 3,3 + 4 + \\ & + 6,7 + 7,6) + 16 (4 + 3,3 + 4 + 7 + 7,6) + \\ & + 17 (4,3 + 3,5 + 4,3 + 7,1 + 7,8) = 842,3 \text{ н.-ч}; \end{aligned}$$

по проектируемому варианту

$$\begin{aligned} H_{cp}^n = & 11 (3,5 + 2,9 + 3,5 + 6,1 + 6,6) + \\ & + 11 (3,5 + 2,9 + 3,5 + 6,4 + 7) + \\ & + 11 (3,5 + 2,9 + 3,5 + 6,4 + 7) + \\ & + 12 (3,7 + 3 + 3,7 + 6,4 + 7,1) = 524 \text{ н.-ч}. \end{aligned}$$

4.1.12. Расчет численности производственного персонала.

Расчет численности операторов по проектируемому варианту, осуществляющих наблюдение за работой технологического оборудования, ведется по формуле

$$\Psi_{\text{оп}}^n = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^H N_j \cdot t_{\text{оп}ij} (\lambda + \alpha + \beta)}{60 \cdot F_3 \cdot K_B}, \quad (4.11)$$

где λ — коэффициент, учитывающий затраты времени оператора на наблюдение за работой оборудования ($\lambda = 0,05 - 0,15$); α — коэффициент, учитывающий затраты времени оператора на обслуживание рабочих мест ($\alpha = 0,06 - 0,07$); β — коэффициент, учитывающий затраты времени оператора на отдых и личные надобности ($\beta = 0,025 - 0,04$); m — количество операций технологического процесса; H — номенклатура деталей; F_3 — эффективный фонд времени работы оператора.

$$\begin{aligned} \Psi_{\text{оп}}^n &= \frac{20666(14,2 + 11,7 + 14,2 + 25,3 + 27,7)(0,05 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1} = \\ &= \frac{20666 \cdot 93,1 \cdot 0,15}{60 \cdot 1808 \cdot 1} = 2,66 = 3 \text{ чел.} \end{aligned}$$

Расчет численности рабочих по базовому варианту производится по формуле

$$\Psi_{\text{оп}}^6 = \frac{\sum_{j=1}^H N_j \cdot t_{\text{оп}} (1 + \alpha + \beta)}{60 \cdot F_3 \cdot K_B \cdot H_{\text{об}}}. \quad (4.12)$$

$$\Psi_{\text{оп1}}^6 = \frac{20666(4 + 4 + 4 + 4,3)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел.}$$

$$\Psi_{\text{оп2}}^6 = \frac{20666(3,3 + 3,3 + 3,3 + 3,5)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 2,8 = 3 \text{ чел.}$$

$$\Psi_{\text{оп3}}^6 = \frac{20666(4 + 4 + 4 + 4,3)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел.}$$

$$\Psi_{\text{оп4}}^6 = \frac{20666(6,6 + 6,7 + 7 + 7,1)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 5,7 = 6 \text{ чел.}$$

$$\chi_{\text{оп5}}^6 = \frac{20666(7,2 + 7,6 + 7,6 + 7,8)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 6,3 = 7 \text{ чел.}$$

Всего рабочих — 24 чел.

Расчет численности наладчиков ведется по формуле

$$\chi_n = \frac{\sum_{i=1}^m t'_{hi} + T_{tc} \cdot F'_3}{F_3 \cdot K_b}, \quad (4.13)$$

где t'_{hi} — суммарное время на переналадку оборудования на каждой i -й операции при переходе от одной партии деталей к другой (см. табл. 4.4); T_{tc} — время, затрачиваемое на тестопрограммы и профилактику, ч ($T_{tc} = 1 - 1,5$ ч/день); F'_3 — эффективный фонд времени работы наладчика.

По базовому варианту

$$\chi_n^6 = \frac{629 + 1,5 \cdot 203}{1808 \cdot 1} = 0,52 = 1 \text{ чел.}$$

По проектируемому варианту

$$\chi_n^n = \frac{698,5 + 1,5 \cdot 203}{1808 \cdot 1} = 0,55 = 1 \text{ чел.}$$

Расчет численности рабочих по настройке инструмента ведется по формуле

$$\chi_{ni} = \frac{t_{in} \cdot h \cdot \Pi_{per}}{F_3 \cdot K_b}, \quad (4.14)$$

где t_{in} — среднее время настройки единицы инструмента, мин ($t_{in} = 0,5 - 1,5$ ч); h — среднее количество инструмента в наладке по операциям на одну партию деталей, шт. ($h = 5$); Π_{per} — количество переналадок оборудования при переходе от обработки одной партии деталей к другой.

По базовому варианту

$$\chi_{ni}^6 = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 1624}{1808 \cdot 1} = 2,3 = 3 \text{ чел.}$$

По проектируемому варианту

$$\chi_{ni}^n = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 2436}{1808 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел.}$$

Численность сборщиков приспособлений определяется по формуле

$$\Psi_{\text{сб}} = \frac{t_{\text{сб}} \cdot h \cdot \Pi_{\text{пер}}}{F_3 \cdot K_B}, \quad (4.15)$$

где $t_{\text{сб}}$ — среднее время сборки — разборки одного приспособления ($t_{\text{сб}} = 1-2,5$ ч).

По базовому варианту

$$\Psi_{\text{сб}}^{\text{б}} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 1624}{1808 \cdot 1} = 4,49 = 5 \text{ чел.}$$

По проектируемому варианту

$$\Psi_{\text{сб}}^{\text{п}} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 2436}{1808 \cdot 1} = 6,74 = 7 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих по базовому варианту ведется по следующей формуле:

$$\Psi_p^{\text{б}} = \frac{H \cdot N_j \cdot m \cdot t_{\text{тр}}}{60 \cdot F_3 \cdot K_B} = \frac{4 \cdot 20666 \cdot 6 \cdot 0,5}{60 \cdot 1808 \cdot 1,1} = 2,1 = 2 \text{ чел.} \quad (4.16)$$

Расчет общей численности рабочих:
по базовому варианту

$$\Psi_p^{\text{б}} = \Psi_{\text{оп}} + \Psi_{\text{н}} + \Psi_{\text{ни}} + \Psi_{\text{сб}} + \Psi_{\text{тр}} = 24 + 1 + 3 + 5 + 2 = 35 \text{ чел.};$$

по проектируемому варианту

$$\Psi_p^{\text{п}} = \Psi_{\text{оп}} + \Psi_{\text{н}} + \Psi_{\text{ни}} + \Psi_{\text{сб}} = 3 + 1 + 4 + 7 = 15 \text{ чел.}$$

Выбор экономически выгодного варианта

4.1.13. Расчет капитальных вложений.

Размер капитальных вложений определяется по следующей формуле (все составляющие капитальных затрат приведены в табл. 4.1):

$$K = K_{\text{об}} + K_{\text{тр}} + K_3 + K_{\text{ск}} + K_{\text{ин}} + K_{\text{пу}} + K_{\text{зд}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{ос}}. \quad (4.17)$$

По базовому варианту

$$K^{\text{б}} = 46\ 530\ 000 + 1\ 580\ 800 + 6\ 017\ 500 + 2\ 000\ 000 + 1\ 750\ 000 + \\ + 1\ 123\ 000 + 62\ 480\ 000 + 5\ 000\ 000 + 1\ 270\ 000 = 127\ 751\ 300 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

$$K^{\pi} = 38\ 655\ 000 + 5\ 390\ 000 + 9\ 521\ 000 + 12\ 500\ 000 + 1\ 580\ 000 + \\ + 1\ 180\ 000 + 52\ 480\ 000 + 25\ 000\ 000 + 1\ 170\ 000 = 147\ 476\ 000 \text{ руб.}$$

4.1.14. Расчет себестоимости выпускаемой продукции.

Расчет затрат на основные материалы.

Затраты на основные материалы (табл. 4.7) за вычетом реализуемых отходов составляют по базовому и проектируемому вариантам одинаковую сумму:

$$P_m^6 = P_m^{\pi} = 21\ 083\ 729 + 39\ 487\ 077 + 76\ 293\ 686 + \\ + 87\ 369\ 356 = 224\ 233\ 848 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы производственных рабочих:
по базовому варианту

$$P_{3.0}^6 = C_T \cdot \Psi_p^6 \cdot F_3 \cdot K_{\text{пр}} = 957,716 \cdot 35 \cdot 1808 \cdot 1,1 = 66\ 664\ 734 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{3.0}^{\pi} = 1015,76 \cdot 15 \cdot 1808 \cdot 1,15 = 31\ 679\ 522 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы производственных рабочих:

по базовому варианту

$$P_{3.д}^6 = P_{3.0}^6 \cdot H_{д.з} = 66\ 664\ 734 \cdot 0,4 = 26\ 665\ 894;$$

по проектируемому варианту

$$P_{3.д}^{\pi} = P_{3.0}^{\pi} \cdot H_{д.з} = 31\ 679\ 522 \cdot 0,4 = 12\ 671\ 809.$$

Расчет отчислений в фонд социальной защиты населения:
по базовому варианту

$$P_{c.3}^6 = (P_{3.0}^{\pi} + P_{3.д}^6) H_{c.3} = (66\ 664\ 734 + 26\ 665\ 894) 0,35 = \\ = 32\ 665\ 720 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{c.3}^{\pi} = (P_{3.0}^{\pi} + P_{3.д}^{\pi}) H_{c.3} = \\ = (31\ 679\ 522 + 12\ 671\ 809) \cdot 0,35 = 15\ 522\ 966 \text{ руб.}$$

Таблица 4.7

Расчет затрат на материалы

Показатель	Единица измерения	Номенклатура деталей				Валик 32 × 264
		Валик 16 × 172	Валик 22 × 227	Валик 30 × 226	Валик Ст.45	
1. Программа выпуска	шт.	20 666	20 666	20 666	20 666	20 666
2. Наименование материала	—	Ст.45	Ст.45	Ст.45	Ст.45	Ст.45
3. Норма расхода на деталь	кг	0,8	1,5	2,9	3,3	3,3
4. Чистый вес детали	кг	0,6	1,1	2,1	2,7	2,7
5. Отходы на деталь	кг	0,2	0,4	0,8	0,6	0,6
6. Расход материала на программу (стр. 1 × стр. 3)	кг	16 533	30 999	59 931	68 198	68 198
7. Отходы на программу (стр. 1 × стр. 5)	кг	4133	8266	16 533	12 400	12 400
8. Оптовая цена 1 кг материала	руб.	1235	1235	1235	1235	1235
9. Оптовая цена отходов	руб.	86	86	86	86	86
10. Затраты на материалы на программу с учетом транспортно-заготовительных рас- ходов (стр. 6 × стр. 8 × 1,05)	руб.	21 439 167	40 197 953	77 715 524	88 435 756	88 435 756
11. Стоимость реализуемых отходов (стр. 7 × стр. 9)	руб.	355 438	710 876	1 421 838	1 066 400	1 066 400
12. Затраты на материалы за вычетом отходов (стр. 10 – стр. 11)	руб.	21 083 729	39 487 077	76 293 686	87 369 356	87 369 356
13. Затраты на 1 деталь (стр. 12 : стр. 1)	руб.	1020	1911	3692	4228	4228

Расчет отчислений в фонд чрезвычайного налога для ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС:
по базовому варианту

$$P_{\text{АЭС}}^6 = (P_{3.0}^6 + P_{3.д}^6) H_{\text{АЭС}} = \\ = (66\ 664\ 734 + 26\ 665\ 894) 0,12 = 11\ 199\ 675 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{\text{АЭС}}^{\pi} = (P_{3.0}^{\pi} + P_{3.д}^{\pi}) H_{\text{АЭС}} = \\ = (31\ 679\ 522 + 12\ 671\ 809) 0,12 = 5\ 322\ 160 \text{ руб.}$$

Расчет отчислений в фонд занятости населения:
по базовому варианту

$$P_{\text{зан}}^6 = (P_{3.0}^6 + P_{3.д}^6) H_{\text{зан}} = \\ = (66\ 664\ 734 + 26\ 665\ 894) 0,01 = 933\ 306 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{\text{зан}}^{\pi} = (P_{3.0}^{\pi} + P_{3.д}^{\pi}) H_{\text{зан}} = \\ = (31\ 679\ 522 + 12\ 671\ 809) 0,01 = 443\ 513 \text{ руб.}$$

Расчет отчислений средств на содержание детских дошкольных учреждений:

по базовому варианту

$$P_{\text{д.у}}^6 = (P_{3.0}^6 + P_{3.д}^6) H_{\text{д.у}} = \\ = (66\ 664\ 734 + 26\ 665\ 894) 0,05 = 4\ 666\ 531 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{\text{д.у}}^{\pi} = (P_{3.0}^{\pi} + P_{3.д}^{\pi}) H_{\text{д.у}} = \\ = (31\ 679\ 522 + 12\ 671\ 809) 0,05 = 2\ 217\ 567 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на потребляемую силовую электроэнергию:
по базовому варианту

$$P_3^6 = W_y \cdot F_3 \cdot I_3 \cdot K_{\text{ем}} \cdot K_{\text{э.в}} \cdot K_{\text{э.м}} \cdot K_{3.0} \cdot \frac{J}{\eta} = \\ = 128 \cdot 1662 \cdot 1390 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot \frac{1,15}{0,75} = 195\ 873\ 680 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_3^{\pi} = 76,5 \cdot 1662 \cdot 1390 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot \frac{1,15}{0,75} = 165\ 842\ 280 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на амортизацию основных фондов (см. табл. 4.1):
по базовому варианту

$$P_a^6 = 4\ 962\ 600 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_a^n = 4\ 675\ 300 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на ремонт и техническое обслуживание оборудования:

по базовому варианту

$$\begin{aligned} P_p^6 &= (H_M \cdot K_M + H_3 \cdot K_3) M = \\ &= (28\ 090 \cdot 232 + 7050 \cdot 472) 1,1 = 10\ 828\ 928 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

по проектируемому варианту

$$P_p^n = (28\ 090 \cdot 189 + 7050 \cdot 313) 1,1 = 8\ 267\ 226 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на содержание площади участка:

по базовому варианту

$$P_{c.y}^n = S_{yч}^6 \cdot P_{пл} = 337 \cdot 8500 = 2\ 864\ 500 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{c.y}^n = 281 \cdot 8500 = 2\ 388\ 500 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на ремонт и обслуживание ЧПУ:

по базовому варианту

$$P_{ЧПУ}^6 = 3_{ЧПУ}^6 \cdot K_{ЧПУ}^6 = 187\ 200 \cdot 12 = 2\ 246\ 400 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{ЧПУ}^n = 187\ 200 \cdot 10 = 1\ 872\ 000 \text{ руб.}$$

Расчет налога на недвижимость:

по базовому варианту

$$P_{н.д}^6 = 121\ 481\ 300 \cdot 0,02 = 2\ 429\ 626 \text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{н.д}^n = 121\ 306\ 060 \cdot 0,02 = 2\ 426\ 120 \text{ руб.}$$

Все виды затрат сводятся в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Расчет себестоимости обработки деталей годового выпуска

№ п/п	Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.	
			Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	Основные материалы за вычетом отходов	P_m	224 233 848	224 233 848
2	Основная заработка производственных рабочих	$P_{з. о}$	66 664 734	31 679 522
3	Дополнительная заработка производственных рабочих	$P_{з. д}$	26 665 894	12 671 809
4	Фонд социальной защиты населения	$P_{с. з}$	32 665 720	15 522 966
5	Чрезвычайный налог для ликвидации последствий на ЧАЭС	$P_{АЭС}$	11 199 675	5 322 160
6	Фонд занятости населения	$P_{зан}$	933 306	443 513
7	Фонд содержания детских дошкольных учреждений	$P_{д. у}$	4 666 531	2 217 567
8	Затраты на потребляемую электроэнергию	P_e	195 873 680	165 842 280
9	Амортизация основных фондов	P_a	4 962 600	4 675 300
10	Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования	P_p	10 828 928	8 267 226
11	Затраты на содержание площади участка	$P_{с. у}$	2 864 500	2 388 500
12	Затраты на ремонт ЧПУ	$P_{ЧПУ}$	2 246 400	1 872 000
13	Налог на недвижимость	$P_{н. д}$	2 429 626	2 426 120
Итого		C^6, C^n	586 235 442	477 562 811

4.1.15. Расчет величины годового экономического эффекта. Расчет суммы приведенных затрат ведется по формуле

$$Z = C + E_H \cdot K,$$

где C — себестоимость обработки деталей годового выпуска;
 E_H — нормативный коэффициент экономической эффективности ($E_H = 0,15$).

По базовому варианту

$$Z^6 = 586\ 235\ 442 + 0,15 \cdot 127\ 751\ 300 = 605\ 398\ 137 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

$$Z^n = 477\ 562\ 811 + 0,15 \cdot 147\ 476\ 000 = 499\ 684\ 211 \text{ руб.}$$

Расчет величины годового экономического эффекта

$$\Theta = Z^6 - Z^n = 605\ 398\ 137 - 499\ 684\ 211 = 105\ 713\ 926 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T = \frac{K^n - K^6}{C^6 - C^n} = \frac{147\ 476\ 000 - 127\ 751\ 300}{586\ 235\ 442 - 477\ 562\ 811} = 0,2 \text{ года.}$$

Тема 5. Организация вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств предприятия

Работы по техническому обслуживанию производства на предприятиях выполняются вспомогательными цехами и обслуживающими хозяйствами производственного назначения.

Среди них наиболее важное значение имеют ремонтное, энергетическое, инструментальное, транспортное и складское хозяйства. Организация работы этих хозяйств непосредственно влияет на показатели производственно-хозяйственной деятельности предприятия, качество выпускаемой продукции.

5.1. Организация ремонтного хозяйства

В этом параграфе приведены задачи по расчету календарно-плановых нормативов по системе планово-предупредительных ремонтов технологического оборудования, объема ремонтных работ и необходимых ремонтных средств и ресурсов (оборудования для выполнения ремонтных работ, материальных и трудовых ресурсов).

Методические указания

Расчет длительности межремонтного цикла для легких и средних металлорежущих станков производится по формуле

$$T_{\text{м. ц}} = 24\ 000 \cdot \beta_{\pi} \cdot \beta_m \cdot \beta_y \cdot \beta_c, \quad (5.1)$$

где 24 000 — нормативный ремонтный цикл, станко-ч; β_{π} — коэффициент, учитывающий производство (для массового и крупносерийного он равен 1,0, для серийного — 1,3, мелкосерийного и единичного — 1,5); β_m — коэффициент, учитывающий род обрабатываемого материала (при обработке конструкционных сталей он равен 1,0, чугуна и бронзы — 0,8, высокопрочных сталей — 0,7); β_y — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации оборудования (при нормальных условиях механических цехов он равен 1,0, в запыленных и с повышенной влажностью — 0,7); β_c — коэффициент, отражающий группу станков (для легких и средних станков он равен 1,0).

Определение длительности межремонтного периода производится по формуле

$$t_{mp} = \frac{T_{m.ц}}{\Pi_c + \Pi_t + 1}, \quad (5.2)$$

где Π_c , Π_t — соответственно количество средних и текущих (малых) ремонтов на протяжении межремонтного цикла.

Определение длительности межосмотрового периода производится по формуле

$$t_{mo} = \frac{T_{m.ц}}{\Pi_c + \Pi_t + \Pi_o + 1}, \quad (5.3)$$

где Π_o — количество осмотров на протяжении межремонтного цикла.

Длительность межремонтного цикла может быть определена по формулам

$$T_{m.ц} = t_{mp} (1 + \Pi_c + \Pi_t) \quad (5.4)$$

или

$$T_{m.ц} = t_{mo} (1 + \Pi_c + \Pi_t + \Pi_o). \quad (5.5)$$

Общий годовой объем ремонтных работ определяется по формуле

$$T_{\text{рем общ}} = \frac{T_k \cdot \Pi_k + T_c \cdot \Pi_c + T_t \cdot \Pi_t + T_o \cdot \Pi_o}{T_{m.ц}} \times \\ \times \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_{\text{при}}, \quad (5.6)$$

где T_k , T_c , T_t , T_o — суммарная трудоемкость (слесарных, станочных и прочих работ) соответственно капитального, среднего, текущего ремонтов и осмотров на одну единицу ремонтной сложности, н.-ч.; R_i — количество единиц ремонтной сложности i -й единицы оборудования (механической части), рем. ед.; $C_{\text{при}}$ — количество единиц оборудования i -го наименования, шт.

Если определяется объем работ раздельно по видам (слесарным, станочным и прочим), то используются соответствующие нормы времени на одну ремонтную единицу по всем видам планово-предупредительных ремонтов.

Расчет годового объема работ по межремонтному обслуживанию производится по формуле

$$T_{\text{об}} = \frac{F_3 \cdot K_{\text{см}}}{H_{\text{об}}} \cdot \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_{\text{пр}i}, \quad (5.7)$$

где F_3 — годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего, ч; $K_{\text{см}}$ — сменность работы обслуживаемого оборудования; $H_{\text{об}}$ — норма обслуживания на одного рабочего в смену, рем. ед.

Расчет численности рабочих, необходимых для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, производится по видам работ:

$$P_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{рем}}^{\text{сл}}}{F_3 \cdot K_{\text{в}}} \quad (5.8)$$

и

$$P'_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{об}}^{\text{сл}}}{F_3 \cdot K_{\text{в}}}, \quad (5.9)$$

где $T_{\text{рем}}^{\text{сл}}$, $T_{\text{об}}^{\text{сл}}$ — трудоемкость слесарных работ соответственно для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, н.-ч; $K_{\text{в}}$ — коэффициент выполнения норм времени.

Аналогично производится расчет численности ремонтного и межремонтного персонала по станочным и прочим видам работ.

Расчет необходимого количества единиц оборудования (станков) для выполнения станочных работ по ремонтному и межремонтному обслуживанию осуществляется по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{рем}}^{\text{ст}} + T_{\text{об}}^{\text{ст}}}{F_3 \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (5.10)$$

где F_3 — годовой эффективный фонд времени работы одного станка в одну смену, ч.

Расчет потребности цеха в материалах для ремонта производится по формуле

$$Q = \lambda \cdot H_1 (\Sigma R_k + L \cdot \Sigma R_c + B \cdot \Sigma R_t), \quad (5.11)$$

где λ — коэффициент, учитывающий расход материала на осмотры и межремонтное обслуживание; H_1 — норма расхода мате-

риала на один капитальный ремонт оборудования на одну ремонтную единицу; $\sum R_k$, $\sum R_c$, $\sum R_t$ — сумма ремонтных единиц агрегатов, подвергаемых в течение года соответственно капитальному, среднему и текущему ремонтам; L — коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при среднем и капитальном ремонтах; B — коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при текущем и капитальном ремонтах.

Нормы запаса однотипных деталей для группы однотипного оборудования определяются по формуле

$$H_3 = C_{\text{пр}} \cdot C_d \cdot \frac{T_u}{t_{\text{сл}}} \cdot K_{\text{сн}}, \quad (5.12)$$

где $C_{\text{пр}}$ — количество однотипных единиц оборудования, шт.; C_d — количество однотипных деталей в данном типе оборудования, шт.; T_u — длительность цикла изготовления партии однотипных деталей или получения партии деталей со стороны, дни; $t_{\text{сл}}$ — срок службы деталей, дни; $K_{\text{сн}}$ — коэффициент снижения численной величины запаса однотипных деталей, зависящий от их количества в одномодельных агрегатах (берется из практических данных службы главного механика предприятия).

Максимальный запас не должен превышать трехмесячного расхода сменных деталей одного наименования.

Типовая задача с решением

Задача 5.1.

В механообрабатывающем цехе установлено 44 металлорежущих станка (табл. 5.1). Режим работы цеха двухсменный. Продолжительность смены 8 часов. Условия работы оборудования нормальные. Обрабатываются конструкционные стали, следовательно, коэффициенты, учитывающие тип производства (β_p), свойства обрабатывающего материала (β_m), условия эксплуатации (β_y), характеристику станков (β_c) принимаются равными единице. Нормативное время работы станка в течение межремонтного цикла $A = 24\,000$ ч. Структура межремонтного цикла для установленных станков имеет вид

$$K_1 - O_1 - T_1 - O_2 - T_2 - O_3 - C_1 - O_4 - T_3 - O_5 - T_4 - O_6 - C_2 - O_7 - T_5 - O_8 - T_6 - O_9 - K_2,$$

Таблица 5.1

Состав станочного парка в цехе

№ п/п	Оборудование	Модель или марка	Категория ремонтной сложности (механиче- ская часть)	Устано- вленная мощ- ность, кВт	Оптовая цена единицы оборудования, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Токарно-винторезные станки	1К62	11,0	10,0	3 650 000
		1К62Б	12,5	11,0	6 000 000
		1К62Д	14,5	11,5	6 500 000
		1М63М	13,0	18,5	8 290 000
		1М63Б	14,0	15,0	7 870 000
		1М65	16,5	22,0	11 160 000
2	Полуавтоматы токарно-револьверные	1М42Б	17,5	13,0	14 500 000
		1А124М	14,5	12,5	12 300 000
		1А136МЦ	14,0	13,0	15 300 000
3	Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные	1Г140П	17,5	7,1	15 500 000
		1Д112	18,0	5,5	2 450 000
		1Е125	15,5	11,0	9 500 000
4	Полуавтоматы токарные многошпиндельные	1Б265НП-8К	50,0	30,0	54 100 000
		1Б290НП-6К	41,0	30,0	66 300 000
5	Вертикально-фрезенные станки	692Р-1	12,5	2,2	5 000 000
		ГФ2380	13,0	11,0	14 000 000
6	Горизонтально-фрезерные станки	6Н13Ц	14,0	13,0	15 000 000
		6Т82Г-1	12,5	7,5	6 365 000
		6Р83Г	11,0	7,0	6 300 000
		6Т83Г-1	11,5	7,5	7 290 000
7	Вертикально-сверлильные станки	2С132	9,5	4,0	4 570 000
		2Г125	4,5	3,5	3 470 000
		2Н135-1	6,0	4,0	4 750 000
		КД-26	5,5	1,6	3 250 000

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6
8	Радиально-сверлильные станки	2К52	7,0	4,5	3 950 000
		2М55	20,0	5,5	4 750 000
		2А576	17,5	7,5	18 200 000
9	Круглошлифовальные станки	3У10В	15,5	2,1	12 400 000
		3У10А	19,5	2,5	13 750 000
		3М195	38,5	30,0	38 900 000
10	Плоскошлифовальные станки	3Е711В-1	15,0	4,0	7 129 000
		3Е711ВФ1	17,5	10,0	14 500 000
11	Внутришлифовальные станки	3К225В	17,5	2,5	9 870 000
		3К225А	16,5	2,5	11 860 000
		3К227В	12,5	4,5	14 430 000
12	Универсально-заточные станки	3Е622	10,0	3,0	4 450 000
		3Е642Е	12,5	3,0	6 750 000
13	Горизонтально-расточные станки	2620В	28	10,2	20 800 000
		2620Г	18	10,2	19 730 000
14	Протяженные станки	7Б64	17,5	11,0	17 924 000
		7Б67	24,5	40,0	29 970 000
15	Отрезные станки	8Г662	16,0	3,2	8 500 000
		8Г681	17,5	18,1	13 170 000
		8Б66	8,0	2,5	3 610 000
Итого			694	448,2	578 058 000

Нормы времени для выполнения ремонтных работ представлены в табл. 5.2. Годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего составляет 1835 ч. Нормы обслуживания на 1 рабочего в смену по межремонтному обслуживанию составляют: $N_{об}^{ст} = 1650$ рем. ед.; $N_{об}^{сл} = 500$ рем. ед.; $N_{об}^{см} = 1000$ рем. ед.; $N_{об}^{ш} = 3390$ рем. ед.

Коэффициент, учитывающий расход материала на осмотры и межремонтное обслуживание (λ), равен 1,12. Норма расхода материала на один капитальный ремонт оборудования на одну ремонтную единицу составляет 14 кг конструкционной стали.

Коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при среднем и капитальном ремонтах (L), равен 0,6; коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при текущем и капитальном ремонтах (B), равен 0,2.

Таблица 5.2

*Нормы времени на выполнение ремонтных работ
на одну ремонтную единицу для технологического оборудования, ч.-ч*

Виды работ	Работы			Всего
	слесарные	станочные	прочие	
Осмотр (О)	0,75	0,10	—	0,85
Ремонты:				
текущий (Т)	4,00	2,00	0,10	6,10
средний (С)	16,00	7,00	0,50	23,50
капитальный (К)	23,00	10,00	2,00	35,00

Ежегодно капитальному ремонту подвергается 10 % оборудования, среднему ремонту — 25 % и текущему ремонту — 100 % оборудования.

Определить длительность межремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов, трудоемкость ремонтных и межремонтных работ, численность персонала по категориям для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, годовую потребность цеха в материалах для ремонтных нужд, установленную мощность оборудования в цехе, балансовую стоимость активной части основных производственных фондов и количество станков для выполнения станочных работ для ремонтов и межремонтного обслуживания оборудования.

Решение

5.1.1. Расчет длительности межремонтного цикла ведется по формуле (5.1) и составляет

$$T_{\text{м. ц}} = 24\ 000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 24\ 000 \text{ ч},$$

или 6 лет (72 месяца) при двухсменном режиме работы оборудования.

5.1.2. Расчет длительности межремонтного периода ведется по формуле (5.2) и составляет

$$t_{\text{mp}} = \frac{72}{2 + 6 + 1} = 8 \text{ мес.}$$

5.1.3. Расчет длительности межосмотрового периода ведется по формуле (5.3) и составляет

$$t_{\text{мо}} = \frac{72}{2 + 6 + 9 + 1} = 4 \text{ мес.}$$

5.1.4. Расчет среднегодовой трудоемкости ремонтных работ, общей и по видам (слесарным, станочным и прочим работам), ведется по формуле (5.6) и составляет

$$T_{\text{рем}}^{\text{общ}} = \frac{35 \cdot 1 + 23,5 \cdot 2 + 6,1 \cdot 6 + 0,85 \cdot 9}{6} \cdot 694 = 14603 \text{ ч.}$$

В том числе:

слесарных

$$T_{\text{рем}}^{\text{сл}} = \frac{23 \cdot 1 + 16 \cdot 2 + 4 \cdot 6 + 0,75 \cdot 9}{6} \cdot 694 = 9918 \text{ ч.}$$

станочных

$$T_{\text{рем}}^{\text{ст}} = \frac{10 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 2 \cdot 6 + 0,1 \cdot 9}{6} \cdot 694 = 4268 \text{ ч.}$$

прочих

$$T_{\text{рем}}^{\text{пр}} = \frac{2 \cdot 1 + 0,5 \cdot 2 + 0,1 \cdot 6}{6} \cdot 694 = 417 \text{ ч.}$$

При определении среднегодового объема ремонтных работ допускают, что их общий объем равномерно распределяется по годам в течение всего межремонтного цикла. Уточнение объема работ на каждый конкретный год производится по годовому плану-графику ремонта оборудования.

5.1.5. Расчет среднегодовой трудоемкости работ по межремонтному обслуживанию по видам работ (слесарным, станочным, смазочным, шорным) производится по формуле (5.7):

слесарные

$$T_{\text{об}}^{\text{сл}} = \frac{1835 \cdot 2}{500} \cdot 694 = 5094 \text{ ч.}$$

станочные

$$T_{\text{об}}^{\text{ст}} = \frac{1835 \cdot 2}{1650} \cdot 694 = 1544 \text{ ч.}$$

смазочные

$$T_{\text{об}}^{\text{см}} = \frac{1835 \cdot 2}{1000} \cdot 694 = 2547 \text{ ч};$$

шорные

$$T_{\text{об}}^{\text{ш}} = \frac{1835 \cdot 2 \cdot 0,5}{3390} \cdot 694 = 378 \text{ ч.}$$

Общий годовой объем работ по межремонтному обслуживанию составляет

$$\begin{aligned} T_{\text{об}}^{\text{общ}} &= T_{\text{об}}^{\text{сл}} + T_{\text{об}}^{\text{ст}} + T_{\text{об}}^{\text{см}} + T_{\text{об}}^{\text{ш}} = \\ &= 5094 + 1544 + 2547 + 378 = 9563 \text{ ч.} \end{aligned}$$

5.1.6. Расчет численности ремонтных рабочих, необходимых для выполнения ремонта и межремонтного обслуживания оборудования.

Необходимое для ремонта оборудования число рабочих ($P_{\text{рем}}$) по видам работ определяется по формуле (5.8), исходя из соответствующей трудоемкости, годового эффективного фонда времени F_3 работы одного рабочего и коэффициента выполнения норм времени K_B , который равен 1,1:

слесари

$$P_{\text{сл}} = \frac{9918}{1835 \cdot 1,1} = 4,9 = 5 \text{ чел.};$$

станочники

$$P_{\text{ст}} = \frac{4268}{1835 \cdot 1,1} = 2,1 = 2 \text{ чел.};$$

прочие рабочие

$$P_{\text{пр}} = \frac{417}{1835 \cdot 1,1} = 0,2 = 1 \text{ чел.}$$

Итого

$$P_{\text{рем}} = P_{\text{сл}} + P_{\text{ст}} + P_{\text{пр}} = 5 + 2 + 1 = 8 \text{ чел.}$$

Необходимая для межремонтного обслуживания оборудования численность рабочих по видам работ определяется по формуле (5.9):

слесари

$$P'_{\text{сл}} = \frac{5094}{1835 \cdot 1,1} = 2,5 = 3 \text{ чел.};$$

станочники

$$P'_{\text{ст}} = \frac{1544}{1835 \cdot 1,1} = 0,8 = 1 \text{ чел.};$$

смазчики

$$P'_{\text{см}} = \frac{2547}{1835 \cdot 1,1} = 1,2 = 1 \text{ чел.};$$

шорники

$$P'_{\text{ш}} = \frac{378}{1835 \cdot 1,1} = 0,2 = 0 \text{ чел.}$$

Итого

$$P'_{\text{об}} = P'_{\text{сл}} + P'_{\text{ст}} + P'_{\text{см}} + P'_{\text{ш}} = 3 + 1 + 1 + 0 = 5 \text{ чел.}$$

5.1.7. Расчет необходимого количества станков для выполнения станочных работ для ремонтов и межремонтного обслуживания оборудования ведется по формуле (5.10):

$$C_{\text{пр}} = \frac{4268 + 1544}{1835 \cdot 2 \cdot 10,5} = 1,6 = 2 \text{ ст.}$$

5.1.8. Расчет потребности цеха в материалах для ремонтных нужд производится по формуле (5.11).

При ежегодном капитальном ремонте 10 % станков

$$\sum R_K = 0,1 \cdot \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{при}} = 0,1 \cdot 694 = 69,4 \text{ рем. ед.}$$

При ежегодном среднем ремонте 25 % станков

$$\sum R_C = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{при}} = 0,25 \cdot 694 = 173,5 \text{ рем. ед.}$$

При ежегодном текущем ремонте 100 % станков

$$\sum R_T = 1 \cdot \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{при}} = 1 \cdot 694 = 694 \text{ рем. ед.}$$

Тогда

$$Q = 1,12 \cdot 14 (69,4 + 0,6 \cdot 173,5 + 0,2 \cdot 694) = 4897 \text{ кг.}$$

Аналогично рассчитывается потребность в других материалах.

5.1.9. Расчет установленной мощности оборудования ведется в табл. 5.1, колонка 5:

$$W_y = 448,2 \text{ кВт.}$$

5.1.10. Расчет балансовой стоимости оборудования ведется по следующей формуле и составляет

$$K_{\text{об}} = K_{\text{тр}} \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_{\text{об}i} = 1,15 \cdot 578\,058\,000 = 664\,766\,700 \text{ руб.},$$

где $K_{\text{тр}}$ — коэффициент, учитывающий затраты предприятия на транспортировку, монтаж и пусконаладочные работы ($K_{\text{тр}} = 1,15$); $\Pi_{\text{об}i}$ — оптовая цена единицы i -го вида оборудования.

Задачи для решения

Задача 5.2.

Длительность межремонтного цикла составляет 9 лет. Структура межремонтного цикла включает кроме одного капитального ремонта два средних, ряд текущих (малых) ремонтов и периодических осмотров. Длительность межремонтного периода (t_{mp}) составляет 1 год, а длительность межосмотрового периода (t_{mo}) — 6 месяцев. Определить количество малых (текущих) ремонтов и осмотров (формулы (5.4) и (5.5)).

Задача 5.3.

На заводе установлено 650 единиц оборудования. Средняя ремонтная сложность единицы оборудования — 11,3 рем. ед. Нормы времени для выполнения ремонтных работ представлены в табл. 5.2. Станки легкие и средние. Условия работы оборудования нормальные. Тип производства — серийный. Род обрабатываемого материала — конструкционные стали. Структура межремонтного цикла установленного оборудования имеет вид

$$K_1 - O_1 - T_1 - O_2 - T_2 - O_3 - C_1 - O_4 - T_3 - O_5 - T_4 - O_6 - K_2.$$

Годовой эффективный фонд времени работы одного ремонтного рабочего — 1835 ч. Годовой эффективный фонд времени

работы станка — 1800 ч. Режим работы — двухсменный. Нормы обслуживания на одного рабочего в смену по межремонтному обслуживанию составляют: $H_{об}^{ст} = 1650$ рем. ед.; $H_{об}^{сл} = 500$ рем. ед.; $H_{об}^{пр} = 3000$ рем. ед.

Удельная площадь на один станок в ремонтно-механическом цехе ($S_{уд}$) — 16 м².

Определить длительность межремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов, объем ремонтных и межремонтных работ, численность рабочих по видам работ (слесарным, станочным и прочим) для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, количество станков для ремонтно-механического цеха общее и исходя из типажа ремонтно-механического цеха, установленного по «Единой системе ППР» (табл. 5.3). Рассчитать площадь ремонтно-механического цеха.

Таблица 5.3
Состав оборудования в ремонтно-механическом цехе

№ п/п	Группа станков	Удельный вес, %	Количество
1	Токарные и револьверные	45	
2	Расточные	4	
3	Универсальные горизонтально-фрезерные	8	
4	Зуборезные	7	
5	Шлифовальные	11	
6	Строгальные	8	
7	Вертикально-сверлильные	7	
8	Радиально-сверлильные	2	
9	Прочие	8	
И т о г о		100	

На заводе применяется централизованная форма организации ремонта.

Задача 5.4.

На предприятии насчитывается 520 единиц технологического оборудования. Средняя ремонтная сложность единицы оборудования составляет 13,7 рем. ед. Структура межремонтного цикла включает один капитальный ремонт, три средних и четыре текущих (малых) ремонта и ряд периодических осмотров. Длитель-

ность межремонтного периода — один год, а межосмотрового периода — три месяца. Нормы времени для выполнения ремонтных работ представлены в табл. 5.2. Годовой эффективный фонд времени одного рабочего-ремонтника — 1830 ч.

Определить количество осмотров, суммарное количество ремонтных единиц, трудоемкость ремонтных работ по видам (слесарные, станочные и прочие), численность ремонтных рабочих, если слесари выполняют нормы выработки на 130%, станочники — на 140%, а прочие рабочие работают повременно.

Задача 5.5.

На участке установлено 16 токарно-револьверных станков одной модели. Длительность межремонтного периода — 9 мес. В структуре межремонтного цикла кроме капитального ремонта имеется два средних и пять текущих (малых) ремонтов. При среднем и капитальном ремонтах на станке заменяют по две втулки. Длительность цикла изготовления двух втулок — 2 месяца. Коэффициент снижения количества запасных втулок — 0,9.

Определить длительность межремонтного цикла, срок службы сменной втулки (исходя из длительности межремонтного цикла и количества капитальных и средних ремонтов) и норму запаса сменных втулок).

5.2. Организация энергетического хозяйства

В этом параграфе приведены задачи по определению количества единиц топлива, электроэнергии, пара, сжатого воздуха, воды и других источников энергии для производственных и бытовых целей предприятия.

Методические указания

Количество единиц топлива для производственных нужд предприятия (термической обработки металла, плавки металла, сушки литейных форм, стержней и т.д.) определяется по формуле

$$Q_{\text{п.н}} = \frac{q \cdot N}{K_3}, \quad (5.13)$$

где q — норма расхода условного топлива на единицу выпускаемой продукции; N — объем выпуска продукции за расчетный

период в соответствующих единицах измерения (т, шт. и т.д.); K_3 — калорийный эквивалент применяемого вида топлива.

Количество единиц топлива для отопления производственных, административных и других зданий определяется по формуле

$$Q_{\text{от}} = \frac{q_t \cdot t_o \cdot F_d \cdot V_3}{1000 \cdot K_y \cdot \eta_k}, \quad (5.14)$$

где q_t — норма расхода тепла на 1 м³ здания при разности наружной и внутренней температур в 1°C, ккал/ч; t_o — разность наружной и внутренней температур отопительного периода, °C; F_d — длительность отопительного периода, ч; V_3 — объем здания (по наружному его обмеру), м³; K_y — теплотворная способность условного топлива (7000 ккал/кг); η_k — коэффициент полезного действия котельной установки (принимаем $\eta_k = 0,75$).

Количество электроэнергии (кВт/ч) для производственных целей (плавка, термообработка, сварка и т.д.) рассчитывается по формуле

$$P_{\text{эл}} = \frac{W_y \cdot F_3 \cdot K_3 \cdot K_o}{K_c \cdot \eta_e}, \quad (5.15)$$

где W_y — суммарная установленная мощность электромоторов оборудования, кВт; F_3 — эффективный фонд времени работы потребителей электроэнергии за планируемый период (месяц, квартал, год), ч; K_3 — коэффициент загрузки оборудования; K_o — средний коэффициент одновременной работы потребителей электроэнергии; K_c — коэффициент полезного действия питающей электрической сети; η_e — коэффициент полезного действия установленных электромоторов.

Количество электроэнергии для производственных целей можно определить также по следующим формулам:

$$P_{\text{эл}} = W_y \cdot \eta_c \cdot F_3 \quad (5.16)$$

и

$$P_{\text{эл}} = F_3 \cdot \sum_{i=1}^m W_{y_i} \cdot \cos \phi \cdot K_m, \quad (5.17)$$

где η_c — коэффициент спроса потребителей электроэнергии; $\cos \phi$ — коэффициент мощности установленных электродвигателей.

лей; K_m — коэффициент машинного времени электроприемников (машинное время работы оборудования).

Коэффициент спроса потребителей электроэнергии определяется по формуле

$$\eta_c = \frac{K_3 \cdot K_o}{K_c \cdot \eta_{\text{э}}}. \quad (5.18)$$

Количество электроэнергии для освещения помещений определяется по формулам

$$P'_{\text{эл}} = \frac{C_{\text{св}} \cdot P_{\text{ср}} \cdot F_{\text{э}} \cdot K_o}{1000} \quad (5.19)$$

или

$$P'_{\text{эл}} = \frac{h \cdot S \cdot F_{\text{э}}}{1000}, \quad (5.20)$$

где $C_{\text{св}}$ — число светильников (лампочек) на участке, в цехе, предприятии, шт.; $P_{\text{ср}}$ — средняя мощность одной лампочки, Вт; h — норма освещения 1 м^2 площади (по ГОСТу), Вт; S — площадь здания, м^2 .

Количество пара для производственных целей определяется на основе удельных норм расхода соответствующего потребителя. Например, на обогрев сушильных камер периодического действия (на 1 т обогреваемых деталей) расходуется 100 кг/ч; для непрерывно действующих камер (конвейерных) — 45—75 кг/ч.

Количество пара для отопления здания определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{q_{\text{п}} \cdot t_{\text{o}} \cdot F_{\text{д}} \cdot V_{\text{з}}}{1000 \cdot i}, \quad (5.21)$$

где $q_{\text{п}}$ — расход пара на 1 м^3 здания при разности наружной и внутренней температур в $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$; i — теплосодержание пара (принимается 540 ккал/кг).

Количество сжатого воздуха для производственных целей (м^3) определяется по формуле

$$Q_{\text{возд}} = 1,5 \cdot \sum_{i=1}^m d \cdot K_i \cdot F_{\text{э}} \cdot K_3, \quad (5.22)$$

где 1,5 — коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха в трубопроводах и в местах неплотного их соединения; d — рас-

ход сжатого воздуха при непрерывной работе воздухоприемника, м³/ч; К_и — коэффициент использования воздухоприемника во времени; *m* — число наименований воздухоприемников.

Количество воды для производственных целей можно определить по нормативам, исходя из часового расхода. Например, часовой расход воды на промывку деталей в баках составляет 200 л. Для некоторых производственных целей (для охлаждающих жидкостей) количество воды определяется по формуле

$$Q_B = \frac{q_B \cdot C_{\text{пр}} \cdot F_3 \cdot K_3}{1000}, \quad (5.23)$$

где *q_B* — часовой расход воды на один станок, л.

Типовые задачи с решениями

Задача 5.6.

Мощность установленного по механическому цеху оборудования — 448,2 кВт; средний коэффициент полезного действия электромоторов — η₃ = 0,9; средний коэффициент загрузки оборудования — K₃ = 0,8; средний коэффициент одновременной работы оборудования — K₀ = 0,7; коэффициент полезного действия питающей электрической сети — K_c = 0,96; плановый коэффициент спроса по цеху — η_c = 0,6. Режим работы цеха — двухсменный, по 8 ч. Потери времени на плановые ремонты — 5 %. Определить экономию (перерасход) силовой электроэнергии по цеху за год.

Решение

5.6.1. Расчет эффективного фонда времени оборудования.

Номинальный фонд времени работы оборудования составляет

$$F_H = F_K - F_n = 365 - 111 = 254 \text{ дня},$$

$$F_H = F_H^n \cdot t_{\text{см}} + F_H^{\text{пр}} \cdot t_{\text{см}}^{\text{пр}} = 249 \cdot 8 + 5 \cdot 7 = 2027 \text{ ч},$$

где *F_K*, *F_n*, *F_H^н*, *F_H^{пр}* — соответственно количество календарных, выходных и праздничных, предпраздничных и полных дней (*F_{K = 365; *F_n* = 111; *F_H^н* = 249; *F_H^{пр}* = 5); *t_{см}*, *t_{см}^{пр}* — продолжительность полной и предпраздничной рабочей смены.}*

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме составляет

$$F_e = F_h \cdot K_{п.о} \cdot K_{см} = 2027 \cdot 0,95 \cdot 2 = 3851 \text{ ч},$$

где $K_{п.о}$ — коэффициент, учитывающий потери рабочего времени на плановый ремонт оборудования.

5.6.2. Расчет планового потребления силовой электроэнергии ведется по формуле (5.16) и составляет

$$P_{эл}^{пл} = 448,2 \cdot 0,6 \cdot 3851 = 1\ 035\ 611 \text{ кВт·ч}.$$

5.6.3. Расчет фактического потребления силовой электроэнергии ведется по формуле (5.15) и составляет

$$P_{эл}^{\Phi} = \frac{448,2 \cdot 3851 \cdot 0,8 \cdot 0,7}{0,96 \cdot 0,9} = 1\ 118\ 715 \text{ кВт·ч}.$$

5.6.4. Расчет экономии (перерасхода) силовой электроэнергии. Перерасход силовой электроэнергии составил

$$P = P_{эл}^{\Phi} - P_{эл}^{пл} = 1\ 118\ 715 - 1\ 035\ 611 = 83\ 104 \text{ кВт·ч}.$$

Задача 5.7.

Определить потребность в силовой электроэнергии для участка механического цеха за год на основе следующих данных (табл. 5.4).

Состав оборудования участка

Таблица 5.4

Оборудование	Установленная мощность моторов, кВт	$\cos \phi$ электромоторов	Коэффициент машинного времени работы станков (K_m)
1. Токарно-винторезные	40	0,8	0,7
2. Токарно-револьверные	36	0,7	0,8
3. Вертикально-фрезерные	25	0,8	0,8
4. Горизонтально-фрезерные	15	0,8	0,8
5. Вертикально-сверлильные	20	0,6	0,7
6. Радиально-сверлильные	18	0,6	0,4
7. Круглошлифовальные	20	0,7	0,7
8. Плоскошлифовальные	24	0,8	0,7
9. Шлифовально-полировальные	12	0,6	0,6
10. Зуборезные	18	0,7	0,6

Режим работы участка — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в году — 260. Потери времени на плановые ремонты — 5 %.

Решение

5.7.1. Расчет эффективного фонда времени работы оборудования:

$$F_3 = 260 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,95 = 3952 \text{ ч.}$$

5.7.2. Расчет потребности в силовой электроэнергии за год производится по формуле (5.17) и составляет

$$\begin{aligned} P_{\text{эл}} = & 3952 (40 \cdot 0,8 \cdot 0,7 + 36 \cdot 0,7 \cdot 0,8 + 25 \cdot 0,8 \cdot 0,8 + \\ & + 15 \cdot 0,8 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,6 \cdot 0,7 + 18 \cdot 0,6 \cdot 0,4 + \\ & + 20 \cdot 0,7 \cdot 0,7 + 24 \cdot 0,8 \cdot 0,7 + 12 \cdot 0,6 \cdot 0,6 + \\ & + 18 \cdot 0,7 \cdot 0,6) = 458\,432 \text{ кВт·ч.} \end{aligned}$$

Задача 5.8.

Определить потребность в электроэнергии для освещения механического цеха, если в нем установлено 50 люминесцентных светильников; средняя мощность каждого из них — 100 Вт. Время горения светильников в сутки — 15 ч. Коэффициент одновременного горения светильников — 0,75. Число рабочих дней в месяце — 22.

Решение

5.8.1. Расчет эффективного фонда времени работы светильников:

$$F_3 = 22 \cdot 15 = 330 \text{ ч.}$$

5.8.2. Расчет потребности в электроэнергии производится по формуле (5.19)

$$P_{\text{эл}} = \frac{50 \cdot 100 \cdot 330 \cdot 0,75}{1000} = 1237,5 \text{ кВт·ч.}$$

Задача 5.9.

Определить расход пара на отопление здания механического цеха, имеющего объем $V_3 = 8000 \text{ м}^3$.

Норма расхода пара $q_n = 0,5 \text{ ккал/ч}$ на 1 м^3 здания. Средняя наружная температура за отопительный период — $t_n = -5^\circ\text{C}$.

Внутренняя температура в здании цеха за отопительный период поддерживается на уровне $t_{\text{вн}} = +18^{\circ}\text{C}$. Отопительный период $F_c = 200$ суток.

Решение

5.9.1. Расчет количества часов отопительного периода ведется по формуле и составляет

$$F_q = F_c \cdot K_q = 200 \cdot 24 = 4800 \text{ ч},$$

где K_q — количество часов за сутки.

5.9.2. Расчет разности температур за отопительный период ведется по формуле

$$t_o = t_{\text{вн}} - t_{\text{н}} = [18 - (-5)] = +23^{\circ}\text{C}.$$

5.9.3. Расчет необходимого количества пара за отопительный период ведется по формуле (5.21) и составляет

$$Q_o = \frac{0,5 \cdot 23 \cdot 4800 \cdot 8000}{540 \cdot 1000} = 818 \text{ т.}$$

Задача 5.10.

Определить потребность цеха в сжатом воздухе за месяц, если он используется на 35 станках. Среднечасовой расход сжатого воздуха на одном станке — 10 м^3 . Коэффициент утечки сжатого воздуха — 1,5. Коэффициент использования станков во времени — 0,85, а по мощности — 0,75. Режим работы оборудования цеха — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в месяце — 21. Потери времени на плановые ремонты — 6 %.

Решение

5.10.1. Расчет эффективного фонда времени работы оборудования:

$$F_3 = 21 \cdot 8 \cdot 0,94 \cdot 2 = 316 \text{ ч.}$$

5.10.2. Расчет расхода сжатого воздуха в час всеми воздухо- приемниками:

$$d = 35 \cdot 10 = 350 \text{ м}^3.$$

5.10.3. Расчет потребности цеха в сжатом воздухе за месяц производится по формуле (5.22) и составляет

$$Q_{\text{возд}} = 1,5 \cdot 350 \cdot 0,85 \cdot 316 \cdot 0,75 = 105\ 761 \text{ м}^3.$$

Задача 5.11.

Определить расход воды на приготовление охлаждающей эмульсии для металлорежущего инструмента за год по механическому цеху. Вода используется на 40 станках, ее средний часовой расход на один станок составляет 1,3 л. Средний коэффициент загрузки станков 0,8. Режим работы цеха — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в году — 255. Потери времени на плановые ремонты — 5 %.

Решение

5.11.1. Расчет эффективного фонда времени работы оборудования:

$$F_9 = 255 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,95 = 3876 \text{ ч.}$$

5.11.2. Расчет потребности воды для приготовления охлаждающей эмульсии производится по формуле (5.23):

$$Q_b = \frac{1,3 \cdot 40 \cdot 3876 \cdot 0,8}{1000} = 161,2 \text{ м}^3.$$

5.3. Организация инструментального хозяйства

В этом параграфе приведены задачи по расчету расхода и потребности инструмента, по установлению норм запаса инструмента в местах его хранения.

Методические указания

Расчет расхода режущего инструмента осуществляется по формуле

$$K_p = \frac{N \cdot t_m \cdot n_h}{60 \cdot T_{изн} (1 - R)}, \quad (5.24)$$

где K_p — количество режущего инструмента определенного типоразмера, шт.; N — число деталей, обрабатываемых данным инструментом по годовой программе, шт.; t_m — машинное время

на одну деталеоперацию, мин; n_h — число инструментов, одновременно работающих на станке, шт.; $T_{изн}$ — машинное время работы инструмента до полного износа, ч; R — коэффициент преждевременного износа инструмента (принимается $R = 0,05$).

Машинное время работы инструмента до полного износа определяется по формуле

$$T_{изн} = \left(\frac{L}{l} + 1 \right) t_{ст}, \quad (5.25)$$

где L — допустимая величина стачивания рабочей части инструмента при заточках, мм; l — средняя величина снимаемого слоя при каждой заточке, мм; $t_{ст}$ — стойкость инструмента, т.е. машинное время его работы между двумя переточками, ч.

Расход инструмента может быть установлен на основе нормы расхода на какую-либо расчетную единицу (например, на 1000 деталей):

$$K_p = \frac{N \cdot H_p}{n_p}, \quad (5.26)$$

где H_p — норма расхода инструмента на расчетную единицу; n_p — количество деталей, принятые за расчетную единицу, шт.

В единичном и мелкосерийном производствах расход инструмента может быть определен по формуле

$$K_p = \frac{F_e \cdot K_{м.вр} \cdot K_{уч}}{T_{изн} (1 - R)}, \quad (5.27)$$

где $K_{м.вр}$ — коэффициент машинного времени; $K_{уч}$ — коэффициент участия данного инструмента в обработке деталей.

Расчет потребности в мерительном инструменте производится по формуле

$$K_m = \frac{N \cdot a_b \cdot n_{в.к}}{n_{пр.и} (1 - R)}, \quad (5.28)$$

где a_b — количество измерений на одну деталь; $n_{в.к}$ — выборочность контроля (в десятичных долях); $n_{пр.и}$ — количество измерений, выдерживаемых данным инструментом до полного износа.

Для калибров и скоб норма износа определяется по формуле

$$n_{\text{пр. и}} = v \cdot a_g \cdot B \cdot a_p, \quad (5.29)$$

где v — коэффициент допустимого средневероятного износа мерителя (около 0,7); a_g — величина допустимого износа мерителя по ГОСТ, мкм; B — норма стойкости мерителя (число измерений на 1 мкм износа мерителя); a_p — допустимое число ремонтов мерителя до полного износа ($a_p = 2$).

Расчет потребности матриц штампа производится по формуле

$$K_{\text{ш}} = \frac{N}{n_{\text{ш}}}, \quad (5.30)$$

где $n_{\text{ш}}$ — норма износа матрицы штампа, рассчитываемая по формуле

$$n_{\text{ш}} = \left(\frac{L}{l} + 1 \right) U \cdot K_{\text{ст}}, \quad (5.31)$$

где L — величина допустимого стачивания матрицы, мм; l — средний слой металла, снимаемого при переточке, мм; U — количество ударов между двумя переточками; $K_{\text{ст}}$ — коэффициент, учитывающий снижение стойкости штампа после переточки.

Размер цехового оборотного фонда инструмента определяется по формуле

$$Z_{\text{ц}} = Z_{\text{п.м}} + Z_{\text{п.з}} + Z_{\text{к}}, \quad (5.32)$$

где $Z_{\text{п.м}}$ — количество инструмента, находящегося на рабочих местах, шт.; $Z_{\text{п.з}}$ — количество режущего инструмента, находящегося в заточке и восстановлении, шт.; $Z_{\text{к}}$ — количество режущего инструмента, находящегося в инструментально-раздаточных кладовых, шт.

Количество инструмента на рабочих местах при его периодической подаче определяется по формуле

$$Z_{\text{п.м}} = \frac{T_m}{T_c} C_{\text{пр}} \cdot n_{\text{н}} + C_{\text{пр}} (1 + K_3), \quad (5.33)$$

где T_m — периодичность подачи инструмента к рабочим местам, ч; T_c — периодичность смены инструмента на станке, ч;

n_h — количество инструментов, одновременно применяемых на одном рабочем месте; K_3 — коэффициент резервного запаса инструмента на каждом рабочем месте (величина K_3 на однорезцовых станках равна 1, а на многорезцовых — 2–4).

Периодичность смены инструмента определяется по формуле

$$T_c = \frac{t_{шт}}{t_m} \cdot t_{ст}, \quad (5.34)$$

где $t_{шт}$ — штучное время на операцию, мин; t_m — машинное время на операцию, мин.

Количество инструмента, находящегося в заточке, определяется по формуле

$$Z_{p.3} = \frac{T_3}{T_m} C_{пр} \cdot n_h, \quad (5.35)$$

где T_3 — время от поступления инструмента с рабочего места в инструментально-раздаточную кладовую до возвращения его из заточки, ч (для простого инструмента $T_3=8$ ч, а для сложного — 16 ч).

Количество режущего инструмента, находящегося в запасе в инструментально-раздаточной кладовой, определяется по формуле

$$Z_k = Q_p \cdot t_h (1 + K_3), \quad (5.36)$$

где Q_p — среднесуточный расход инструмента за период между очередными его поступлениями из центрального инструментального склада, шт. ($Q_p = K_p : 360$); t_h — периодичность поставки инструмента из центрального инструментального склада в инструментально-раздаточную кладовую цеха (как правило, поставки производятся 2 раза в месяц, т.е. $t_h = 15$ дн.); K_3 — коэффициент резервного (страхового) запаса инструмента в инструментально-раздаточной кладовой (принимается $K_3 = 0,1$).

Норма запаса инструмента на центральном инструментальном складе устанавливается в соответствии с системой «минимум-максимум» (рис. 5.1).

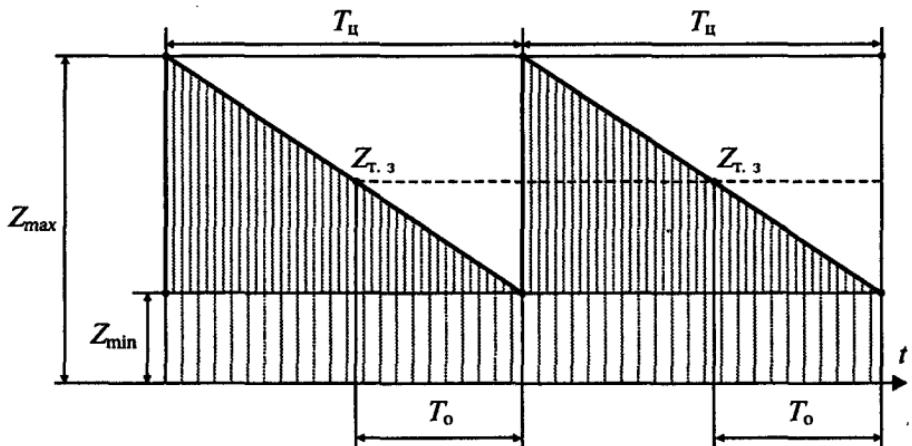


Рис. 5.1. График изменения запаса инструмента в ЦИС по системе «минимум-максимум»

По системе «минимум-максимум» создается три нормы запаса:

1) минимальная норма запаса (Z_{\min}) создается на случай задержки исполнения заказа на изготовление инструмента или перерасхода его цехами (по практическим данным в зависимости от величины расхода инструмента):

$$Z_{\min} = Z_{\text{стр}}; \quad (5.37)$$

2) норма запаса, соответствующая точке заказа, при которой выдается заказ на изготовление или приобретение очередной партии инструмента:

$$Z_{т.з} = Z_{\min} + T_0 \cdot Q_p, \quad (5.38)$$

где T_0 — период времени между моментом выдачи заказа и поступлением инструмента на центральный инструментальный склад, дни; Q_p — среднедневной расход инструмента за период исполнения заказа;

3) максимальная норма запаса (Z_{\max}) достигается в момент поступления заказа инструмента, определяется по формуле

$$Z_{\max} = Z_{\min} + T_{ц} \cdot Q_p, \quad (5.39)$$

где $T_{ц}$ — время между двумя поступлениями партий инструмента (длительность цикла), дни.

Типовая задача с решением

Задача 5.12.

Годовая программа обрабатываемых ступенчатых шлицевых валиков — $N = 500\ 000$ шт. Режим работы цеха — двухсменный. Эффективный фонд работы оборудования в одну смену — $F_3 = 1975$ ч. Материал заготовки — сталь 20Х. Технологический процесс механической обработки валиков представлен в табл. 5.5.

Определить необходимое количество режущего и мерительного инструмента на годовую программу. Произвести расчет цехового фонда режущего инструмента.

Решение

5.12.1. Расчет машинного времени работы инструмента до полного его износа производится по формуле (5.25). Подставляем в эту формулу соответствующие данные из табл. 5.6, колонки 2–5, по первому резцу и получаем:

$$T_{\text{изн1}} = \left(\frac{5,1}{0,7} + 1 \right) 2,4 = 19 \text{ ч.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам режущего инструмента, результаты сводятся в табл. 5.6, колонка 6.

5.12.2. Расчет потребного количества режущего инструмента производится по формуле (5.24). Подставляем в эту формулу соответствующие значения из табл. 5.7, колонки 1–4, по проходным резцам черновой обработки и получаем:

$$K_{p1} = \frac{500\ 000 \cdot 1,85 \cdot 3}{19(1 - 0,05) 60} = 2562 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам режущего инструмента, результаты сводятся в табл. 5.7, колонка 5.

5.12.3. Расчет нормы износа для скоб и проходных калибров производится по формуле (5.29). Подставляем в эту формулу соответствующие значения из табл. 5.8, колонки 1–3, по скобе 87^{-0,5} и получаем:

$$n_{\text{пр. и}} = 0,7 \cdot 10 \cdot 2630 \cdot 2 = 36\ 820.$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам и типоразмерам мерительного инструмента, результаты сводятся в табл. 5.8, колонка 4.

Таблица 5.5

Технологический процесс механической обработки валиков

Номер операции	Содержание операции	Оборудование	Инструменты	Время, мин	
		рекущий	мерительный	t_m	$t_{шт}$
1	1 Обточить начерно: передний суппорт — наружный диаметр с 90 до 87, с 75 до 72 и с 60 до 57 мм задний суппорт — подрезать торцы с 90 до 57, с 72 до 25 и с 57 до 25 мм	Токарный многогрэзочный станок То же	Резцы проходные черновые 16 × 25 (3 шт.) Резцы подрезные черновые 16 × 25 (4 шт.)	Скобы 87 ^{-0,5} , 72 ^{-0,5} , 57 ^{-0,5} , Скоба 152 ^{-0,5}	1,85 1,96 3,48
2	Обточить начисто: передний суппорт — наружный диаметр с 87 до 85, с 72 до 70 и с 57 до 55 мм задний суппорт — подрезать торцы с 85 до 55, с 85 до 70, с 72 до 25, с 55 до 25 мм	То же	Резцы проходные чистовые (3 шт.) Резцы подрезные чистые 16 × 25 (4 шт.)	Скобы 85 ^{-0,2} , 70 ^{-0,2} , 55 ^{-0,2} , Скоба 150 ^{-0,2}	1,43 1,35 2,53
3	Шлифовать ступень диаметром 85 мм	Круглошлифовальный станок	Шлифовальный круг	Скоба 85 ^{-0,1}	1,82 2,64
4	Фрезеровать шлицы на ступени диаметром 85 мм	Фрезерный станок	Фреза черновая 90 мм	Проходной калибр	7,38 12,42

Таблица 5.6

*Расчет времени работы инструмента до полного износа
по всем тиноразмерам*

Наименование инструмента	L , мм	l , мм	$\frac{L}{l} + 1$	t_{ct} , ч	$T_{изн}$, ч
1	2	3	4	5	6
1. Резец проходной черновой	5,1	0,7	8	2,4	19
2. Резец подрезной черновой	2,8	0,4	8	2,4	19
3. Резец проходной чистовой	5,1	0,7	8	2,4	19
4. Резец подрезной чистовой	2,8	0,4	8	2,4	19
5. Шлифовальный круг	25	1,0	26	1,0	26
6. Фреза червячная	7,3	0,6	13	4,0	52

Таблица 5.7

*Расчет потребности режущего инструмента
по всем тиноразмерам*

Инструмент	$T_{изн}$, ч	t_m , мин	n_p , шт.	K_p , шт.
1	2	3	4	5
1. Резец проходной черновой	19	1,85	3	2562
2. Резец подрезной черновой	19	1,96	4	3619
3. Резец проходной чистовой	19	1,43	3	1980
4. Резец подрезной чистовой	19	1,35	4	2249
5. Шлифовальный круг	26	1,82	1	614
6. Фреза червячная	52	7,38	1	1245

Таблица 5.8

Расчет норм износа мерительного инструмента

Мерительный инструмент	a_d , мкм	B	$n_{пр.и}$
1	2	3	4
1. Скобы	10	2630	36 820
2. Калибры проходные для шлицов	12	900	15 120

Примечание. Нормативы износа инструмента берутся из справочников.

5.12.4. Расчет потребности в мерительном инструменте производится по формуле (5.28). Подставляем в эту формулу соответствующие данные из табл. 5.9, колонки 1–4, по скобе $87^{-0,5}$ и получаем:

$$K_m = \frac{500\,000 \cdot 5 \cdot 0,3}{36\,820(1 - 0,05)} = 22 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам и типоразмерам мерительного инструмента, результаты сводятся в табл. 5.9, колонка 5.

Таблица 5.9

*Расчет потребного количества мерительного инструмента
по каждому типоразмеру*

Мерительный инструмент	$a_{\text{в}}$, шт.	$n_{\text{вк}}$	$n_{\text{пр.и.}}$, шт.	K_m , шт.
1	2	3	4	5
1. Скобы:				
$87^{-0,5}$	5	0,3	36 820	22
$72^{-0,5}$	4	0,2	36 820	12
$57^{-0,5}$	3	0,2	36 820	9
$152^{-0,5}$	2	0,1	36 820	4
$85^{-0,2}$	4	0,3	36 820	17
$70^{-0,2}$	5	0,2	36 820	14
$55^{-0,2}$	4	0,2	36 820	12
$150^{-0,2}$	2	0,1	36 820	4
$85^{-0,1}$	4	0,5	36 820	28
2. Калибры проходные для шлицов	1	0,7	15 120	24

5.12.5. Расчет количества рабочих мест на каждой i -й операции производится по формуле (4.6). Подставляем в эту формулу соответствующие данные из табл. 5.10, колонки 1–4, по первой операции (обточить начерно, передний суппорт) и получаем:

$$C_{\text{пр}} = \frac{N \cdot t_{\text{шт}}}{F_3 \cdot K_{\text{см}} \cdot 60} = \frac{500\,000 \cdot 3,64}{1975 \cdot 2 \cdot 60} = 8 \text{ ед.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим операциям, результаты сводятся в табл. 5.10, колонка 5.

Таблица 5.10

Расчет количества рабочих мест

Номер операции	Содержание операции	Оборудование	Оперативное время ($t_{шт}$), мин	Количество рабочих мест
1	2	3	4	5
1	Обточить начерно: передний суппорт задний суппорт	Токарный многорезцо- вый станок	3,64 3,48	8 7
2	Обточить начисто: передний суппорт задний суппорт	То же	2,47 2,53	5 6
3	Шлифовать ступень диаметром 85 мм	Круглошли- фовальный станок	2,64	6
4	Фрезеровать шлицы на ступени диамет- ром 85 мм	Фрезерный станок	12,42	26
Итого				58

5.12.6. Расчет периодичности съема инструмента со станка производится по формуле (5.34). Подставляем в эту формулу соответствующие данные по резцам проходным черновым на первой операции из табл. 5.11, колонки 1–5, и получаем:

$$T_{c1} = \frac{3,64}{1,85} \cdot 2,4 = 4,7 \approx 5 \text{ ч.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам инструментов, результаты сводятся в табл. 5.11, колонка 6.

Таблица 5.11

Расчет периодичности съема инструментов со станков

Инструмент	T_m , ч	$t_{шт}$, мин	t_m , мин	$t_{ст}$, ч	T_c , ч
1	2	3	4	5	6
1. Резцы проходные черновые	8	3,64	1,85	2,4	5,0
2. Резцы проходные чистовые	4	2,47	1,43	2,4	4,0
3. Резцы подрезные черновые	8	3,48	1,96	2,2	4,0

1	2	3	4	5	6
4. Резцы подрезные чистовые	4	2,53	1,35	2,4	5,0
5. Круги шлифовальные	4	2,64	1,82	1,0	2,0
6. Фрезы червячные шлицевые	8	12,42	7,38	4,0	7,0

5.12.7. Расчет количества инструмента, находящегося на рабочих местах, производится по формуле (5.33). Подставляем в эту формулу соответствующие данные из табл. 5.12, колонки 1–7, по резцам проходным черновым на первой операции и получаем:

$$Z_{p.m1} = \frac{8}{5} \cdot 3 \cdot 8 + 8(1+2) = 62 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам инструментов, результаты сводятся в табл. 5.12, колонка 8.

Таблица 5.12
Расчет количества инструмента на рабочих местах

Инструмент	T_m , ч	T_c , ч	C_{pr} , шт.	n_h , шт.	$n_h \cdot C_{pr}$, шт.	$1+K_3$	$Z_{p.m}$, шт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Резцы проходные черновые	8	5	8	3	24	3	62
2. Резцы проходные чистовые	4	4	5	3	15	4	35
3. Резцы подрезные черновые	8	4	7	4	28	3	77
4. Резцы подрезные чистовые	4	5	6	4	24	4	43
5. Круги шлифовальные	4	2	6	1	6	2	24
6. Фрезы червячные шлицевые	8	7	26	1	26	2	82

5.12.8. Расчет количества инструмента, находящегося в ремонте, заточке, проверке, определяется по формуле (5.35). Подставляем в эту формулу данные из табл. 5.13, колонки 1–5, для всех видов инструмента, цикл заточки которых равен 8 ч, а для фрезы — 16 ч:

$$Z_{p.31} = \frac{T_3}{T_m} C_{pr} \cdot n_h = \frac{8}{8} \cdot 8 \cdot 3 = 24 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам инструментов, результаты сводятся в табл. 5.13, колонка 6.

Таблица 5.13
Расчет количества инструмента в заточке, ремонте, проверке

Инструмент	T_3 , ч	T_m , ч	C_{pr} , шт.	n_h , шт.	$Z_{p,3}$, шт.
1	2	3	4	5	6
1. Резцы проходные черновые	8	8	8	3	24
2. Резцы проходные чистовые	8	4	5	3	30
3. Резцы подрезные черновые	8	8	7	4	28
4. Резцы подрезные чистовые	8	4	6	4	48
5. Круги шлифовальные	8	4	6	1	12
6. Фрезы червячные шлицевые	16	8	26	1	52

5.12.9. Расчет количества инструмента, находящегося в инструментально-раздаточной кладовой, производится по формуле (5.36). Подставляем в эту формулу соответствующие данные из табл. 5.14, колонки 1–4, по резцам проходным черновым и получаем:

$$Z_{k1} = \frac{2562}{360} \cdot 15(1 + 0,1) = 118 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам инструментов, результаты сводятся в табл. 5.14, колонка 5.

Таблица 5.14
Расчет количества инструмента
в инструментально-раздаточной кладовой

Инструмент	Q_p , шт.	t_n , дн.	$1 + K_3$	Z_k , шт.
1	2	3	4	5
1. Резцы проходные черновые	7,1	15	1,1	118
2. Резцы проходные чистовые	5,5	15	1,1	91
3. Резцы подрезные черновые	10,0	15	1,1	165
4. Резцы подрезные чистовые	6,2	15	1,1	102
5. Круги шлифовальные	1,7	15	1,1	28
6. Фрезы червячные шлицевые	3,5	15	1,1	58

5.12.10. Расчет цехового оборотного фонда режущего инструмента производится по формуле (5.32). Подставляем в эту фор-

мулу соответствующие данные по резцам проходным черновым и получаем:

$$Z_{\text{ц1}} = Z_{\text{р.м}} + Z_{\text{р.з}} + Z_{\text{к}} = 62 + 24 + 118 = 204 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам инструментов, результаты сводятся в табл. 5.15, колонка 5.

Таблица 5.15
Расчет цехового оборотного запаса инструмента

Инструмент	$Z_{\text{р.м}}$, шт.	$Z_{\text{р.з}}$, шт.	$Z_{\text{к}}$, шт.	$Z_{\text{ц}}$, шт.
1	2	3	4	5
1. Резцы проходные черновые	62	24	118	204
2. Резцы проходные чистовые	35	30	91	156
3. Резцы подрезные черновые	77	28	165	270
4. Резцы подрезные чистовые	43	48	102	193
5. Круги шлифовальные	24	12	28	64
6. Фрезы червячные шлицевые	82	52	58	192

5.4. Организация транспортного хозяйства

В этом параграфе приведены задачи по расчету необходимого количества транспортных средств, используемых внутри и между цехами предприятия, а также их технико-экономических показателей.

Методические указания

Схема маршрутов межцеховых перевозок устанавливается на основе шахматной ведомости, которая дает наглядную картину грузооборота и служит основой для расчета количества транспортных средств (табл. 5.16).

На предприятиях, как известно, используются различные схемы маршрутов: маятниковые односторонние, двусторонние, смешанные, маятниковые центробежные и центростремительные, кольцевые маршруты. В зависимости от выбранной схемы маршрута определяется и количество транспортных средств.

Число транспортных средств прерывного действия (автомобилей, авто- и электрокаров, робоэлектрокаров и т.д.), необходимых для межцеховых перевозок, может быть определено по одной из следующих формул.

Таблица 5.1

Шахматная ведомость грузонотоков, т

Куда Откуда \	Стан- ция ж/д	Станция заводская	Цех № 1	Цех № 2	Цех № 3	Отвал (отходы)	Итого
Станция ж/д	—	10 000	—	—	—	—	10 000
Станция заводская	7500	—	2000	8000	—	—	17 500
Цех № 1	—	—	—	1500	—	500	2000
Цех № 2	—	—	—	—	7500	2000	9500
Цех № 3	—	7500	—	—	—	—	7500
Отвал (отходы)	2500	—	—	—	—	—	2500
И т о г о поступит	10 000	17 500	2000	9500	7500	2500	49 000

Для маятниковых перевозок:

а) односторонний маршрут движения

$$K_{t.c} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_{штj}}{q \cdot K_{ис} \cdot F_3 \cdot K_{см} \cdot 60 \left(\frac{2L}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right)}, \quad (5.40)$$

где N_j — количество изделий j -го типоразмера (наименования), перевозимых в течение расчетного периода, шт.; $Q_{штj}$ — вес единицы j -го типоразмера изделия, кг; q — грузоподъемность единицы транспортных средств, кг; $K_{ис}$ — коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства; F_3 — эффективный фонд времени работы единицы транспортного средства, для односменного режима, ч; $K_{см}$ — число рабочих смен в сутки; L — расстояние между двумя пунктами маршрута, м; V_{cp} — средняя скорость движения транспортного средства, м/мин; t_3 и t_p — соответственно время на одну погрузочную и разгрузочную операции за каждый рейс, мин; H — номенклатура транспортируемых изделий;

б) двусторонний маршрут движения

$$K_{t.c} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_{штj}}{q \cdot K_{ис} \cdot F_3 \cdot K_{см} \cdot 60 \left[\frac{2L}{V_{cp}} + 2(t_3 + t_p) \right]}. \quad (5.41)$$

Для кольцевых перевозок:

а) с нарастающим грузопотоком

$$K_{t.c} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_{штj}}{q \cdot K_{ис} \cdot F_3 \cdot K_{см} \cdot 60} \left(\frac{L'}{V_{cp}} + k_{нр} \cdot t_3 + t_p \right), \quad (5.42)$$

где $k_{нр}$ — число погрузочно-разгрузочных пунктов; L' — длина всего кольцевого маршрута, м;

б) с затухающим грузопотоком

$$K_{t.c} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_{штj}}{q \cdot K_{ис} \cdot F_3 \cdot K_{см} \cdot 60} \left(\frac{L'}{V_{cp}} + t_3 + k_{нр} \cdot t_p \right); \quad (5.43)$$

в) с равномерным грузопотоком

$$K_{t.c} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j \cdot Q_{штj}}{q \cdot K_{ис} \cdot F_3 \cdot K_{см} \cdot 60} \left(\frac{L'}{V_{cp}} + k_{нр} (t_3 + t_p) \right). \quad (5.44)$$

Количество груза, перевозимого за смену, определяется по формуле

$$Q_{см} = \frac{Q_r}{\Delta_p \cdot K_{см} \cdot K_h}, \quad (5.45)$$

где Q_r — годовой грузооборот на данном маршруте, кг (т); Δ_p — число рабочих дней в году; $K_{см}$ — число смен в сутки; K_h — коэффициент неравномерности перевозок (принимается $K_h = 0,85$).

Время пробега транспортного средства по заданному маршруту определяется по формуле

$$T_{проб} = \frac{L}{V_{cp}}. \quad (5.46)$$

Расчет времени, затрачиваемого транспортным средством при прохождении одного рейса, производится по формуле

$$T_p = 2 T_{проб} + t_3 + t_p. \quad (5.47)$$

Расчет количества рейсов, совершаемых единицей транспортного средства за сутки, производится по формуле

$$P = \frac{t_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}}{T_p}, \quad (5.48)$$

где $K_{\text{в}}$ — коэффициент использования фонда времени работы транспортного средства.

Производительность одного рейса определяется по формуле

$$\Pi = \frac{Q_{\text{см}}}{P}. \quad (5.49)$$

Количество конвейеров (транспортеров) определяется по одной из следующих формул:

а) для штучных грузов (изделий, деталей и т.д.)

$$K_{\text{ш}} = \frac{Q_c \cdot l_o}{3,6 \cdot Q_{\text{шт}} \cdot V \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (5.50)$$

где Q_c — суммарный транспортируемый груз в течение суток, кг; l_o — шаг конвейера (расстояние между двумя изделиями), м; $Q_{\text{шт}}$ — масса (вес) одного транспортируемого изделия, кг; 3,6 — постоянный коэффициент; V — скорость движения конвейера, м/с;

б) для сыпучих грузов

$$K_c = \frac{Q_c}{3,6 \cdot q_n \cdot V \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (5.51)$$

где q_n — нагрузка (груз) на 1 м² транспортера, кг.

Количество грузовых крюков на подвесном конвейере рассчитывается по формуле

$$A_k = \frac{N_c \cdot L_p}{n \cdot V \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}}, \quad (5.52)$$

где N_c — количество транспортируемых изделий в течение суток, шт.; L_p — длина рабочей части конвейера, м; n — количество изделий, навешиваемых на один крюк, шт.

Расчет количества электрокранов проводится по формуле

$$K_{\text{ЭК}} = \frac{T_p \cdot N_c}{t_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}}. \quad (5.53)$$

Потребное количество электро- и автокаров для внутрицеховых перевозок определяется укрупненно по формуле

$$K_{\text{т.с}} = \frac{Q_{\text{см}}(k_{\text{п}} + 1)}{q \cdot K_{\text{ис}} \cdot t_{\text{см}} \cdot K_{\text{в}}} \left(\frac{2L}{V} + t_3 + t_p \right), \quad (5.54)$$

где $k_{\text{п}} + 1$ — среднее число передач партии деталей между операциями на склад и со склада за смену.

Часовая производительность конвейера рассчитывается по одной из следующих формул:

а) при перемещении сыпучих грузов

$$q_{\text{ч}} = 3,6 \cdot q_{\text{м}} \cdot V, \quad (5.55)$$

где $q_{\text{м}}$ — нагрузка на 1 м длины конвейера, кг;

б) при перемещении штучных грузов на подвесном круговом конвейере

$$q_{\text{ч}} = 3,6 \cdot Q_{\text{шт}} \cdot \frac{V}{l_o}; \quad (5.56)$$

в) при перемещении штучных грузов в специальной таре по p штук на поточной линии цеха

$$q_{\text{ч}} = 3,6 \cdot Q_{\text{шт}} \cdot p \cdot \frac{V}{l_o}, \quad (5.57)$$

где p — величина транспортной партии, шт.

Типовые задачи с решениями

Задача 5.13.

Согласно шахматной ведомости (табл. 5.16), на завод со станцией железной дороги необходимо перевести 10 000 т груза. Расстояние от железнодорожной станции до завода 5,6 км. Для перевозки груза будут использованы пятитонные автомашины. Скорость движения автомашины — 42 км/ч. Время погрузки — 40 мин, время разгрузки — 25 мин. Количество рабочих дней в году — 255. Режим работы — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Потери времени на плановые ремонты автомашин — 6 %. Коэффициент использования грузоподъемности автомашины — 0,8.

Определить время пробега автомашины по заданному маршруту, длительность рейса, необходимое количество транспорт-

ных средств и коэффициент их загрузки, количество рейсов в сутки и производительность одного рейса.

Решение

5.13.1. Расчет времени пробега автомобиля в одну сторону производится по формуле (5.46) и составляет

$$T_{\text{проб}} = \frac{5,6}{42} = \frac{5600 \cdot 60}{42000} = 8 \text{ мин.}$$

5.13.2. Расчет длительности одного рейса производится по формуле (5.47) и составляет

$$T_p = 2 \cdot 8 + 40 + 25 = 81 \text{ мин.}$$

5.13.3. Расчет эффективного фонда времени работы единицы транспортного средства, в часах:

$$F_3 = 255 \cdot 8 \cdot 0,96 = 1958 \text{ ч.}$$

5.13.4. Расчет необходимого количества автомашин производится по формуле (5.40) и составляет

$$\begin{aligned} K_{\text{т.с}} &= \frac{10000}{5 \cdot 0,8 \cdot 1958 \cdot 2 \cdot 60} \left(\frac{5600 \cdot 60 \cdot 2}{42000} + 40 + 25 \right) = \\ &= \frac{10000 \cdot 81}{940032} = 0,81 \text{ (принимаем 1 машину).} \end{aligned}$$

5.13.5. Расчет количества рейсов, совершаемых транспортными средствами за сутки, ведется по формуле (5.48) и составляет

$$P = \frac{8 \cdot 2 \cdot 0,94 \cdot 60}{81} = 11 \text{ рейсов.}$$

5.13.6. Расчет количества груза, перевозимого за одни сутки, производится по формуле (5.45) и составляет

$$Q_{\text{см}} = \frac{10000}{255 \cdot 0,85} = 46 \text{ т.}$$

5.13.7. Расчет производительности одного рейса производится по формуле (5.49) и составляет

$$\Pi = \frac{46}{11} = 4,2 \text{ т/рейс.}$$

5.13.8. Расчет коэффициента загрузки транспортных средств производится по следующей формуле и составляет

$$K_3 = \frac{K_p}{K_{пр}} = \frac{0,81}{1} = 0,81. \quad (5.58)$$

Задача 5.14.

Суточный грузооборот двух цехов составляет $Q = 14$ т. Маршрут пробега автобуса двусторонний. Средняя скорость движения автобуса по маршруту $V = 60$ м/мин. Грузоподъемность автобуса $q = 1$ т. Расстояние между цехами $L = 300$ м. Время погрузки-разгрузки автобуса в первом цехе $t_1 = 16$ мин, во втором $t_2 = 18$ мин. Коэффициент использования грузоподъемности автобуса $K_{ис. г} = 0,8$; коэффициент использования времени работы автобуса $K_{ис. в} = 0,85$. Режим работы автобуса двухсменный.

Определить необходимое количество автобусов и производительность автобуса за один рейс.

Решение

5.14.1. Расчет времени пробега автобуса по маршруту в одну сторону ведется по формуле (5.46) и составляет

$$T_{проб} = \frac{300}{60} = 5 \text{ мин.}$$

5.14.2. Расчет длительности одного рейса в минутах ведется по формуле (5.47) и составляет

$$T_p = 2T_{проб} + t_1 + t_2 = 2 \cdot 5 + 16 + 18 = 44 \text{ мин.}$$

5.14.3. Расчет необходимого количества транспортных средств ведется по формуле (5.41) и составляет

$$K_{т.с} = \frac{14}{1 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 2 \cdot 60} \left(\frac{2 \cdot 300}{60} + 16 + 18 \right) = 0,94 \text{ (принимаем 1 автобус).}$$

5.14.4. Расчет количества рейсов, совершаемых транспортными средствами за сутки, ведется по формуле (5.48) и составляет

$$P = \frac{480 \cdot 2 \cdot 0,85}{44} = 18,5 \text{ (принимаем 19 рейсов).}$$

5.14.5. Расчет производительности одного рейса ведется по формуле (5.49) и составляет

$$\Pi = \frac{14}{19} = 0,74 \text{ т/рейс.}$$

Задача 5.15.

Ежедневный завоз 10 т металлов из центрального склада завода в пять цехов производится электрокаром грузоподъемностью 1 т. Маршрут кольцевой с затухающим грузопотоком, его длина составляет 1000 м. Скорость движения электротранспорта — 40 м/мин. Погрузка каждого электротранспорта на складе 10 мин, разгрузка в каждом цехе 5 мин (в среднем). Склад работает в одну смену. Коэффициент использования времени работы электротранспорта — 0,85, средний коэффициент использования номинальной грузоподъемности — 0,8.

Определить необходимое количество электротранспорта, средний коэффициент их загрузки и количество рейсов за смену.

Решение

5.15.1. Расчет необходимого количества электротранспорта производится по формуле (5.43) и составляет

$$K_{т.с} = \frac{10}{1 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 60} \left(\frac{1000}{40} + 10 + 5 \cdot 5 \right) = 1,84 \text{ (принимаем}$$

2 электротранспорта).

5.15.2. Расчет коэффициента загрузки транспортных средств производится по формуле (5.58) и составляет

$$K_3 = \frac{1,84}{2} = 0,92.$$

5.15.3. Расчет количества рейсов за смену производится по формулам (5.46)–(5.48) и составляет

$$P = \frac{8 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 0,85}{1000/40 + 10 + 5 \cdot 5} \approx 7 \text{ рейсов.}$$

Задача 5.16.

Доставка деталей из литейного, механообрабатывающего и термического цехов в сборочный осуществляется электротранспортом номинальной грузоподъемностью 1 т. Суточный грузооборот составляет 15 т. Маршрут кольцевой с возрастающим грузопотоком составляет 1200 м. Скорость движения электротранспорта — 40 м/мин.

Погрузка в каждом из цехов в среднем составляет 5 мин, а разгрузка в сборочном цехе — 15 мин. Режим работы цехов — двухсменный. Коэффициент использования номинальной грузоподъемности — 0,8, а коэффициент использования времени работы электрокара — 0,85.

Определить необходимое количество транспортных средств, коэффициент их загрузки и количество рейсов за сутки.

Решение

5.16.1. Расчет необходимого количества электрокаров производится по формуле (5.42) и составляет

$$K_{t.c} = \frac{15}{1 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 2 \cdot 60} \left(\frac{1200}{40} + 3 \cdot 5 + 15 \right) = 1,38 \text{ (принимаем 2 электрокара).}$$

5.16.2. Расчет коэффициента загрузки оборудования производится по формуле (5.58) и составляет

$$K_3 = \frac{1,38}{2} = 0,69.$$

5.16.3. Расчет количества рейсов за сутки производится по формулам (5.46)–(5.48) и составляет

$$P = \frac{8 \cdot 2 \cdot 0,85 \cdot 60}{1200/40 + 3 \cdot 5 + 15} = 14 \text{ рейсов.}$$

Задача 5.17.

Электромостовой кран механизированного цеха за смену транспортирует 28 изделий. На погрузку и разгрузку одного изделия требуется 10 мин. Кран двигается со скоростью 30 м/мин. Продолжительность трассы крана — 80 м. Коэффициент использования фонда времени работы крана — 0,9. Продолжительность рабочей смены — 8 ч.

Определить необходимое количество кранов и коэффициент их загрузки.

Решение

5.17.1. Расчет времени одного рейса производится по формулам (5.46) и (5.47) и составляет

$$T_p = \frac{2 \cdot 80}{30} + 10 = 15,3 \text{ мин.}$$

5.17.2. Расчет необходимого количества кранов производится по формуле (5.53) и составляет

$$K_{\text{эк}} = \frac{15,3 \cdot 28}{8 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,99 \text{ (принимаем 1 электрокран).}$$

5.17.3. Расчет коэффициента загрузки крана ведется по формуле (5.58)

$$K_{3,\text{эк}} = \frac{0,99}{1} = 0,99.$$

Задача 5.18.

Подача деталей на сборку осуществляется напольным конвейером. Суточный грузопоток составляет 36,2 т при весе одной детали (в среднем) — 2 кг. Шаг конвейера — 0,75 м. Конвейер движется со скоростью 0,25 м/с. Режим работы цеха — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Потери рабочего времени на плановые ремонты — 5 %.

Определить необходимое количество конвейеров и их часовую производительность.

Решение

5.18.1. Расчет необходимого количества конвейеров ведется по формуле (5.50) и составляет

$$K_{\text{ш}} = \frac{36,2 \cdot 0,75}{3,6 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,95} = 0,99 \text{ (принимаем 1 конвейер).}$$

5.18.2. Расчет часовой производительности конвейера производится по формуле (5.57) и составляет

$$q_{\text{ц}} = 3,6 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \frac{0,25}{0,75} = 2,4 \text{ т.}$$

Задача 5.19.

Подвесной транспортный конвейер подает ежесменно для механообработки 432 заготовки. Вес одной заготовки (в среднем) — 5 кг. Движется конвейер со скоростью 3 м/мин. Длина рабочей ветви конвейера — 78 м. На каждый грузовой крюк навешивается по две заготовки. Режим работы — односменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Коэффициент использования фонда времени работы конвейера — 0,9.

Определить количество грузовых крюков конвейера, шаг конвейера и часовую производительность.

Решение

5.19.1. Расчет количества грузовых крюков на конвейере производится по формуле (5.52) и составляет

$$A_k = \frac{432 \cdot 78}{2 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 60} = 13 \text{ крюков.}$$

5.19.2. Расчет такта поточной линии производится по формуле (3.4):

$$r = \frac{8 \cdot 60 \cdot 0,9}{432} = 1 \text{ мин/шт.}$$

5.19.3. Расчет ритма поточной линии производится по формуле (3.5):

$$R = 1 \cdot 2 = 2 \text{ мин/партию.}$$

5.19.4. Расчет шага конвейера производится исходя из формулы (3.15):

$$l_0 = V \cdot R = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м.}$$

5.19.5. Расчет часовой производительности конвейера производится по формуле

$$q_{\text{ч}} = Q_{\text{шт}} \cdot p \cdot \frac{V \cdot 60}{l_0} = 5 \cdot 2 \cdot \frac{3 \cdot 60}{6} = 300 \text{ кг/ч,}$$

где p — количество изделий, навешиваемых на один крюк, шт., или

$$q_{\text{ч}} = \frac{1 \cdot 60}{r} \cdot Q_{\text{шт}} = 60 \cdot 5 = 300 \text{ кг/ч,}$$

$$p_{\text{ч}} = \frac{1}{r} \cdot 60 = 60 \text{ шт/ч.}$$

Задачи для решения

Задача 5.20.

Суточный выпуск деталей на механическом участке составляет 80 шт. Каждая деталь транспортируется электромостовым краном на расстояние 75 м. Скорость движения крана — 40 м/мин. Вес одной детали — 30 кг. На каждую деталь при ее погрузке и разгрузке приходится по 4 операции длительностью по 3 мин каждая.

Режим работы участка — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Время, затрачиваемое на плановые ремонты, составляет 15 %.

Определить время, затрачиваемое на один рейс крана, количество электрокранов и их часовую производительность.

Задача 5.21.

Месячный грузооборот между двумя цехами составляет 50 т. Заготовки поступают из заготовительного цеха в механообрабатывающий на автокарах номинальной грузоподъемностью 1 т, которые движутся со скоростью 40 м/мин. На погрузку заготовок в заготовительном цехе необходимо 10 мин, а на их разгрузку в механообрабатывающем — 6 мин. Расстояние между цехами — 500 м. Коэффициент использования грузоподъемности автокара — 0,75. Коэффициент использования фонда времени — 0,9. Режим работы — двухсменный. Количество рабочих дней в месяце — 21.

Определить необходимое количество автокаров, количество ежедневных рейсов и часовую производительность автокара.

Задача 5.22.

Сменный грузооборот механического и термического цехов равен 10 т. Маршрут движения электрокаров между цехами — маятниковый двусторонний. Расстояние между цехами — 600 м. Номинальная грузоподъемность электрокара — 1 т. Скорость движения электрокара — 40 м/мин. Погрузка деталей в каждом цехе требует 10 мин, а разгрузка — 6 мин. Длительность смены — 8 ч. Коэффициент использования грузоподъемности — 0,8. Коэффициент использования фонда времени — 0,9.

Определить необходимое количество электрокаров, коэффициент их загрузки и количество рейсов каждого электрокара за смену.

Задача 5.23.

Из центрального инструментального склада завода каждые два дня при помощи электрокаров снабжаются инструментом шесть цехов завода. Объем снабжения — 2 т. Грузоподъемность электрокара — 1 т. Маршрут движения кольцевой с затухающим грузопотоком протяженностью 1500 м. Скорость движения электрокаров — 50 м/мин. Сортировка и погрузка инструмента в инструментальном складе требует 30 мин, на разгрузку же в каждом цехе уходит (в среднем) 6 мин. Коэффициент использования но-

миимальной грузоподъемности электрокара — 0,7; коэффициент использования фонда времени работы электрокаров — 0,85. Режим работы склада — односменный.

Определить необходимое количество электрокаров, количество рейсов и коэффициент загрузки электрокаров.

Задача 5.24.

В сборочный цех поступают детали и мелкие сборочные единицы из четырех цехов завода на электрокарах номинальной грузоподъемностью 1 т. Маршрут — кольцевой с возрастающим грузопотоком протяженностью 1,5 км. Суммарный суточный грузооборот равен 20 т. Скорость движения электрокара 50 м/мин. Время погрузки в каждом цехе (в среднем) — 8 мин; разгрузка же в сборочном цехе длится 20 мин. Режим работы электрокаров — двухсменный. Продолжительность смены — 8 ч. Коэффициент использования фонда времени работы электрокаров — 0,9. Коэффициент использования номинальной грузоподъемности — 0,8.

Определить необходимое количество электрокаров, коэффициент их загрузки, количество ежесуточных рейсов, производительность одного рейса.

Задача 5.25.

Сборка изделия А производится на напольных конвейерах. Суточная производительность конвейера — 16 т при работе в две смены с двумя регламентированными перерывами по 10 мин в каждую смену. Средний вес изделия — 6 кг. Скорость движения конвейера — 0,3 м/с. Шаг конвейера — 1 м.

Определить необходимое количество конвейеров и коэффициент их загрузки, часовую производительность конвейера.

Задача 5.26.

Формовочная смесь в литейном цехе подается транспортером, движущимся со скоростью 0,25 м/с. Суточное количество подаваемой смеси составляет 65 т. Удельный вес смеси — 1,4 т/м³. Используется транспортер шириной 0,35 м. Высота наружаемой смеси — 10 см. Транспортер работает в одну смену продолжительностью 7 ч. Коэффициент использования фонда времени — 0,85.

Определить необходимое количество конвейеров и коэффициент их загрузки.

5.5. Организация складского хозяйства

В этом параграфе приведены задачи по расчету площадей складских помещений и других технико-экономических показателей.

Методические указания

Расчет общей площади склада производится по формуле

$$S = \frac{S_{\text{пол}}}{K_{\text{исп}}}, \quad (5.59)$$

где $S_{\text{пол}}$ — полезная площадь склада, непосредственно занятая хранящими материалами, м^2 ; $K_{\text{исп}}$ — коэффициент использования площади склада, учитывающий вспомогательную площадь для проездов, проходов, приема и выдачи материалов, весов, шкафов, стола кладовщика и т.д.

Полезная площадь рассчитывается в зависимости от способа хранения материалов по одной из следующих формул:

а) при напольном хранении в штабелях

$$S_{\text{пол}} = \frac{Z_{\text{max}}}{q_d}, \quad (5.60)$$

где Z_{max} — величина максимального складского запаса материалов, определяемого по формуле (5.39); q_d — допустимая нагрузка (груз на 1 м^2 пола согласно справочным данным), кг;

б) при хранении в стеллажах

$$S_{\text{пол}} = S_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст.р}}, \quad (5.61)$$

где $S_{\text{ст}}$ — площадь, занимаемая одним стеллажом, м^2 ; $n_{\text{ст.р}}$ — расчетное количество стеллажей, определяемое следующим образом:

$$n_{\text{ст.р}} = \frac{Z_{\text{max}}}{V_o \cdot K_{\text{зп}} \cdot q_y}, \quad (5.62)$$

где $K_{\text{зп}}$ — коэффициент заполнения объема стеллажа; q_y — удельный вес хранимого материала, $\text{г}/\text{м}^3$ ($\text{г}/\text{см}^3$); V_o — объем стеллажа, м^3 (см^3), определяемый по формуле

$$V_o = a \cdot b \cdot h, \quad (5.63)$$

где a — длина стеллажа, м; b — ширина стеллажа, м; h — высота стеллажа, м.

Принятое количество стеллажей устанавливается после проверки соответствия допустимой нагрузке. Проверка осуществляется по формуле

$$n_{\text{ст. пр}} = \frac{Z_{\max}}{S_{\text{ст}} \cdot q_d}. \quad (5.64)$$

Типовые задачи с решениями

Задача 5.27.

Токарные резцы хранятся на инструментальном складе в клеточных стеллажах. Размеры двусторонних стеллажей $1,2 \times 4,0$ м, высота 2,0 м. Годовой расход резцов N достигает 100 000 шт. Средние размеры токарного резца $30 \times 30 \times 250$ мм при удельном весе стали 8 г/см³. Инструмент поступает со специализированного завода ежеквартально партиями. Страховой запас установлен в размере 20 дней. Коэффициент заполнения стеллажей по объему 0,3. Вспомогательная площадь занимает 50 % от общей площади склада. Склад работает 250 дней в году. Допускаемая нагрузка на 1 м² пола 2 т.

Определить необходимую складскую площадь для хранения токарных резцов.

Решение

5.27.1. Расчет среднего веса одного резца ведется по следующей формуле и составляет

$$Q_{\text{шт}} = \frac{a' \cdot b' \cdot h' \cdot q_y}{1000 \cdot 1000} = \frac{30 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 8}{1000 \cdot 1000} = 1,8 \text{ кг},$$

где a' , b' — средние торцевые размеры резца, мм; h' — средняя длина резца, мм; q_y — удельный вес стали, из которой изготовлены токарные резцы, г/см³.

5.27.2. Расчет общего веса токарных резцов в объеме их годового расхода ведется по следующей формуле и составляет

$$Q = Q_{\text{шт}} \cdot N = 1,8 \cdot 100 000 = 180 000 \text{ кг}.$$

5.27.3. Расчет среднесуточной потребности в токарных резцах ведется по следующей формуле и составляет

$$Q_c = \frac{Q}{D_p} = \frac{180 000}{250} = 720 \text{ кг},$$

где D_p — количество рабочих дней в году.

5.27.4. Расчет объема квартальных поставок токарных резцов ведется по формуле

$$Q_{\text{кв}} = \frac{Q}{4} = 45\,000 \text{ кг.}$$

5.27.5. Расчет максимального запаса токарных резцов на складе ведется по формуле (5.39) и составляет

$$Z_{\text{max}} = 45\,000 + 720 \cdot 20 = 59\,400 \text{ кг.}$$

5.27.6. Расчет объема стеллажей ведется по формуле (5.63) и составляет

$$V_0 = 1,2 \cdot 4 \cdot 2 = 9,6 \text{ м}^3.$$

5.27.7. Расчет необходимого количества стеллажей для хранения максимального запаса резцов ведется по формуле (5.62) и составляет

$$n_{\text{ст. р}} = \frac{59\,400}{9,6 \cdot 8 \cdot 0,3 \cdot 1000} = 2,6 \text{ (принимается 3 стеллажа).}$$

5.27.8. Расчет полезной площади, занимаемой стеллажами, ведется по следующей формуле и составляет

$$S_{\text{пол}} = S_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст. р}} = a \cdot b \cdot n_{\text{ст. р}} = 1,2 \cdot 4 \cdot 3 = 14,4 \text{ м}^2.$$

5.27.9. Проверка соответствия принятого количества стеллажей допустимой нагрузке осуществляется по формуле (5.64)

$$n_{\text{ст. пр}} = \frac{59\,400}{1,2 \cdot 4 \cdot 2000} = 6 \text{ стеллажей.}$$

Проверка соответствия принятого количества стеллажей расчетному показывает, что для хранения такого объема материальных ценностей необходимо иметь 6 стеллажей, следовательно, $S_{\text{пол}} = 28,8 \text{ м}^2$.

5.27.10. Расчет общей площади склада для хранения токарных резцов ведется по формуле (5.59) и составляет

$$S = \frac{1,2 \cdot 4 \cdot 6}{0,5} = 57,6 \text{ м}^2.$$

Задача 5.28.

Годовая программа выпуска изделия А составляет 50 000 шт. На изготовление единицы изделия требуется 800 г меди, которая

поступает на завод ежеквартально. Страховой (минимальный) запас меди установлен на 20 дней. Склад работает в течение года 255 дней. Хранение меди на складе напольное (в штабелях). Допускается нагрузка на 1 м² пола 2 т.

Определить общую площадь склада, если коэффициент ее использования составляет 0,65.

Решение

5.28.1. Расчет годовой потребности в меди ведется по формуле

$$Q_r = Q_{шт} \cdot N = 0,8 \cdot 50\ 000 = 40\ 000 \text{ кг.}$$

5.28.2. Расчет среднесуточной потребности предприятия в меди ведется по формуле

$$Q_c = \frac{Q_r}{Д_p} = \frac{40\ 000}{255} = 156,9 \text{ кг.}$$

5.28.3. Расчет объема квартальных поставок меди ведется по формуле

$$Q_{кв} = \frac{Q_r}{4} = \frac{40\ 000}{4} = 10\ 000 \text{ кг.}$$

5.28.4. Расчет максимального запаса меди на складе ведется по формуле (5.39) и составляет

$$Z_{\max} = 10\ 000 + 156,9 \cdot 20 = 13\ 138 \text{ кг.}$$

5.28.5. Расчет полезной площади склада ведется по формуле (5.60) и составляет

$$S_{\text{пол}} = \frac{13\ 138}{2000} = 6,57 \text{ м}^2.$$

5.28.6. Расчет общей площади склада ведется по формуле (5.59) и составляет

$$S = \frac{6,57}{0,65} = 10,1 \text{ м}^2.$$

Задачи для решения

Задача 5.29.

Завод потребляет в год 60 т листового свинца (плотность 11,4 кг/дм³), который поступает на завод через каждые два месяца. Гарантийный запас свинца — 20 дней. Склад работает 255 дней

в году. Листы свинца хранятся на полочных стеллажах размером $1,8 \times 1,5$ м, высотой 2 м. Коэффициент заполнения стеллажей по объему — 0,5. Допустимая нагрузка на 1 м² пола — 2 т.

Определить необходимую общую площадь склада, если коэффициент ее использования равен 0,7.

Задача 5.30.

Годовой расход черных металлов на заводе составляет 500 т. Металл поступает периодически, шесть раз в год. Страховой запас — 15 дней. Склад работает 260 дней в году. Хранение металла на складе — напольное. Допустимая нагрузка на 1 м пола — 2 т.

Определить необходимую общую площадь склада, если коэффициент ее использования равен 0,7.

Задача 5.31.

На центральном инструментальном складе строгальные резцы хранятся на клеточных двусторонних стеллажах размерами $1,2 \times 4,0$ м, высотой 11,8 м. Средние размеры резца 35×35 мм, длина 300 мм. Плотность материала резца — 7,8 г/см³. Годовой расход резцов принят 50 тыс. шт. Инструментальный склад снабжается резцами ежеквартально. Гарантийный запас инструмента — 15 дней. Коэффициент заполнения стеллажей по объему — 0,4. Склад работает 260 дней в году. Допустимая нагрузка на 1 м² пола — 1,8 т.

Определить общую площадь, необходимую для хранения строгальных резцов, если вспомогательные площади составляют 40 % от общей площади.

Задача 5.32.

Годовой расход листовой стали на заводе составляет 380 т. Сталь поступает на завод ежеквартально партиями и хранится на центральном складе. Страховой запас предусмотрен в размере 15-дневной потребности. Стальные листы (плотность 7,8 кг/дм³) хранятся на полочных стеллажах размерами $1,8 \times 1,5$ м, высотой 2,0 м. Объем стеллажей используется на 65 %.

Определить расчетное и принятое количество стеллажей, если склад работает 260 дней в году, а допустимая нагрузка на 1 м² пола составляет 2,0 т.

Тема 6. Планирование процессов СОНТ с применением методов СПУ

В этой теме приведены задачи по разработке плана работ по СОНТ в виде сетевых графиков, расчету и оптимизации сетевых графиков по параметру «время — ресурсы».

Краткие теоретические сведения

Известно, что в основе системы сетевого планирования и управления (СПУ) используется модель, описывающая объект управления в виде сетевого графика. Собственно поэтому система и получила свое название — система сетевого планирования и управления.

Сетевой график по сравнению с ленточным имеет ряд преимуществ, в частности: на нем хорошо просматриваются взаимосвязи между работами; в график легко вводятся ранее не предусмотренные работы; с его помощью легко выявляется технологическая последовательность работ, которая определяет конечные сроки всей разработки — критический путь; график позволяет определить резервы времени работ, не лежащих на критическом пути, наиболее рационально перераспределить наличные людские, материальные и финансовые ресурсы и оптимизировать план предстоящих работ.

Сетевой график представляет собой план работ по созданию сначала промежуточной продукции с определенной степенью готовности, а в конце — конечной продукции, т.е. достижения конечной цели.

Наиболее распространенный способ изображения плана работ — это сетевой график в терминах «работа» и «событие».

Термин «работа» используется в сетевом графике в широком смысле слова и имеет следующие значения:

1) действительная работа — производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов (например, проектирование рабочих чертежей, изготовление деталей и т.д.);

2) ожидание — процесс, требующий затрат времени, но не требующий затрат ресурсов (процесс старения металла, процесс охлаждения деталей после термообработки и т.д.);

3) зависимость (фиктивная работа) — условный элемент, который вводится для отражения взаимосвязи между работами. Зависимость не требует затрат ни времени, ни ресурсов.

Действительная работа и ожидание изображаются в сети сплошными стрелками, а зависимость — пунктирными.

«Событие» — факт свершения одной или нескольких работ, без чего невозможно начало последующих. События изображаются на графике кружками или другими геометрическими фигурами. Событие, в отличие от работы, не является процессом, оно не имеет длительности, так как совершается мгновенно и не сопровождается затратами времени и ресурсов.

При построении сетевых графиков необходимо соблюдать несколько весьма несложных логических правил:

- 1) график должен быть простым, без лишних пересечений;
- 2) стрелки (работы) должны быть направлены слева направо;
- 3) между двумя событиями может быть изображена только одна работа (рис. 6.1);

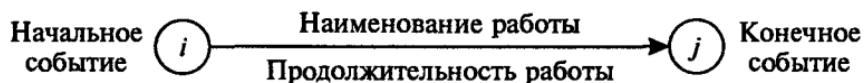


Рис. 6.1

- 4) для параллельно выполняемых работ вводятся дополнительные событие и зависимость (рис. 6.2);

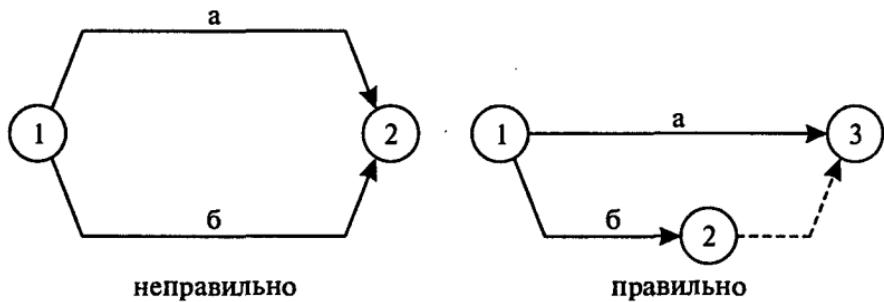


Рис. 6.2

- 5) в сетевом графике не должно быть тупиков, т.е. событий, из которых не выходит ни одной работы (кроме завершающего), и событий, в которые не входит ни одной работы (кроме исход-

ного) (рис. 6.3: событие 4 является тупиковым, а в событие 2 не входит ни одна работа);

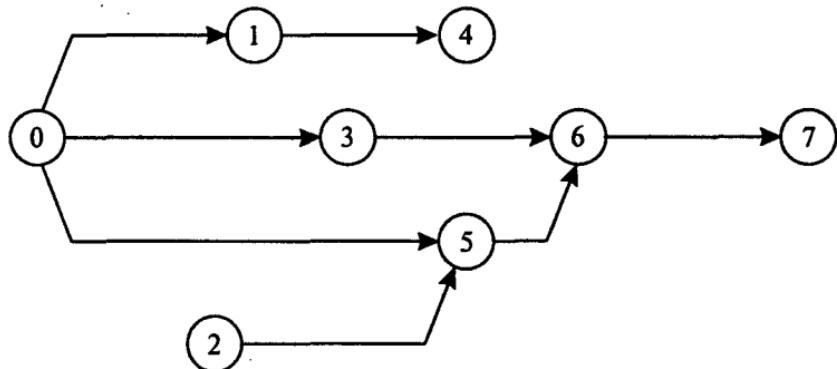


Рис. 6.3

6) в сетевом графике не должно быть замкнутых контуров (рис. 6.4: работы 1—2, 2—3, 3—1 образуют замкнутый контур);

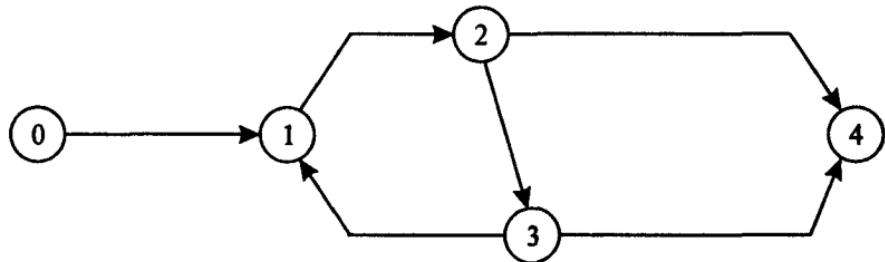


Рис. 6.4

7) в сетевом графике не должно быть событий, использующих одинаковые коды (рис. 6.5: одинаково закодированы два события);

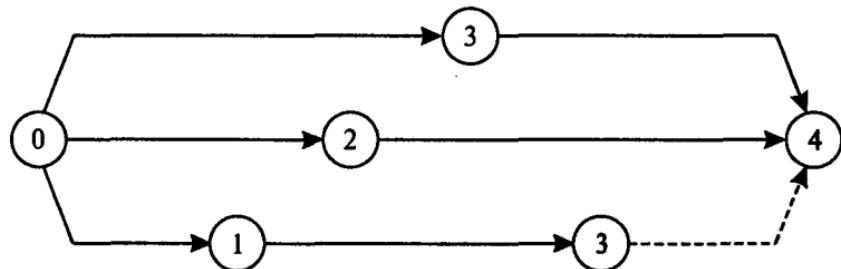


Рис. 6.5

8) кодируется сетевой график так, чтобы стрелка (работа) выходила из события с меньшим числовым значением и входила в событие с большим числовым значением.

Параметры сетевого графика рассчитываются одним из способов: аналитическим, табличным, на самом графике, с применением компьютера и др.

Наиболее широко применяют метод расчета на самом графике и табличный метод, при этом используются формулы аналитического метода.

Методические указания по расчету и оптимизации параметров сетевого графика приводятся по ходу решения задач.

Задача с решением

Задача 6.1.

Разработать план выполнения ОКР по созданию нового образца телевизора в виде сетевого графика на основе приведенного перечня работ и трудоемкости их выполнения (табл. 6.1, колонки 1, 3–6).

Произвести расчет продолжительности каждой работы ($i-j$) исходя из заданной трудоемкости и установленной численности (табл. 6.1, колонки 5, 6); построить сетевой график данного комплекса работ; закодировать построенный сетевой график; рассчитать параметры сетевого графика (наиболее ранние и наиболее поздние сроки свершения событий; наиболее ранние и наиболее поздние сроки начала и окончания работ; общие и частные резервы времени работ; продолжительность критического пути); произвести оптимизацию сетевого графика по параметру «время — ресурсы».

Решение

6.1.1. Определение продолжительности выполнения каждой работы ($i-j$). Расчет ведется по формуле

$$t_{(i-j)} = \frac{T_{(i-j)}}{\Psi_{(i-j)} \cdot K_B}, \quad (6.1)$$

где $T_{(i-j)}$ — трудоемкость работы ($i-j$) (табл. 6.1, колонка 5), чел.-недель; $\Psi_{(i-j)}$ — численность исполнителей работы ($i-j$) (табл. 6.1, колонка 6), чел.; K_B — коэффициент выполнения норм времени (принимается равным 1).

Таблица 6.1

Перечень ОКР

Перечень ОКР						
№ п/п	Коды работ	Работы	Номера работ, предшествующих данной	Трудоемкость, чел.-недель	Количество исполнителей, чел.	Продолжительность выполнения работ, недель
1	2	3	4	5	6	7
1	0-1	Разработка технического задания	0	9	3	3
2	1-5	Патентный поиск	1	10	2	5
3	1-2	Выбор и расчет скелетной схемы	1	6	2	3
4	1-3	Разработка эскизного проекта	1	16	4	4
5	2-4	Разработка принципиальной схемы	3	12	4	3
6	4-5	Расчет принципиальной схемы и определение допусков на электронные параметры	5	8	4	2
7	3-5	Блоочное проектирование макета нового телевизора	3, 4	20	4	5

8	5-7	Разработка и расчет конструкторской документации для изготовления макета	2, 6, 7	24
9	5-6	Проектирование технологии и специальной оснастки	2, 6, 7	20
10	6-7	Изготовление оснастки	9	30
11	2-7	Обработка данных расчета скелетной схемы и подготовка к макетированию	3	8
12	7-8	Изготовление макета нового телевизора	8, 10, 11	40
13	8-9	Испытание макета нового телевизора, изучение свойств и параметров, корректировка схем, расчетов, документации	12	15
				5
				6
				4
				5
				5
				4
				2
				6
				2
				4
				3

Подставим в эту формулу соответствующие данные по первой работе (табл. 6.1) и получаем

$$t_{(0-1)} = \frac{9}{3 \cdot 1} = 3 \text{ недели.}$$

Аналогично производятся расчеты по всем остальным работам, а результаты заносятся в табл. 6.1 (колонка 7).

6.1.2. Построение сетевого графика. График строится на основании данных табл. 6.1, колонки 1, 3 и 4 (рис. 6.6).

6.1.3. Кодирование сетевого графика. Сетевой график кодируется в соответствии с правилом № 8. Коды событий проставляются по возрастанию от i до j на рис. 6.6, а также в табл. 6.1 (колонка 2).

6.1.4. Расчет параметров сетевого графика.

С целью пояснения методики расчета рассмотрим два метода:

- 1) расчет параметров сетевого графика на самом графике;
- 2) табличный метод расчета.

Первый метод предусматривает расчет следующих параметров:

- 1) ранних сроков свершения событий (t_i^P);
- 2) поздних сроков свершения событий (t_i^N);
- 3) резервов времени свершения событий (R_i).

Для расчета параметров сетевого графика по этому методу все события (обозначающие их кружки) делятся на 4 сектора (рис. 6.6). В верхних секторах проставляются коды событий; в левых секторах в процессе расчета записываются наиболее ранние сроки свершения событий (t_i^P); в правых — наиболее поздние сроки свершения событий (t_i^N); в нижних секторах можно проставлять календарные даты или резервы событий (R_i).

Расчет наиболее ранних сроков свершения событий ведется слева направо, начиная с исходного события, и заканчивается завершающим событием. Ранний срок свершения исходного события принимается равным нулю ($t_1^P = 0$). Ранний срок свершения j -го события определяется прибавлением продолжительности работы, ведущей к j -му событию, к раннему сроку предшествующего ему i -го события ($t_j^P = t_i^P + t_{(i-j)}$) (при условии, если в j -е событие входит одна работа). Например, для события № 2 $t_2^P = 3 + 3 = 6$. Если j -му событию предшествует несколько работ, то находятся величины ранних сроков выполнения каждой из этих работ, из них выбирается максимальная по абсолютной величине и записывается в левом секторе события ($t_j^P = \max t_{(i-j)}^P$).

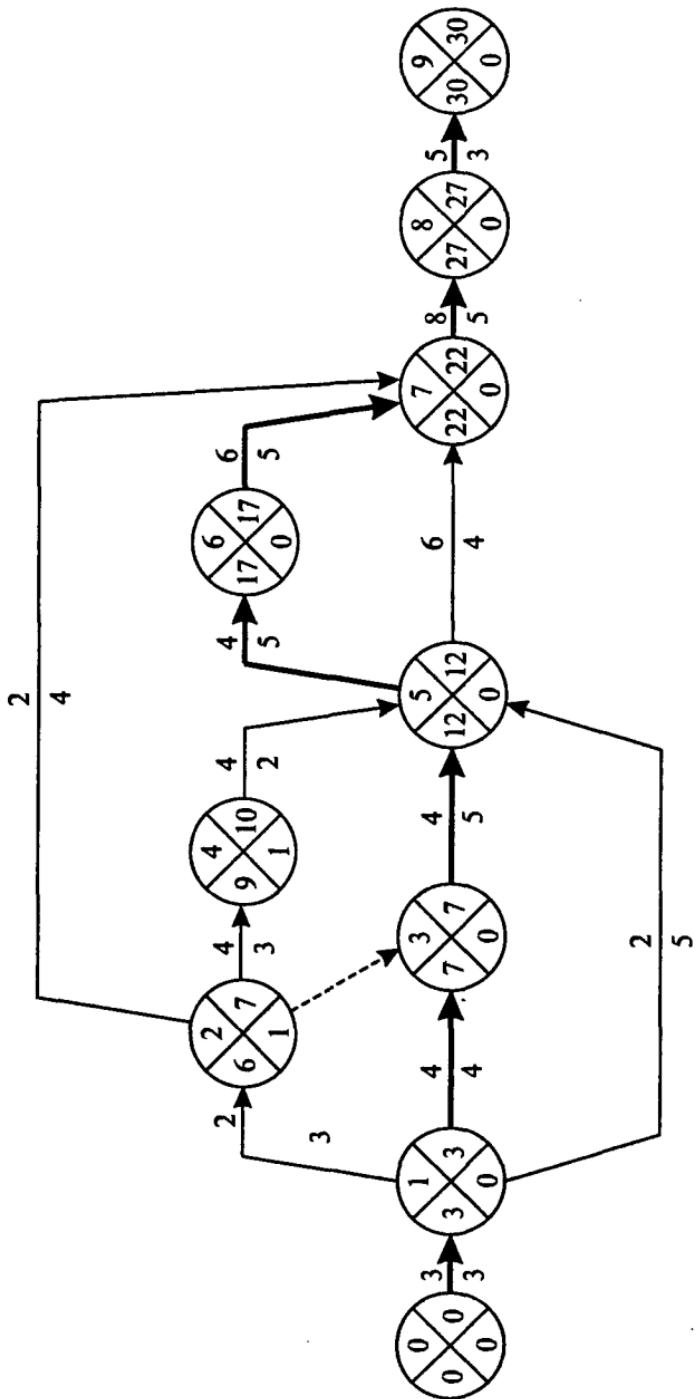


Рис. 6.6. Сетевой график выполнения ОКР по созданию нового образца телевизора

Например,

$$t_{(1-5)}^P = 3 + 5 = 8; \quad t_{(3-5)}^P = 7 + 5 = 12; \quad t_{(4-5)}^P = 9 + 2 = 11,$$

выбирается максимальное значение (12) и записывается в левом секторе события № 5.

Таким образом расчет ведется до завершающего события.

Расчет наиболее поздних сроков свершения событий ведется справа налево, начиная с завершающего события и заканчивается исходным. Поздний срок свершения завершающего события принимается равным раннему сроку свершения этого события ($t_j^P = t_i^P$). Например, $t_9^P = t_9^n = 30$. Это значение записывается в правом секторе события.

Наиболее поздний срок свершения i -го события определяется как разность между значением срока свершения последующего j -го события, записанным в правом секторе, и продолжительностью работы, ведущей от i -го события к j -му ($t_i^P = t_j^n - t_{(i-j)}$). Это значение записывается в правом секторе i -го события (если из i -го события выходит одна работа). Если из i -го события выходит несколько работ, то выбирается минимальное значение и записывается в правом секторе i -го события, это и будет поздним сроком свершения i -го события.

Например, из события № 2 выходит 3 работы, из них

$$t_{(2-7)}^P = 22 - 4 = 18; \quad t_{(2-4)}^P = 10 - 3 = 7; \quad t_{(2-3)}^P = 7 - 0 = 7,$$

выбирается минимальное значение (7) и записывается в правом секторе события № 2.

Таким образом расчет ведется до исходного события.

Резерв времени i -го события определяется непосредственно на сетевом графике путем вычитания величины раннего срока свершения i -го события из величины позднего срока свершения i -го события ($R_i = t_i^P - t_i^n$).

Следует отметить, что все события, которые не имеют резервов времени, лежат на критическом пути, однако для выделения лежащих на критическом пути работ этого недостаточно. Например, у работы (5–7) ранние и поздние сроки свершения событий равны, однако она не лежит на критическом пути. Для критических работ должно соблюдаться следующее условие $t_j^P - t_i^P = t_{(i-j)}$ (для работы (5–7): $22 - 12 = 10$, а $t_{(5-7)} = 4$, следовательно, работа имеет резерв и поэтому не является критиче-

ской). Критический путь пошел по работам (0–1), (1–3), (3–5), (5–6), (6–7), (7–8), (8–9).

Второй метод расчета параметров сетевого графика (табличный метод) предусматривает расчет следующих параметров:

- 1) наиболее ранних сроков начала работ ($t_{(i-j)}^{p,h}$);
- 2) наиболее ранних сроков окончания работ ($t_{(i-j)}^{p,o}$);
- 3) наиболее поздних сроков начала работ ($t_{(i-j)}^{n,h}$);
- 4) наиболее поздних сроков окончания работ ($t_{(i-j)}^{n,o}$);
- 5) общих резервов времени работ ($R_{(i-j)}$);
- 6) частных резервов времени первого ($r'_{(i-j)}$) и второго ($r''_{(i-j)}$) вида работ.

Все указанные параметры сетевого графика определяются в табличной форме (табл. 6.2).

Таблица 6.2
Расчет параметров сетевого графика табличным методом

Коды		$t_{(i-j)}$	$t_{(i-j)}^{p,h}$	$t_{(i-j)}^{p,o}$	$t_{(i-j)}^{n,h}$	$t_{(i-j)}^{n,o}$	$R_{(i-j)}$	$r'_{(i-j)}$	$r''_{(i-j)}$	$r^t_{(i-j)}$
i	j	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	1	3	0	3	0	3	0	0	0	0
1	2	3	3	6	4	7	1	0	1	
1	3	4	3	7	3	7	0	0	0	0
1	5	5	3	8	7	12	4	4	4	
2	3	0	6	6	7	7	1	1	0	
2	4	3	6	9	7	10	1	0	0	
2	7	4	6	10	18	22	12	12	11	
3	5	5	7	12	7	12	0	0	0	
4	5	2	9	11	10	12	1	1	0	
5	6	5	12	17	12	17	0	0	0	
5	7	4	12	16	18	22	6	6	6	
6	7	5	17	22	17	22	0	0	0	
7	8	5	22	27	22	27	0	0	0	
8	9	3	27	30	27	30	0	0	0	

Расчет параметров сетевого графика начинается с заполнения первых трех колонок таблицы. В колонках 1 и 2 записываются коды событий строго по их возрастанию, а в колонке 3 проставляется продолжительность выполнения работ ($i-j$).

Далее производится расчет наиболее ранних сроков начала и окончания работ (колонки 4 и 5). Расчет ведется сверху вниз.

Для работ, опирающихся на исходное событие, их наиболее раннее начало принимается равным нулю ($t_{(i-j)}^{p.h.} = 0$). Ранний срок окончания работ находится сложением $t_{(i-j)}^{p.h.}$ и $t_{(i-j)}^{p.o.}$ в каждой строке ($t_{(i-j)}^{p.o.} = t_{(i-j)}^{p.h.} + t_{(i-j)}$) и результат записывается в колонку 5 табл. 6.2.

Для определения раннего срока начала последующих работ в вышерасположенных строках таблицы находится обозначение работы, у которой последующее событие j имеет номер предыдущего события i рассчитываемой работы, и значение $t_{(i-j)}^{p.o.}$ из этой строки (колонка 5) переносится в колонку 4 строки рассчитываемой работы.

Если начальному событию рассматриваемой работы предшествует несколько работ, то в качестве $t_{(i-j)}^{p.h.}$ выбирается наибольшее значение ($t_{(i-j)}^{p.h.} = \max t_{(n-i)}^{p.o.}$). Например, $t_{(5-6)}^{p.h.} = 12$, так как работе (5–6) предшествуют работы (1–5), (3–5) и (4–5), максимальное раннее окончание, равное 12, имеет работа (3–5), а работы (1–5) и (4–5) соответственно имеют $t_{(i-j)}^{p.o.}$, равное 8 и 11.

Расчет наиболее поздних сроков начала и окончания работ ведется снизу вверх в колонках 6 и 7 табл. 6.2.

Для завершающего события наиболее ранний срок окончания равен наиболее позднему сроку и равен продолжительности критического пути, т.е. $t_{(j-k)}^{p.o.} = t_{(j-k)}^{p.h.} = t_{kp}$.

Для нашего случая $t_{(8-9)}^{p.o.} = t_{(8-9)}^{p.h.} = 30$. Это значение записывается в колонку 7 табл. 6.2. Позднее начало определяется как разность между поздним сроком окончания работы и ее продолжительностью, т.е. $t_{(i-j)}^{p.h.} = t_{(i-j)}^{p.o.} - t_{(i-j)}$.

Позднее окончание для каждой работы ($i-j$) определяется путем отыскания поздних начал следующих за данной работой работ. Если за данной работой следует одна работа, то ее значение $t_{(i-j)}^{p.h.}$ является $t_{(i-j)}^{p.o.}$ для рассматриваемой работы и из колонки 6 пере-

носится в колонку 7. Например, за работой (5–7) следует одна работа (7–8), ее $t_{(7-8)}^{\text{п.н}} = 22$, следовательно, $t_{(5-7)}^{\text{п.о}} = 22$. Если за данной работой следует несколько работ, то выбирается минимальное значение позднего их начала. Например, за работой (4–5) следуют две работы (5–6) и (5–7): $t_{(5-6)}^{\text{п.н}} = 12$, $t_{(5-7)}^{\text{п.н}} = 18$, выбирается минимальное значение (равное 12), и переносится из колонки 6 в колонку 7 для работы (4–5), т.е. $t_{(4-5)}^{\text{п.о}} = 12$.

Величина полного (общего) резерва времени работы ($i-j$) определяется как разность между наиболее поздним (колонка 7) и наиболее ранним (колонка 5) окончанием работы ($i-j$), а результат записывается в колонку 8. Например, $R_{(1-5)} = t_{(1-5)}^{\text{п.о}} - t_{(1-5)}^{\text{п.о}} = 12 - 8 = 4$.

Расчет частных резервов времени работы ($i-j$) ведется в табличной форме снизу вверх, используя формулы для определения частного резерва времени первого вида (результат записывается в колонку 10):

$$r'_{(i-j)} = t_{(i-j)}^{\text{п.о}} - t_{(n-i)}^{\text{п.о}} - t_{(i-j)}.$$

Например, $r'_{(2-7)} = 22 - 7 - 4 = 11$.

Для определения частного резерва времени второго вида (результат заносится в колонку 9) используют формулу

$$r''_{(i-j)} = t_{(j-k)}^{\text{п.н}} - t_{(i-j)}^{\text{п.о}}.$$

Например, $r''_{(2-7)} = 22 - 10 = 12$.

6.1.5. Оптимизация сетевого графика по параметру «время — ресурсы».

Оптимизация сетевого графика производится эвристическим методом. Сначала график оптимизируется по параметру «время», а затем, при удовлетворении длительностью критического пути, по «ресурсам» (людские, материальный и др.). По параметру «время» существует несколько способов приведения графика в соответствии с заданными сроками. Например, просмотр топологии сети, сокращение продолжительности работ, лежащих на критическом пути, и т.д.

В нашем случае $t_{\text{кр}} = 30$ недель устраивает разработчика, и график пока не оптимизируется по параметру «время».

Оптимизация сетевого графика по параметру «людские ресурсы» сводится к расчету численности исполнителей по календарным периодам и приведению ее к заданным ограничениям.

Для этого сетевой график наносится на календарную сетку (рис. 6.7, а), при этом работы изображаются прямыми стрелками в масштабе времени их свершения по наиболее ранним срокам, а резервы времени работ (частные резервы времени работ второго вида) — волнистыми.

После построения графика в масштабе времени над стрелками (работами) проставляются числа исполнителей, которые затем суммируются по календарным периодам, и результаты сравниваются с располагаемой численностью. Под сетевым графиком строится график загрузки людских ресурсов по плановым периодам (рис. 6.7, б). Если расчетные числа превышают располагаемую численность исполнителей в каком-либо периоде (в нашем примере располагаемая численность 8 чел.), производится сдвиг начала работ на более ранние или более поздние сроки в пределах имеющихся резервов времени работ с таким расчетом, чтобы суммарное число людских ресурсов по календарным периодам не превышало наличное.

В нашем случае имеется превышение численности по отдельным плановым периодам и недогрузка исполнителей по отдельным неделям. В этой связи было перемещено начало выполнения отдельных работ в пределах имеющихся резервов времени, в частности, работа (1–5) перемещена на более раннее ее начало с изменением топологии сетевого графика; начало работ (4–5) и (2–7) перемещено соответственно на величину их резервов времени; выполнение работы (5–7) увеличено с 4 до 6 недель с сокращением численности исполнителей; выполнение завершающей работы (8–9) сокращено с 3 до 2 недель с увеличением численности исполнителей.

Сетевой график и график загрузки людских ресурсов после проведенной оптимизации представлены на рис. 6.8. Приоритет передвижения работ по оси времени отдавался работам с наибольшими резервами времени.

Задачи для решения

Задача 6.2.

Построить сетевой график согласно работам, приведенным в карточке-определителе (табл. 6.3), рассчитать его параметры (ранние и поздние сроки начала и окончания работ, резервы времени работ и событий, длительность критического пути).

Провести оптимизацию сетевого графика по трудовым ресурсам и времени. Ограничение по числу конструкторов — 7 человек.

Задача 6.3.

Построить сетевой график конструкторской подготовки производства нового изделия, рассчитать параметры сетевого графика и провести оптимизацию по параметру «время — ресурсы». Число конструкторов — 12 человек.

Исходные данные представлены в карточке-определителе работ и событий (табл. 6.4).

Задача 6.4.

Даны работы A , B , V , Γ , D . Работы A , B , V можно выполнять параллельно, начиная из одного события. Работу Γ можно начинать после окончания работ A и B , а работу D можно начинать после окончания работ B и V . Построить сетевой график выполнения работ.

Задача 6.5.

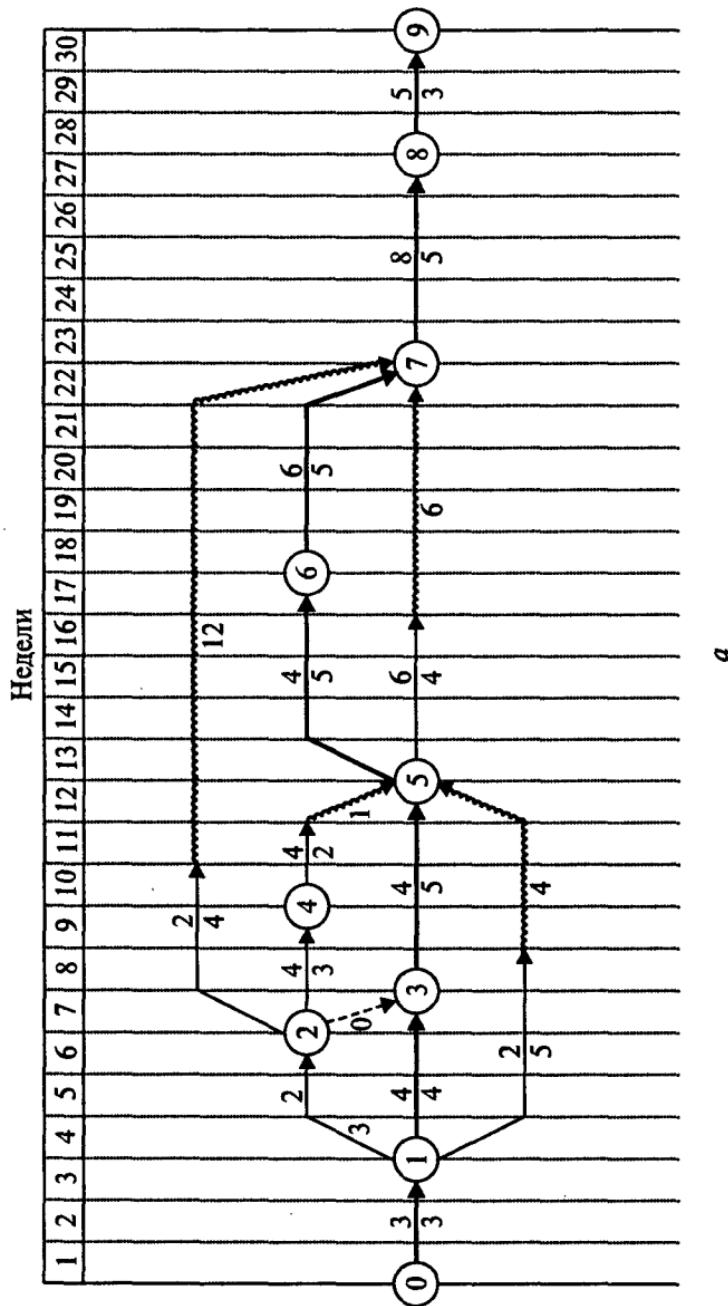
Даны работы A , B , V , Γ , D . Работы A , B , V можно выполнять параллельно. Работу Γ можно начинать после окончания работ A , B и V , а работу D можно начинать после окончания работ B и V . Построить сетевой график выполнения работ.

Задача 6.6.

Даны работы A , B , V , Γ , D , E . Работы A , B , V можно выполнять параллельно. Работы Γ и D можно начинать после окончания работ A и B , а работу E можно начинать после окончания работ V и Γ . Построить сетевой график выполнения работ.

Задача 6.7.

Даны работы A , B , V , Γ , D , E . Работы A , B , V можно выполнять параллельно, начиная из одного события. Работу Γ можно начинать после окончания работ A и B , работу D можно начинать после окончания работы B , а работу E можно начинать после окончания работ B и V . Построить сетевой график выполнения работ.



a

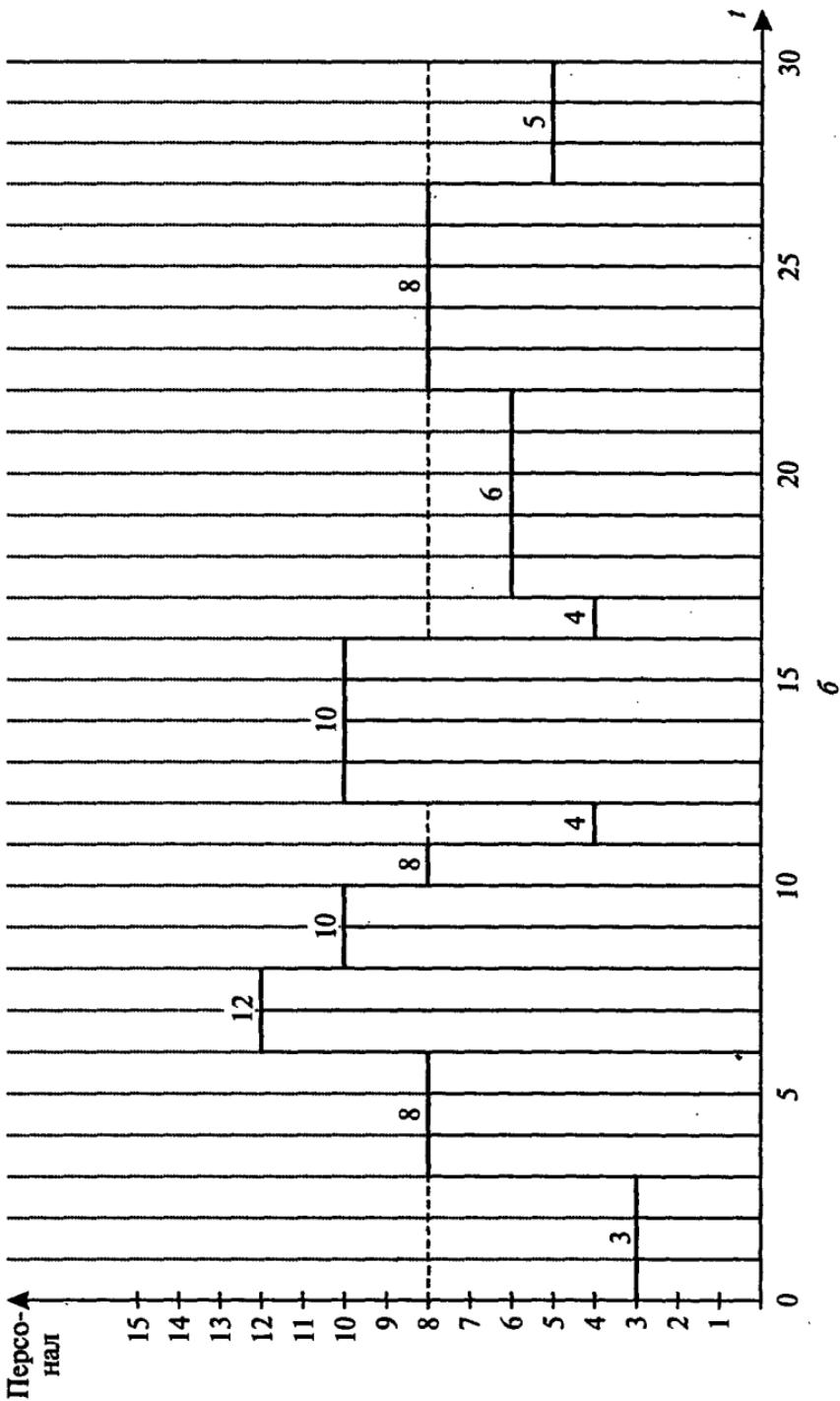
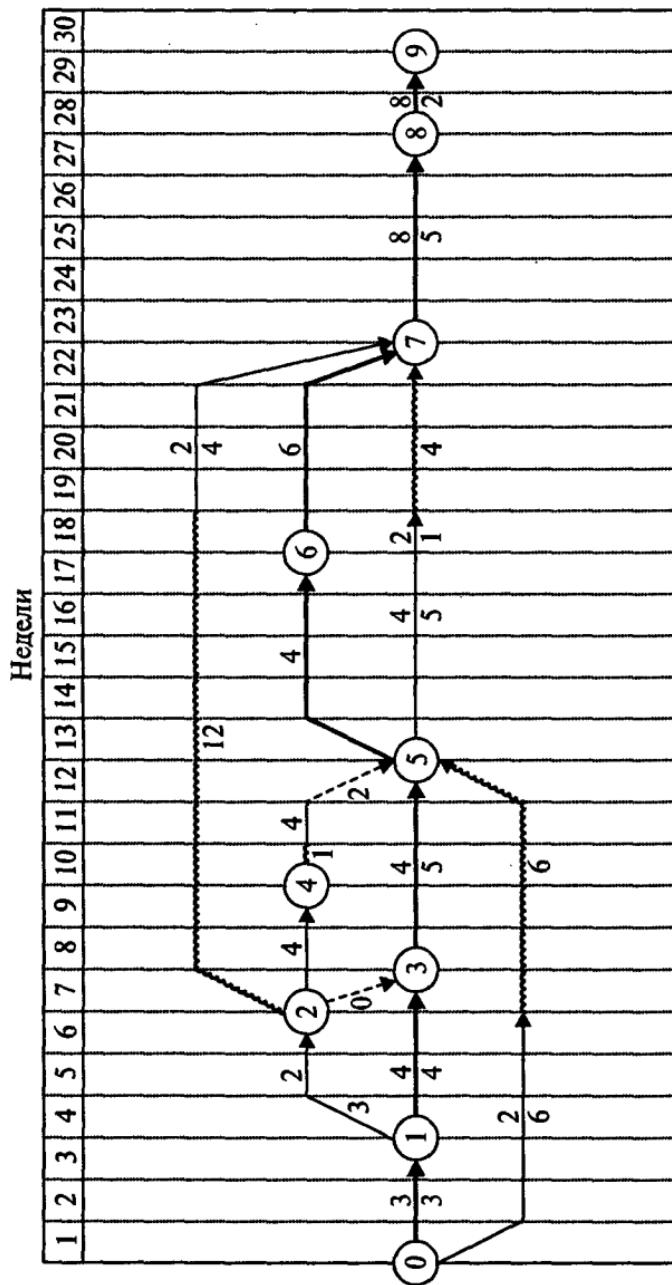


Рис. 6.7. Сетевой график (а) и график движения людских ресурсов (б) до оптимизации по параметру «время — ресурсы»



a

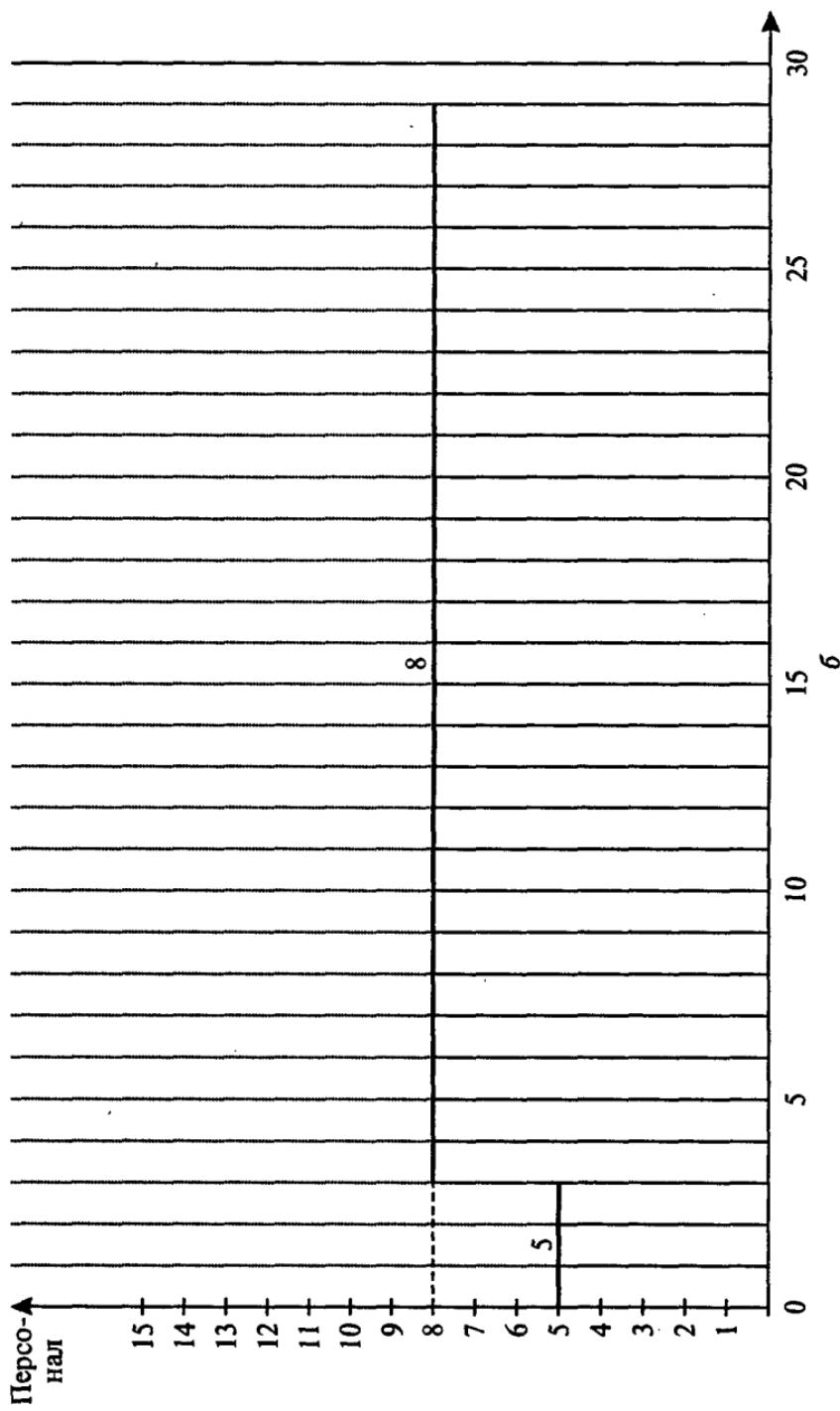


Рис. 6.8. Сетевой график (а) и график движения людских ресурсов (б)
после оптимизации по параметру «время—ресурсы»

Таблица 6.3

Картотка-определитель работ

№ п/п	Коды работ	Работы	Номер предшествующей работы	Продолжительность выполнения работы, недель	Количество исполнителей, чел.
1	2	3	4	5	6
1	0–1	Разработка ТЗ на РГУ	0	1,5	2
2	1–2	Доработка и уточнение ТЗ на РГУ	1	3,5	3
3	1–4	Составление ТЗ на разработку АЛУ	1	1,0	2
4	1–3	Составление ТЗ на разработку электросхем	1	0,5	1
5	1–10	Разработка проектов стандартов	1	2,5	2
6	10–14	Выверка и уточнение проектов стандартов	5	4,0	2
7	8–9	Внесение изменений в макет АЛУ	10	1	1
8	2–14	Разработка технического проекта	2	4,5	5
9	4–6	Разработка конструкции АЛУ (проекта)	2,3	0,5	2
10	6–8	Изготовление макета АЛУ	9	2,0	3
11	3–5	Разработка электротехнических схем	4	1	2
12	5–7	Раскладка ТЭЗов	11	1,0	2
13	7–9	Изготовление ТЭЗов	12	0,5	2

14	9–11	Сборка ТЭЗов в макете АЛУ	13		0,5		2
15	11–12	Отладка макета АЛУ	14		1,5		2
16	12–13	Испытание макета АЛУ	15		1,5		2
17	13–14	Корректировка ТД по АЛУ	16		2,0		3
18	14–15	Передача ТПР заказчику	6, 8, 17		0,5		2

Таблица 6.4

Определитель работ и событий

Коды работ		Работы	$t_{ож}$, недель	Число исполнителей	Коды событий	События
<i>i</i>	<i>j</i>					
1	2	3	4	5	6	7
0	1	Разработка ТЗ	2	5		Задание на разработку ТЗ
0	2	Составление спецификации на изделие	1	3	0	
1	2	Размещение заказа на покупку комплектующих изделий				ТЗ разработано
1	3	Разработка ТПР	2	5	1	
			6	12		
2	7	Приемка комплектующих изделий	1	3	2	Заказы на приемку комплектующих изделий приняты
3	4	Отливка заготовок	3	3	3	ТПР разработан
3	5	Штамповка заготовок	2	2		
4	6	Обработка деталей	4	5	4	Отливка заготовок
5	7	Отделка деталей	1	2	5	Штамповка заготовок закончена
6	7	Отделка деталей	1	2	6	Обработка деталей закончена
7	8	Сборка опытного образца	6	10	7	Комплектность образца подготовлена
8	9	Испытание опытного образца изделия	4	8	8	Опытный образец собран
9	10	Составление рабочего проекта	3	10	9	Опытный образец испытан
					10	Рабочий проект составлен

Тема 7. Оперативное планирование единичного мелкосерийного производства

Краткие теоретические сведения

В условиях единичного и мелкосерийного производства находит свое применение позаказная система оперативного планирования.

Номенклатура на таких предприятиях, как правило, велика, поэтому планирование и контроль за исполнением плановых показателей ведется в укрупненных масштабах.

За планово-учетную единицу принимается заказ, в большинстве случаев включающий одно изделие или небольшое их число. За планово-учетный период принимается месяц, декада, неделя.

Основными календарно-плановыми нормативами являются: цикловые графики на заказы; длительности производственных циклов заказов; календарные опережения запуска-выпуска изделий; объемно-календарные расчеты загрузки оборудования, площадей и рабочих; сводный календарь-график запуска-выпуска всех заказов по предприятию; корректировка сроков выполнения отдельных работ цикловых графиков.

Планово-учетными документами являются позаказный цикловой график и задание на изделие.

Методические указания по расчету календарно-плановых нормативов приводятся по ходу решения задач.

Типовая задача с решением

Задача 7.1.

Построить цикловой график и определить длительность производственного цикла по выполнению заказа на изготовление изделия *A*. Построить график и выполнить объемно-календарные расчеты по оптимальной загрузке рабочих-сборщиков исходя из циклового графика сборки изделия. Определить календарные сроки запуска заготовок в механическом цехе по ведущим (наиболее трудоемким) деталям, если известно, что первая ведущая деталь D_{21} имеет цикл обработки 15 рабочих дней при двухсмен-

ной работе и подается на сборку узла № 1, а вторая ведущая деталь D_{35} имеет цикл обработки 13 рабочих дней при двухсменной работе и подается на сборку узла № 4. Межцеховые перерывы составляют 3 дня. Режим работы сборочного цеха — односменный, механического цеха — двухсменный, продолжительность смены — 8 ч. Плановый уровень выполнения норм времени в сборочном цехе — 120 %. Срок выполнения заказа по изготовлению изделия A — конец II квартала.

Схема сборки изделия A приведена на рис. 7.1. Нормативная трудоемкость сборки узлов и общей сборки изделия A , а также количество рабочих, занятых выполнением каждой операции, представлены в табл. 7.1.

Решение

7.1.1. Расчет продолжительности выполнения операций производится по формуле

$$t_{\text{оп}} = \frac{t_k}{\Psi_{\text{сб}} \cdot K_b},$$

где t_k — трудоемкость выполняемой операции, н.-ч; $\Psi_{\text{сб}}$ — количество рабочих, одновременно занятых выполнением операции, чел.; K_b — коэффициент выполнения норм времени.

Например, для узла № 1

$$t_{\text{оп1}} = \frac{212}{2 \cdot 1,2} = 88 \text{ ч.}$$

Расчеты выполняются для всех операций, а результаты записываются в колонку 7 табл. 7.1.

7.1.2. Построение первоначального варианта циклового графика сборки изделия A (рис. 7.2). График строится в порядке, обратном ходу технологического процесса: начиная с общей сборки справа налево и снизу вверх, соблюдая последовательность, установленную схемой сборки (см. рис. 7.1).

После построения графика общей сборки на циклограмме откладывают продолжительность сборки узлов (колонка 7, табл. 7.1) таким образом, чтобы сборка узла заканчивалась к моменту начала соответствующей операции общей сборки.

7.1.3. Построение графика загрузки рабочих-сборщиков. График строится в нижней части циклового графика в виде столбиковой диаграммы, показывающей, сколько рабочих занято в каждой смене.

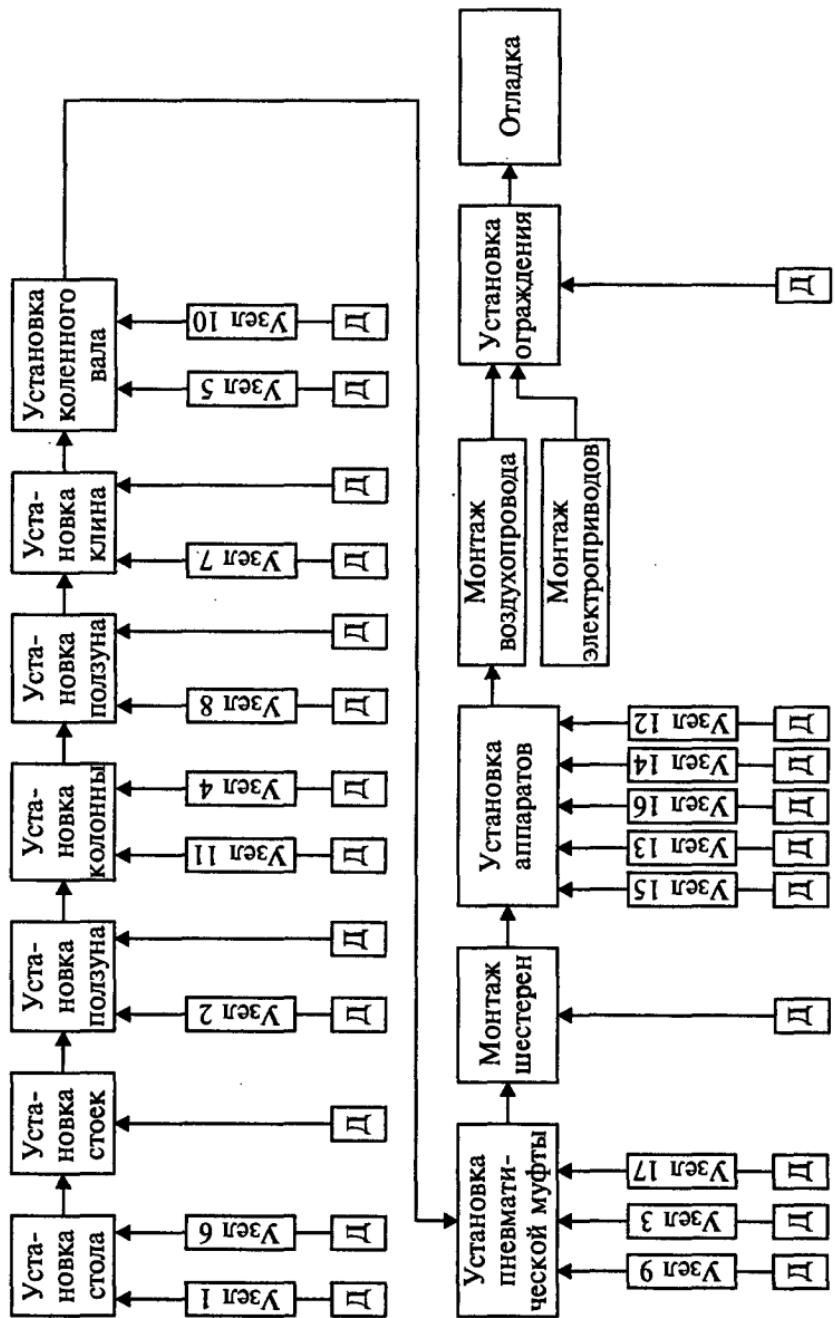


Рис. 7.1. Схема сборки изделия А: Д — детали

Таблица 7.1

Исходные данные по сборке изделия А

Операция	Номер операции	Трудоемкость выполнения операции, ч.	Уровень выполнения норм времени, %	Количество рабочих на операции, чел.	Подача сборочных единиц к операции	Продолжительность выполнения операции, ч.
1	2	3	4	5	6	7
Сборка узлов						
Сборка узла	1	212,0	120	2	Установка стола	88
Сборка узла	2	154,0	120	2	Установка ползуна	64
Сборка узла	3	105,0	120	2	Установка пневматической муфты	44
Сборка узла	4	19,2	120	1	Установка колонны	16
Сборка узла	5	10,0	120	1	Установка коленчатого вала	8
Сборка узла	6	38,4	120	2	Установка стола	16
Сборка узла	7	72,0	120	2	Установка клиньев	30
Сборка узла	8	23,0	120	1	Монтаж ползуна	19
Сборка узла	9	7,7	120	1	Установка пневматической муфты	6
Сборка узла	10	20,0	120	1	Установка коленчатого вала	17
Сборка узла	11	25,0	120	1	Установка колонны	21
Сборка узла	12	6,8	120	1	Установка аппаратуры	6
Сборка узла	13	15,0	120	1	Установка аппаратуры	13
Сборка узла	14	5,0	120	1	Установка аппаратуры	4
Сборка узла	15	7,7	120	1	Установка аппаратуры	6
Сборка узла	16	5,0	120	1	Установка аппаратуры	4
Сборка узла	17	5,0	120	1	Установка пневматической муфты	4

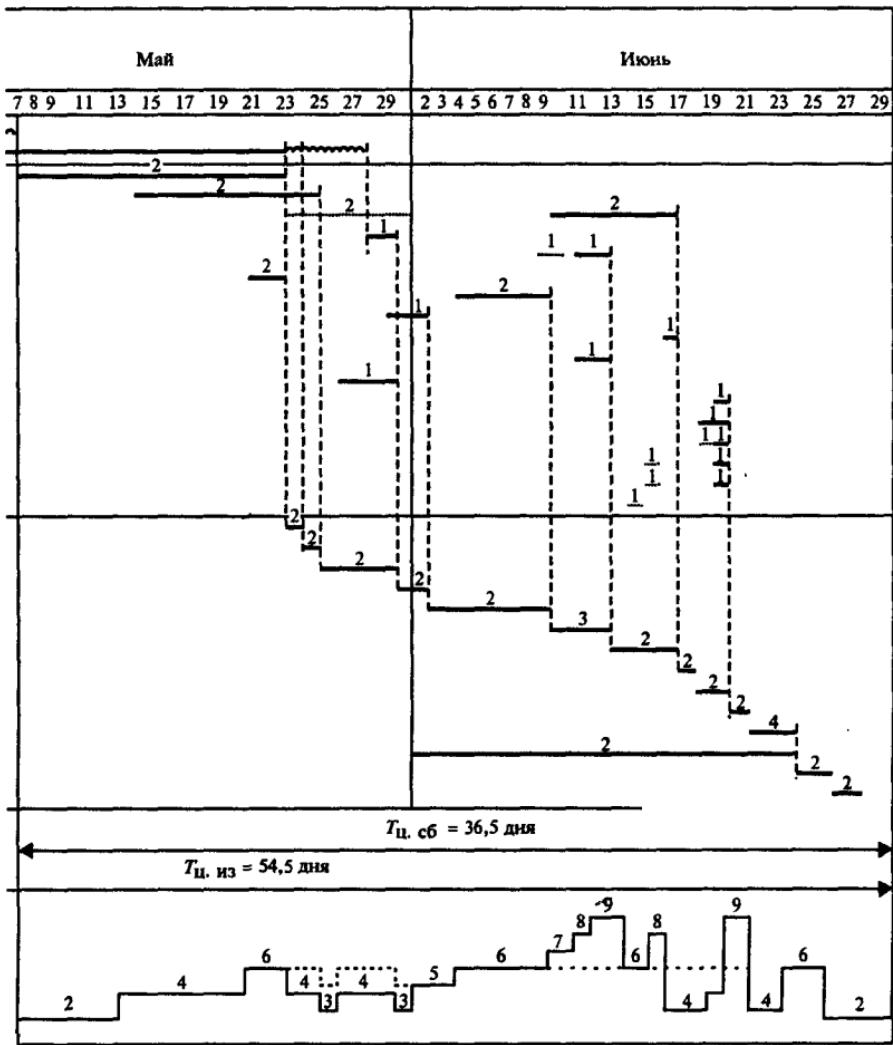
1	2	3	4	5	6	7
Общая сборка						
Установка стола	18	9,6	120	2	Установка стоек	4
Установка стоек	19	19,2	120	2	Установка ползуна	8
Установка ползуна	20	58,0	120	2	Установка колонны	24
Установка колонны	21	38,5	120	2	Монтаж ползуна	16
Монтаж ползуна	22	86,4	120	2	Установка клиньев	36
Установка клиньев	23	86,5	120	3	Установка коленчатого вала	24
Установка коленчатого вала	24	38,5	120	2	Установка пневматической муфты	16
Установка пневматической муфты	25	19,2	120	2	Монтаж шестерен	8
Монтаж шестерен	26	28,8	120	2	Установка аппаратуры	12
Установка аппаратуры	27	19,2	120	2	Монтаж воздухопровода	8
Монтаж воздухопровода	28	77,0	120	4	Установка ограждения	16
Монтаж электропривода	29	308,0	120	2	Установка ограждения	128
Установка ограждения	30	38,5	120	2	Отладка	16
Отладка	31	38,5	120	2	—	16
Механическая обработка D_{21}	1	—	—	1	Сборочный узел № 1	240
Механическая обработка D_{35}	2	—	—	1	Сборочный узел № 4	208
Другие детали	—	—	—	1	К узлам и блокам не приводятся	—

Номер операции	$t_{оп}$, ч	Опер. вып.	Апрель										28	30	2 3 4 5		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17		
Макс. обр.	1	120	316	436													
	2	104	208	312													
Сборка узлов	1	88	204	292													
	2	64	192	258													
	3	44	76	120	160	204											
	4	16	168	184													
	5	8	92	100	112	120											
	6	16	204	220													
	7	30	116	146													
	8	19	152	171													
	9	6	76	82													
	10	17	92	109													
	11	21	168	189													
	12	6	56	62													
	13	13	56	69													
	14	4	56	60	60	64											
	15	6	56	62	70	76											
	16	4	56	60	72	76											
	17	4	76	80													
Общая сборка	18	4	200	204													
	19	8	192	200													
	20	24	168	192													
	21	16	152	168													
	22	36	116	152													
	23	24	92	116													
	24	16	76	92													
	25	8	68	76													
	26	12	56	68													
	27	8	48	56													
	28	16	32	48													
	29	128	32	160													
	30	16	16	32													
	31	16	0	16													



Рис. 7.2. Цикловой график сборки изделия:

- время выполнения операции (I вариант);
- время выполнения операции (II вариант);
- ~~~~~ межцеховое следование деталей;
- - - взаимосвязи между операциями



Для его построения над каждой операцией (прямой) циклового графика указывается количество рабочих, выполняющих данную операцию. Количество рабочих, занятых в данной смене, суммируется и изображается в принятом масштабе на графике загрузки. Полученный график загрузки может показывать неравномерную занятость рабочих. Для выравнивания численности по сменам график корректируется путем переноса выполнения отдельных сборочных операций на более ранние сроки их начала так, чтобы общая длительность цикла изготовления изделия не менялась. Так, начало сборки узла № 3 переносим с 10.06 на 23.05, узла № 5 — с 12.06 на 10.06, узла № 14 — с 19.06 на 18.06, узла № 15 — с 19.06 на 17.06, узла № 16 — с 19.06 на 17.06 и т.д. В результате получаем второй вариант циклограммы сборки. Исходя из этого варианта циклового графика корректируется график загрузки рабочих-сборщиков (см. рис. 7.2): численность рабочих выравнилась и не превышает 6 чел.

7.1.4. После построения циклового графика сборки изделия строится график обработки деталей и определяются опережения запуска-выпуска по всем операциям производственного процесса. Расчет ведется колонках 4, 5 рис. 7.2.

После корректировки циклового графика необходимо пересчитать опережение запуска-выпуска по тем операциям, по которым перемещались сроки запуска. В нашем случае это сборка узлов № 3, № 5, № 14, № 15 и № 16.

Задачи для решения

Задача 7.2.

Построить график изготовления комплектов деталей по заказам № 1021—1024 в механическом цехе при равномерной загрузке оборудования. Определить степень равномерности загрузки ведущей группы оборудования. Число станков по ведущим группам оборудования: сверлильных — 3, токарных — 5, фрезерных — 2. По каждому заказу изготавливается 1 изделие. Длительность цикла обработки ведущей детали по каждому изделию (T_u), трудоемкость обработки деталей с учетом коэффициента выполнения норм выработки по ведущим группам оборудования (T_{tp}), сроки подачи комплектов на сборку изделия приведены в табл. 7.2. Число рабочих дней (D_p) в январе равно 23, феврале — 21, марте — 21. Режим работы: восьмичасовой рабочий

день, две смены в сутки. Потери времени на плановые ремонты и переналадку оборудования ($\alpha_{р.сб}$) составляют 3 % от номинального фонда времени.

Таблица 7.2

Исходные данные для расчета

Номер заказа	Срок по-дачи деталей на сборку	Длительность производственного цикла изготовления деталей заказа (T_u), мес	Трудоемкость обработки деталей по видам операций (T_{tp}), ч		
			сверлиль-ная	токарная	фрезерная
1021	01.03	2,0	1280	1240	560
1022	01.04	1,0	960	1620	640
1023	15.03	1,0	80	180	60
1024	01.03	2,0	680	1960	748

Задача 7.3.

Построить график запуска-выпуска изделий на III квартал планового года. Рассчитать коэффициенты загрузки сборочного и ведущих групп оборудования механосборочного отделения механосборочного цеха исходя из запланированного срока изготовления изделий. Количество изделий по программе, сроки выпуска и длительность цикла их изготовления приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Производственная программа завода на III квартал

Изде-лие	Количество по программе, шт.	Срок выпуска	Длительность производственного цикла изготовления изделия (T_u), мес	
			сборки изде-лия	механической обработки (по ведущей детали)
1	2	3	4	5
A	1	15.07	1,0	0,5
B	1	15.07	1,5	1,0
V	1	30.07	1,0	0,5
G	1	30.07	1,5	1,0
D	1	15.08	1,5	1,0
E	1	15.08	1,0	0,5
Ж	2	30.08	1,5	1,5
З	1	15.09	1,5	1,0

1	2	3	4	5
<i>I</i>	1	15.09	1,0	1,0
<i>K</i>	1	30.09	1,5	1,5
<i>L</i>	1	30.09	2,0	1,5
<i>M</i>	1	15.10	1,5	1,5
<i>H</i>	1	15.10	1,0	1,5
<i>O</i>	1	30.10	1,5	1,5
<i>P</i>	1	30.10	1,0	1,5
<i>R</i>	1	15.11	1,5	1,0
<i>C</i>	1	15.11	1,0	1,0
<i>T</i>	1	30.11	1,5	2,0

Количество станков по ведущим группам оборудования в механическом отделении: токарных — 7, револьверных — 2, расточочных — 2, фрезерных — 4, строгальных — 3, зуборезных — 2, сверлильных — 3.

Суммарная трудоемкость механической обработки комплекта деталей каждого изделия по программе III квартала по группам оборудования приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4
Суммарная трудоемкость механической обработки комплекта деталей каждого изделия по группам оборудования

Изделие	Трудоемкость обработки деталей по группам станков, н.-ч						
	токар- ные	револь- верные	расточ- ные	фрезер- ные	стро- гальны	свер- лильные	зуборез- ные
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A</i>	615	100	90	260	160	260	160
<i>B</i>	520	150	135	390	200	300	210
<i>V</i>	630	50	227	490	114	140	40
<i>G</i>	610	155	140	365	210	285	200
<i>D</i>	910	105	95	255	180	235	155
<i>E</i>	153	40	87	140	146	103	53
<i>Ж</i>	550	105	90	205	150	202	105
3	401	150	127	134	70	50	25

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>И</i>	602	230	160	204	100	75	81
<i>К</i>	392	60	177	372	278	153	76
<i>Л</i>	805	225	210	495	315	415	310
<i>М</i>	735	225	205	615	687	450	255
<i>Н</i>	435	75	213	243	120	81	141
<i>О</i>	615	100	90	260	219	260	160
<i>П</i>	520	350	140	410	260	310	250
<i>Р</i>	610	155	140	365	410	285	200
<i>С</i>	910	105	95	394	180	235	155
<i>Т</i>	1210	305	600	605	320	485	310

Производственная площадь сборочного отделения — 60 м². Данные о площади, необходимой для сборки каждого вида изделия, приведены в табл. 7.5. Режим работы механизированного цеха двухсменный, продолжительность смены — 8 ч.

Таблица 7.5
Исходные данные о производственной площади сборочного отделения

Изделие	Нормативная площадь, необходимая для сборки изделия, м ²	Изделие	Нормативная площадь, необходимая для сборки изделия, м ²
<i>А</i>	12,5	<i>К</i>	10,0
<i>Б</i>	14,5	<i>Л</i>	14,5
<i>В</i>	12,0	<i>М</i>	12,5
<i>Г</i>	11,5	<i>Н</i>	11,0
<i>Д</i>	8,5	<i>О</i>	10,0
<i>Е</i>	7,5	<i>П</i>	12,0
<i>Ж</i>	7,0	<i>Р</i>	14,0
<i>З</i>	13,0	<i>С</i>	7,5
<i>И</i>	7,0	<i>Т</i>	14,0

Тема 8. Оперативное планирование серийного производства

Краткие теоретические сведения

В условиях серийного типа производства, как правило, применяется покомплектная система оперативного планирования.

Планово-учетной единицей здесь является не производственный заказ на изделие в целом, как в позаказной системе, а комплект деталей, входящих в изделие. Разновидностями планово-учетной единицы в данном случае могут быть узловой комплект, машино-комплект, групповой комплект и сутко-комплект.

Узловой комплект объединяет детали, образующие технологический узел. Запуск в производство планируется таким образом, чтобы завершить изготовление всех деталей, входящих в узел, к моменту сдачи всего комплекта на узловую сборку. Система с такой планово-учетной единицей применяется, как правило, в мелкосерийном и среднесерийном производствах.

Групповой комплект формируется из деталей, принадлежащих разным конструктивным узлам, но имеющих одинаковый или схожий технологический маршрут, производимых с использованием однотипного оборудования и оснастки, с одинаковой периодичностью запуска-выпуска или очередностью подачи на сборку деталей. Система эффективно применяется в производстве с устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, как правило, в среднесерийном производстве.

Машино-комплект формируется по каждому цеху из заготовок или узлов изделия конкретного наименования, изготавливаемых в данном цехе. Например, в машино-комплект по кузовному цеху входят все детали штамповки для конкретного изделия. Применяется система с такой планово-учетной единицей практически во всех типах производства, кроме массового.

Разновидностью этой планово-учетной единицы является условный машино-комплект. Он включает детали, входящие во все изделия, которые предусмотрены производственной программой завода, в размере суточной потребности в них. За основу условного комплекта принимается изделие, имеющее наибольший удель-

ный вес в программе завода и выпускаемое в течение всего планового периода.

При отсутствии в производственной программе изделия, имеющего преобладающий вес, в качестве планово-учетной единицы применяется сутко-комплект, который включает все детали всех наименований для всех изделий, подлежащих изготовлению в плановом периоде из расчета среднесуточной потребности в них.

Преимущество покомплектной системы перед другими системами планирования заключается в том, что цех-поставщик в определенный срок обязан сдать цеху-потребителю все детали, входящие в данный комплект.

За планово-учетный период в данной системе принимается неделя, сутки.

Основными календарно-плановыми нормативами являются:

- 1) размер серии выпускаемых изделий;
- 2) размер партии обрабатываемых деталей, сборки узлов;
- 3) периодичность (ритмичность) запуска-выпуска деталей, узлов;
- 4) длительность производственного цикла обработки партии деталей, сборки узлов;
- 5) величина опережении запуска-выпуска партии деталей, узлов, изделий;
- 6) величина уровня заделов;
- 7) нормативные планы-графики (циклические графики и стандарт-планы).

Планово-учетными документами являются циклические графики и задания на установленный период.

Методические указания по расчету календарно-плановых нормативов приводятся по ходу решения задач.

Типовая задача с решением

Задача 8.1.

Рассчитать минимальный размер партии деталей и периодичность запуска-выпуска партии деталей в обработку. Определить оптимальный размер партии. Рассчитать потребное количество станков для обработки деталей a, b, c, d, e изделия A , месячный

выпуск которого в сборочном цехе составляет 1000 шт. Количество рабочих дней в месяце — 20. Режим работы механообрабатывающего цеха — двухсменный, сборочного — односменный, продолжительность рабочей смены — 8 ч. Время на плановые ремонты и переналадку оборудования составляет 6 % от номинального фонда времени. Рассчитать длительность производственного цикла обработки партии деталей в механообрабатывающем цехе. Межоперационное пролеживание партий деталей принять равным 1 смене. Рассчитать длительность операционного цикла и опережение запуска-выпуска партии деталей между смежными цехами и технологическое опережение между смежными операциями в механообрабатывающем цехе. Определить уровень цикловых заделов в механообрабатывающем цехе и уровень складских заделов между механообрабатывающим и сборочным цехами. Составить календарный план-график работы механообрабатывающего цеха.

Страховой задел между смежными цехами равен однодневной потребности деталей для сборки изделия *A*.

Состав операций технологического процесса обработки деталей и нормы штучного времени приведены в табл. 8.1, а однородность внутрицеховых технологических маршрутов и очередьность их прохождения в цехе механической обработки деталей приведены в табл. 8.2.

*Таблица 8.1
Состав операций и нормы штучного времени обработки деталей*

Операция	Норма штучного времени обработки детали (<i>t</i>), мин						Подготовительно-заключительное время (<i>t<subп, sub="" з<=""></subп,></i>), мин	Процент допустимых потерь времени на переналадку оборудования (<i>α<subоб< sub=""></subоб<></i>)
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>g</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		
1. Фрезерная	6	10	25	2	6	6	20	4
2. Сверлильная	10	3	6	2	4	4	20	4
3. Шлифовальная	4	2	6	3	2	2	20	4
4. Строгальная	—	4	10	—	2	2	20	4
5. Зуборезная	—	9	9	—	—	—	60	5
6. Токарная	—	—	—	8	4	2	20	4

Таблица 8.2

Группировка комплекта деталей по однородности технологического маршрута прохождения по участку

Шифр группового комплекта деталей изделия A	Количество наименований деталей в комплекте	Детали, имеющие одинаковый технологический маршрут	Маршрут обработки деталей по участку механической обработки деталей
MC-4M4	6	<i>a</i> <i>b</i> <i>c</i> <i>d</i> <i>e</i>	C (2,6) — Ф (1,6) — Ш (1,1) Ф (2,6) — С (0,8) — Ст (1,1) — 3 (2,5) — Ш (0,6) Ф (6,6) — С (1,6) — Ст (2,6) — 3 (2,5) — Ш (1,6) Ф (3,2) — С (2,1) — Т (2,1) — Ст (1,1) — Ш (1,1) Ф (3,2) — С (2,1) — Т (1,1) — Ст (1,1) — Ш (1,1) Т (4,2) — С (1,1) — Ф (1,1) — Ш (1,6)

Примечания: 1. Здесь Ф — фрезерный, С — сверлильный, Ш — шлифовальный, Ст — строгальный, 3 — зуборезный, Т — токарный. 2. В скобках после расчета проставляется длительность обработки партии деталей в сменах.

Решение

8.1.1. Расчет минимального размера партии деталей.

Для определения размера партии может быть использован метод постепенного подбора. Суть его в том, что сначала определяется минимально допустимый размер партии, а затем его корректируют, руководствуясь конкретными производственными условиями.

Минимальный размер партии определяется двумя способами в зависимости от характера оборудования, на котором обрабатываются детали.

Первый способ используют, если для обработки деталей применяется оборудование, требующее значительного времени на переналадку. В нашей задаче этому требованию отвечает зуборезная операция, требующая 60 мин подготовительно-заключи-

тельного времени. Расчет минимального размера партии деталей, в данном случае детали *б* и *в*, ведется по формуле

$$n_{\min} = \frac{t_{\text{п.з}}}{t \cdot a_{\text{об}}}, \quad (8.1)$$

где *t* — норма штучного времени (с учетом выполнения норм), мин; *t_{п.з}* — подготовительно-заключительное время, мин; *a_{об}* — процент допустимых потерь времени на переналадку оборудования.

Второй способ используют, если для обработки деталей применяется оборудование, не требующее значительного времени на переналадку. В нашей задаче этому требованию отвечают все остальные операции технологического процесса, требующие 20 мин подготовительно-заключительного времени. Расчет минимального размера партий деталей, в данном случае *а*, *г*, *д*, *е*, ведется по формуле

$$n_{\min} = \frac{t_{\text{см}}}{t}, \quad (8.2)$$

где *t_{см}* — продолжительность смены, мин; *t* — норма штучного времени (минимальная из всех выполняемых операций).

Расчет минимального размера партий деталей ведется в табличной форме: для деталей *б* и *в* применяется первый способ, а для всех остальных — второй способ (табл. 8.3, колонки 2 и 3).

8.1.2. Расчет периодичности запуска-выпуска партии ведется по формуле

$$R_{3..v} = \frac{n_{\min}}{N_{\text{ср.д}}}, \quad (8.3)$$

где *N_{ср.д}* — среднедневная потребность деталей. Определяется по формуле

$$N_{\text{ср.д}} = \frac{N_m}{D_p}, \quad (8.4)$$

где *N_m* — месячный выпуск изделий, шт.; *D_p* — количество рабочих дней в месяце, дн.

Подставляем в формулу (8.4) соответствующие данные и получаем

$$N_{\text{ср.д}} = \frac{1000}{20} = 50 \text{ шт.}$$

Подставляем в формулу (8.3) соответствующие данные по детали *a* и получаем периодичность ее запуска-выпуска

$$R_{3.-\text{в}}^P = \frac{120}{50} = 2,4 \text{ дн.}$$

Аналогично расчет ведется по всем деталям в табличной форме (табл. 8.3, колонка 5), а в колонке 6 проставляются удобопланируемые ритмы.

Таблица 8.3

Расчет минимального размера партий деталей

Детали	Минимальный расчетный размер партии деталей, шт.		Кратность минимального размера партии деталей месячному заданию $\frac{N_m}{n_{min}}$	Переодичность запуска деталей, раб. дн.		Принятый размер партии деталей (n_h), шт.
	1-й способ расчета: $n_{min} = \frac{t_{\text{п.з}}}{t \cdot \alpha_{\text{об}}}$	2-й способ расчета: $n_{min} = \frac{t_{\text{см}}}{t}$		Расчетная ($R_{3.-\text{в}}^P$)	Приятая ($R_{3.-\text{в}}^n$)	
1	2	3	4	5	6	7
<i>a</i>	—	480 : 4=120	1000 : 120 = 8,3	2,40	2,5	125
<i>b</i>	60 : 9 · 0,05=133	—	1000 : 133 = 7,5	2,66	2,5	125
<i>v</i>	60 : 9 · 0,05=133	—	1000 : 133=7,5	2,66	2,5	125
<i>g</i>	—	480 : 2=240	1000 : 240=4,2	4,80	5,0	250
<i>d</i>	—	480 : 2=240	1000 : 240=4,2	4,80	5,0	250
<i>e</i>	—	480 : 2=240	1000 : 240=4,2	4,80	5,0	250

8.1.3. Расчет нормального (оптимального) размера партии деталей ведется по формуле

$$n_h = R_{3.-\text{в}}^n \cdot N_{\text{ср.д.}} \quad (8.5)$$

Для детали *a* оптимальный размер партии составляет

$$n_h^a = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ шт.}$$

По всем остальным деталям расчет ведется аналогично (табл. 8.3, колонка 7).

8.1.4. Расчет количества партий деталей в месяц: по деталям *a*, *b*, *v*

$$x = \frac{N_m}{n_h} = \frac{1000}{125} = 8 \text{ партий;}$$

по деталям g , d , e

$$x = \frac{1000}{250} = 4 \text{ партии.}$$

8.1.5. Расчет потребного количества станков на месячную программу выпуска деталей ведется по формуле

$$C_p = \frac{N_m \cdot \sum_{i=1}^m t_i + t_{\text{п.з}} \cdot m}{60 \cdot F_3 \cdot K_B}, \quad (8.6)$$

где m — количество запусков партии деталей в производство; K_B — коэффициент выполнения норм времени; F_3 — месячный эффективный фонд времени одного станка, определяется по формуле

$$F_3 = K_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}} \cdot D_p \left(1 - \frac{\alpha_{06}}{100}\right) = 2 \cdot 8 \cdot 20 \left(1 - \frac{6}{100}\right) = 301.$$

Подставляем соответствующие значения в формулу (8.6) по фрезерным станкам и получаем

$$C_p^\Phi = \frac{1000(6 + 10 + 25 + 2 + 6 + 6) + 20 \cdot 6}{60 \cdot 301 \cdot 1} = 3,05 \text{ (принимается } 3 \text{ станка).}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим видам оборудования. Результаты этих расчетов сведены в табл. 8.4.

8.1.6. Расчет длительности производственного цикла обработки партии деталей ведется по формуле

$$T_{ц,i} = \left(n_i \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{C_{\text{пр},i}} + \sum_{i=1}^m t_{\text{п.з}} + (m-1)t_{\text{мо}} \right) K_{\text{пар}}, \quad (8.7)$$

где n_i — оптимальный размер партии деталей i -го наименования, шт.; $C_{\text{пр},i}$ — принятое количество единиц оборудования i -го наименования, шт.; t_i — норма штучного времени детали i -го наименования на соответствующей операции, мин; m — количество операций для деталей i -го наименования; $t_{\text{мо}}$ — межоперационное пролеживание деталей, мин; $K_{\text{пар}}$ — коэффициент параллельности ($K_{\text{пар}}$ условно принимаем равным 0,6).

Таблица 8.4

Расчет потребного количества станков и их загрузка

Оборудование	Штучное время по деталям (t), мин						T _{п.з.} , мин	Коли- чество запус- ков в месяц, шт.	Количест- во стан- ков, шт.		Коэф- фици- ент за- грузки обору- дования (K ₃)
	a	б	в	г	д	е			C _p	C _{пр}	
1. Фрезерные	6	10	25	2	6	6	20	6	3,05	3	1,02
2. Сверлильные	10	3	6	2	4	4	20	6	1,61	2	0,80
3. Шлифовальные	4	2	6	3	2	2	20	6	1,06	1	1,02
4. Строгальные	—	4	10	—	2	2	20	4	1,00	1	1,00
5. Зуборезные	—	9	9	—	—	—	60	2	1,00	1	1,00
6. Токарные	—	—	—	8	4	2	20	3	0,77	1	0,77
Итого	20	28	56	15	18	16	—	—	8,49	9	0,94

Подставляя в формулу (8.7) соответствующие данные и получаем величины длительностей производственных циклов обработки партий деталей *a*, *б*, *в*, *г*, *д*, *е*.

$$T_{\text{ц}}^a = \left[125 \left(\frac{6}{3} + \frac{10}{2} + 4 \right) + 3 \cdot 20 + (3 - 1) 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= (125 \cdot 11 + 3 \cdot 20 + 2 \cdot 480) 0,01 = 24,0 \text{ ч, или 3 смены;}$$

$$T_{\text{ц}}^b = \left[125 \left(\frac{10}{3} + \frac{3}{2} + 2 + 4 + 9 \right) + 4 \cdot 20 + 60 + (5 - 1) 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= (125 \cdot 19,83 + 140 + 4 \cdot 480) 0,01 = 24,8 \text{ ч, или 3,1 смены;}$$

$$T_{\text{ц}}^v = \left[125 \left(\frac{25}{3} + \frac{6}{2} + 6 + 10 + 9 \right) + 4 \cdot 20 + 60 + (5 - 1) 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= (125 \cdot 36,33 + 140 + 4 \cdot 480) 0,01 = 66,0 \text{ ч, или 8,2 смены;}$$

$$T_{\text{пп}}^e = \left[250 \left(\frac{2}{3} + \frac{2}{2} + 3 + 8 \right) + 4 \cdot 20 + (4 - 1) 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= (250 \cdot 12,67 + 80 + 3 \cdot 480) 0,01 = 46,9 \text{ ч, или } 5,9 \text{ смены;}$$

$$T_{\text{пп}}^d = \left[250 \left(\frac{6}{3} + \frac{4}{2} + 2 + 2 + 4 \right) + 5 \cdot 20 + (5 - 1) 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= (250 \cdot 12 + 100 + 4 \cdot 480) 0,01 = 50,2 \text{ ч, или } 6,3 \text{ смены;}$$

$$T_{\text{пп}}^e = \left[250 \left(\frac{6}{3} + \frac{4}{2} + 2 + 2 + 2 \right) + 5 \cdot 20 + (5 - 1) 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= (250 \cdot 10 + 100 + 4 \cdot 480) 0,01 = 45,2 \text{ ч, или } 5,7 \text{ смены.}$$

8.1.7. Расчет опережений запуска-выпуска партии деталей.

Различают общее и частное опережение запуска-выпуска. Под общим опережением запуска понимается время со дня запуска в производство партии деталей в первом по ходу технологического процесса цехе и до момента окончания сборки готовых изделий, состоящих из деталей этой партии. Опережение выпуска меньше опережения запуска на величину длительности производственного цикла в данном цехе.

Под частным понимается опережение запуска-выпуска партии деталей в предыдущем цехе по сравнению с запуском-выпуском этой партии в последующем цехе.

Величина опережения состоит из двух элементов — времени технологического и времени резервного опережения.

Величина технологического опережения определяется длительностью производственного цикла обработки партии деталей в данном цехе. При равенстве или при уменьшении по ходу технологического процесса партии в кратное число раз она численно равна суммарной длительности производственного цикла всех цехов, т.е.

$$T_{\text{т.о.}} = \sum_{i=1}^{K_{\text{пп}}} T_{\text{пп},i}, \quad (8.8)$$

где $K_{\text{пп}}$ — число цехов, в которых обрабатывается данная партия деталей.

Применительно к нашей задаче нам известна только длительность производственного цикла по всем партиям деталей, обрабатываемых в механическом цехе. Поэтому прежде всего необходимо выбрать максимальную периодичность запуска-выпуска, по расчету она составляет 5 дней (см. табл. 8.3). В сборочный цех детали

поступают из механического цеха партиями по 250 шт. Из них за 5 дней будет собрано 250 изделий, так как суточная производительность цеха — 50 изделий. Следовательно, длительность производственного цикла сборочного цеха составляет $T_{ц. сб} = 5$ дней. Для заготовительного цеха длительность производственного цикла примем равной $T_{ц. з} = 1$ день, а длительность производственного цикла в механообрабатывающем цехе примем по детали ϑ , имеющей максимальную продолжительность, т.е. $T_{ц. в} = 8,2$ смены, или 4,1 дня.

Величина резервного опережения предусматривается между смежными цехами на случай возможной задержки выпуска очередной партии в предыдущем цехе. Величина такого опережения устанавливается равной 3–5 календарным дням.

На основании вышеизложенного строится график производственного процесса по детали ϑ и определяется опережение запуска-выпуска (рис. 8.1).

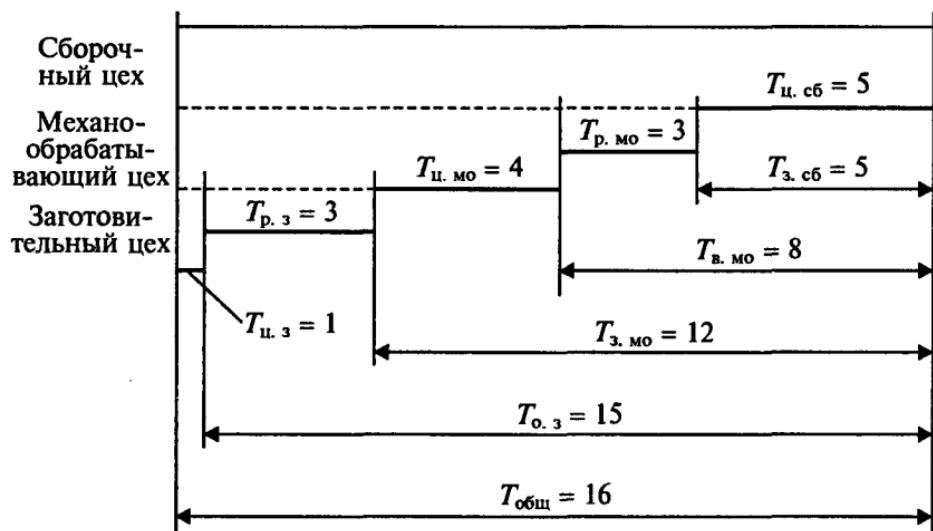


Рис. 8.1. Схема производственного процесса и опережений запуска-выпуска партии изделий:

$T_{общ}$ — общая длительность цикла и опережение запуска; $T_{ц. з}$ — длительность цикла заготовительных работ; $T_{ц. мо}$ — длительность цикла механообработки; $T_{ц. сб}$ — длительность цикла сборки; $T_{з. з}$ — время опережения выпуска заготовок; $T_{з. мо}$ — время опережения запуска в механообработку; $T_{в. мо}$ — время опережения выпуска из механообработки; $T_{з. сб}$ — время опережения запуска в сборочный цех; $T_{р. з}$ и $T_{р. мо}$ — резервное время между заготовительным и механообрабатывающим и механообрабатывающим и сборочным цехами

Из рис. 8.1 видно, что длительность производственного процесса и опережение запуска составляет 16 дней.

Величина технологического опережения составляет:

$$T_{\text{т.о}} = 1 + 4 + 5 = 10 \text{ дней.}$$

Величина резервного опережения составляет:

$$T_p = T_{\text{п.з}} + T_{\text{р.мо}} = 3 + 3 = 6 \text{ дней.}$$

Технологическое опережение определяется и пооперационно. Для этого необходимо рассчитать длительность цикла обработки партии деталей по операциям. Расчет ведется по формуле

$$T_{\text{ц.оп}i} = \frac{n_i \cdot t + t_{\text{п.з}}}{60}. \quad (8.9)$$

Подставляем в эту формулу соответствующие данные по партии деталей a и получаем:

$$T'_{\text{ц.оп}a} = \frac{125 \cdot 6 + 20}{60} = 12,83 \approx 1,6 \text{ смены};$$

$$T''_{\text{ц.оп}a} = \frac{125 \cdot 10 + 20}{60} = 21,16 \approx 2,6 \text{ смены};$$

$$T'''_{\text{ц.оп}a} = \frac{125 \cdot 4 + 20}{60} = 8,7 \approx 1,1 \text{ смены.}$$

Графически это будет выглядеть так (рис. 8.2).

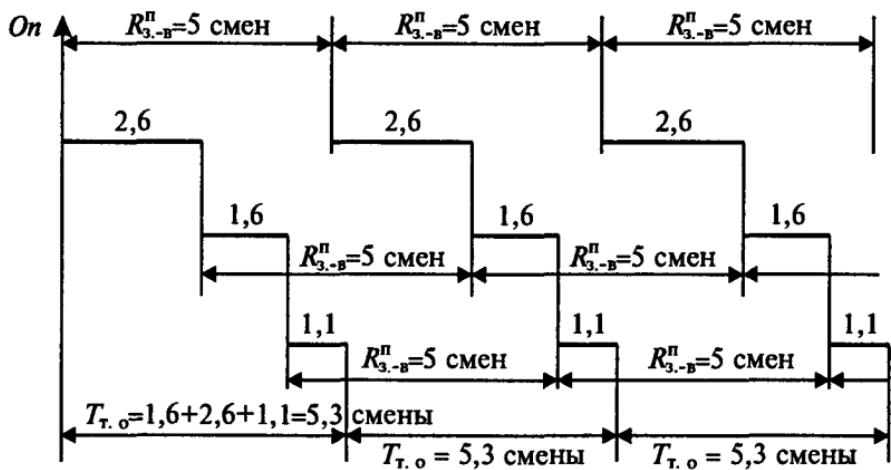


Рис. 8.2. График опережений при обработке партии деталей a в механообрабатывающем цехе

Аналогично производятся расчеты, строятся графики и определяется опережение запуска-выпуска по всем видам деталей. Расчет длительности цикла обработки партии деталей по операциям и величина технологического опережения запуска-выпуска представлены в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Расчет длительности цикла обработки партии деталей и технологического опережения запуска-выпуска

№ п/п	Операция	Длительность цикла обработки партии деталей по операциям, смены					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	
1	Фрезерная	1,6	2,6	6,6	1,1	3,2	3,2
2	Сверлильная	2,6	0,8	1,6	1,1	2,1	2,1
3	Шлифовальная	1,1	0,6	1,6	1,6	1,1	1,1
4	Строгальная	—	1,1	2,6	—	1,1	1,1
5	Зуборезная	—	2,5	2,5	—	—	—
6	Токарная	—	—	—	4,2	2,1	1,1
Итого		5,3	7,6	14,9	8,0	9,6	8,6

8.1.8. Определение нормативного уровня цикловых и складских заделов:

Цикловые заделы — это внутрицеховые заделы (технологические, транспортные, оборотные и страховые). Складские заделы — это заделы, создающиеся между цехами.

Определение величины технологического задела в механообрабатывающем цехе. Расчет ведется по формуле

$$Z'_{\text{тех}} = n_{\text{н}} \cdot \frac{T_{\text{ц. оп}i}}{R_{3-\text{в}}^{\text{n}}}, \quad (9.10)$$

где $n_{\text{н}}$ — оптимальный размер партии деталей, шт.; $T_{\text{ц. оп}i}$ — длительность цикла обработки партии деталей i -го наименования на рабочем месте, смен; $R_{3-\text{в}}^{\text{n}}$ — принятая периодичность запуска-выпуска деталей, смен.

Подставляя в эту формулу соответствующие данные по детали a на фрезерной операции, получаем

$$Z'_{\text{тех } a} = 125 \cdot \frac{1,6}{5} = 40 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняются расчеты и по другим операциям и деталям и результаты заносятся в табл. 8.6.

Таблица 8.6

*Расчет величины технологических и страховых заделов
в механообрабатывающем цехе*

Операция	Размер задела, шт.											
	технологического						страхового					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>g</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>g</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Фрезерная	40	65	165	28	80	80	25	25	25	25	25	25
Сверлильная	65	20	40	28	52	52	25	25	25	25	25	25
Шлифовальная	27	15	40	40	28	28	25	25	25	25	25	25
Строгальная	—	27	65	—	28	28	—	25	25	—	25	25
Зуборезная	—	63	63	—	—	—	—	25	25	—	—	—
Токарная	—	—	—	105	52	28	—	—	—	25	25	25
И т о г о	123	190	373	201	240	216	75	125	125	100	125	125

Определение величины страхового задела в механообрабатывающем цехе. Расчет ведется по формуле

$$Z_{\text{стр}} = t_{\text{мо}} \frac{N_m}{T_{\text{пл}}}, \quad (8.11)$$

где $t_{\text{мо}}$ — ожидание партии деталей между выпуском ее на предыдущем и запуском на последующее рабочее место, смен; N_m — программа выпуска деталей в планируемом периоде, шт.; $T_{\text{пл}}$ — плановый период времени, смен.

Подставляя в эту формулу соответствующие данные, получим размер страхового запаса по каждой детали на каждом рабочем месте:

$$Z'_{\text{стр}} = 1 \cdot \frac{1000}{20 \cdot 2} = 25 \text{ шт.}$$

Результаты расчета сведены в табл. 8.6.

Оборотный межоперационный задел возникает, если детали от одного рабочего места к другому передаются различными

по размеру партиями. В нашей задаче детали передаются неизменными партиями, следовательно, оборотный задел не создается.

Величина транспортного задела устанавливается в зависимости от вида транспортных средств. Предположим, что изделия перевозятся принятыми партиями.

Складской задел состоит из страхового и оборотного. По условию задачи величина страхового задела равна размеру суточной потребности сборочного цеха. Формирование и движение величины оборотных заделов представлены на рис. 8.3. При этом средняя величина оборотного задела определяется по формуле

$$Z'_{\text{об}} = \frac{n_{\text{H}}^{\text{мо}} - n_{\text{H}}^{\text{сб}}}{2}, \quad (8.12)$$

где $n_{\text{H}}^{\text{мо}}$, $n_{\text{H}}^{\text{сб}}$ — соответственно оптимальный размер партии деталей в механообрабатывающем (подающем) цехе и сборочном (потребляющем) цехе, шт.

Подставляя в эту формулу соответствующие данные, получаем размер складского оборотного задела по каждой детали. Расчет ведется в табличной форме (табл. 8.7).

Расчет страховых и оборотных заделов

Деталь	Складские заделы, шт.		
	Страховой	Оборотный	Всего
<i>a</i>	50	37	87
<i>б</i>	50	37	87
<i>в</i>	50	37	87
<i>г</i>	50	100	150
<i>д</i>	50	100	150
<i>е</i>	50	100	150

8.1.9. Составление календарного плана-графика механообрабатывающего участка. План-график строится на основании табл. 8.2. График очередности обработки деталей на каждом рабочем месте представлен на рис. 8.4.

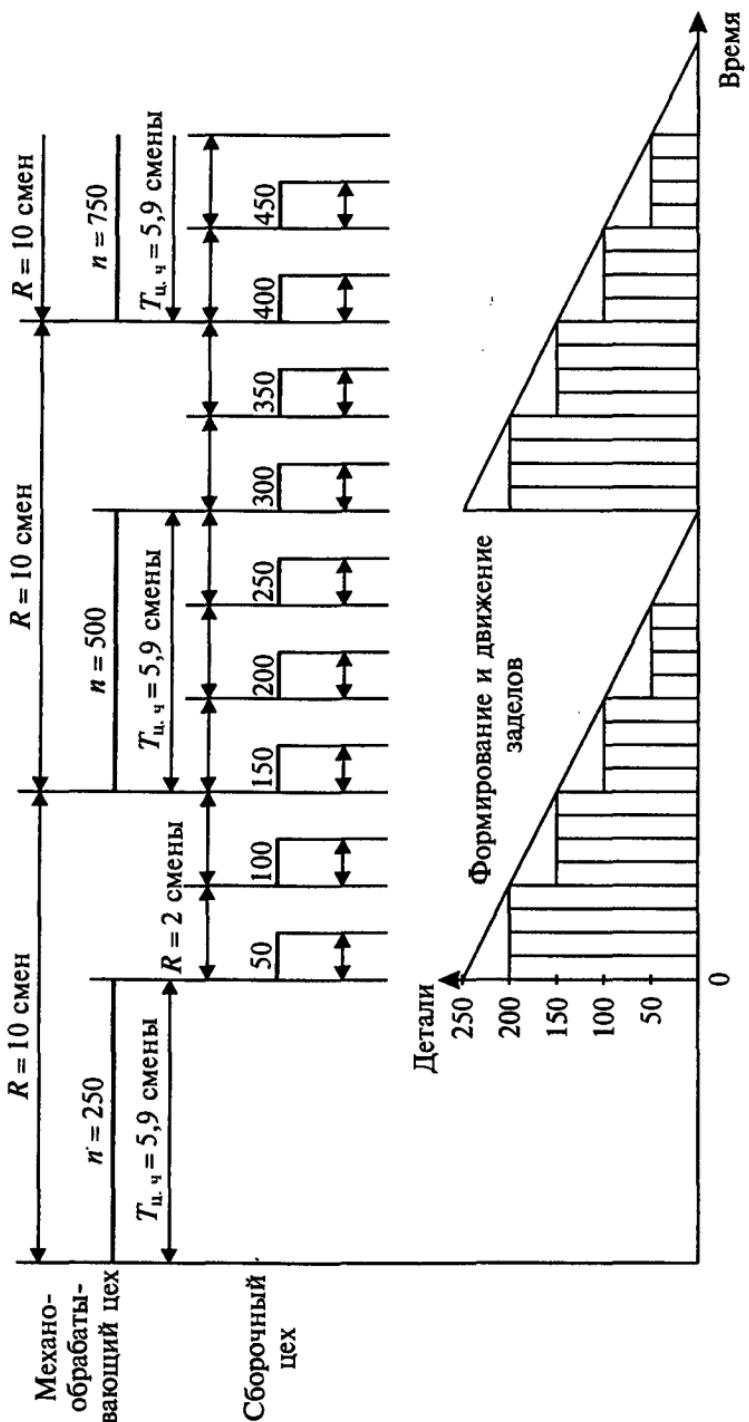


Рис. 8.3. График образования и движения оборотных заделов между механообрабатывающим и сборочным цехами при изготовлении детали г

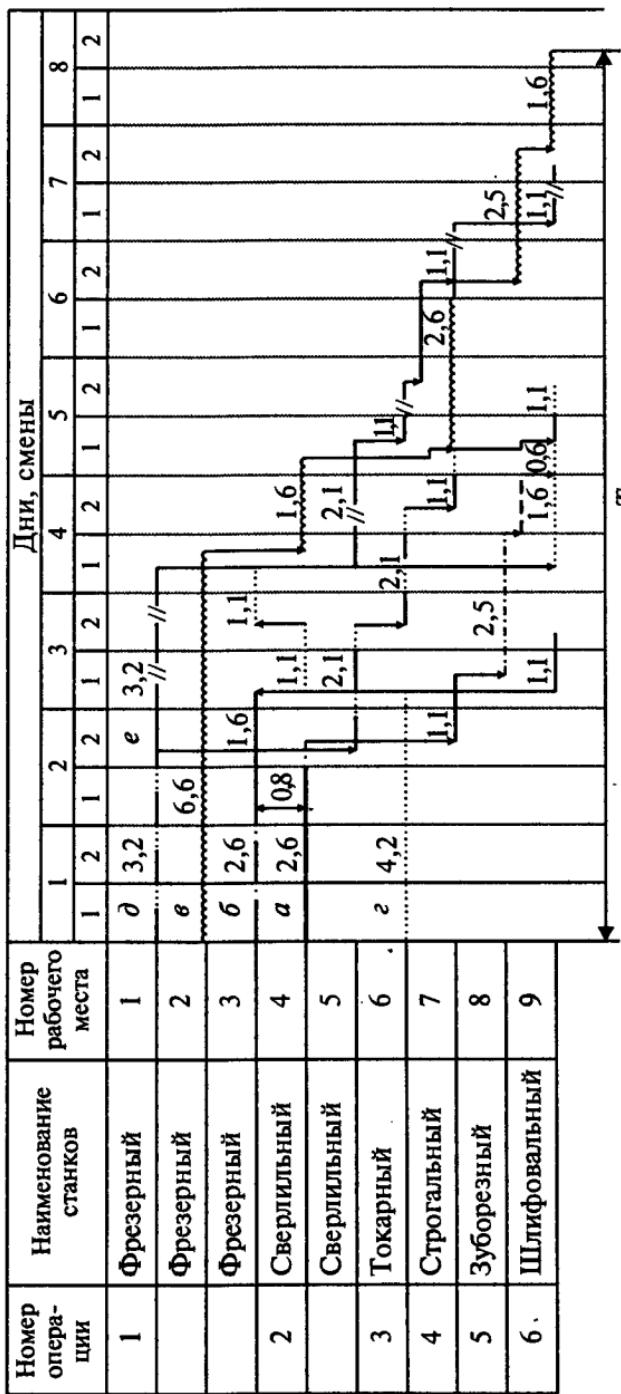


Рис. 8.4. График обработки и прохождения по участку партии деталей изделия А:
— обработка детали a ; - - - - обработка детали b , обработка детали c ;
— обработка детали c ; —— обработка детали d ; ——/— обработка детали e ;
----- пролеживание детали в ожидании высвобождения станка взаимосвязь между операторами

Задачи для решения

Задача 8.2.

На участке обрабатывается 10 наименований деталей, годовая производственная программа (N_j), себестоимость (C_j) и затраты на запуск партии деталей в обработку (Z_{oj}) представлены в табл. 8.8.

Таблица 8.8

Исходная информация для расчета

Номер детали	N_j , шт.	C_j , тыс. руб.	Z_{oj} , тыс. руб.
1	10 000	0,25	0,50
2	6000	0,20	0,50
3	3000	0,40	0,50
4	2000	0,15	0,50
5	5000	0,30	0,50
6	4000	0,20	0,50
7	9000	0,70	0,50
8	1000	0,65	0,50
9	7000	0,20	0,50
10	8000	0,40	0,50

Определить расчетно-аналитическим методом нормативные размеры партий деталей, проходящих обработку на участке, и потери от сокращения размеров партий против оптимальных.

Ограничительное условие — остаток незавершенного производства на складе не должен превышать 385 тыс. руб. Затраты на хранение деталей на складе $Z_b = 0,2 \cdot Z_{oj}$. Коэффициент неравномерности поступления заказов — 0,5.

Задача 8.3.

На участке обрабатываются мелкие изделия из изделия A : копиры № 07—73, 07—74 и 07—75; звездочки № 07—76; муфты № 07—127 и 07—128; приставки № 07—130 и 07—133; гайки № 07—131. На изделие идет по одной детали каждого вида. Ежемесячный выпуск изделий A — 1000 шт. Режим работы участка — двухсменный. Состав оборудования участка, закрепление операций и деталей за станками и штучное время по операциям (с учетом выполнения норм времени) приведены в табл. 8.9. Длительность подготовительно-заключительных работ на каждой операции технологического процесса — 15 мин.

Таблица 8.9

Закрепление операций за станками и затраты времени по операциям

Деталь	Номер детали	Закрепление операций за станками и штучное время по операциям					
		свер- лильным	про- тяжным	токар- ным	токар- ным	свер- лильным	резьбо- на- резным
Копир	07-73	1-1,4	2-0,9	3-1,8 5-1,7	4-2,9	6-1,5	7-0,2
Копир	07-74	1-1,3	2-1,0	3-2,0	4-1,0	—	5-6,1
Копир	07-75	1-1,4	2-0,9 3-0,7	4-2,4	5-1,0	6-1,0 7-0,5	8-0,4
Звездочка	07-76	1-1,6	2-0,8 3-0,7	4-2,7	5-1,0	6-1,0 7-0,5 8-1,0 9-1,7	—
Муфта	07-127	1-1,7	2-0,8 3-0,7	4-1,8	5-1,8	6-1,7 7-1,2	8-0,4
Муфта	07-128	1-1,3	2-1,9 4-2,6	3-2,0	5-1,9	7-4,5 8-2,3 9-3,1	6-0,3
Приставка	07-130	—	2-1,0	1-1,7 4-1,2	3-1,2	5-0,9	6-0,5
Приставка	07-133	1-1,2	2-0,8	3-1,6	4-1,0	5-1,5	—
Гайка	07-131	1-0,9	2-0,9	3-2,0	4-2,1	5-0,7	6-0,2

Примечание. Здесь первая цифра в колонке — номер операции, вторая — штучное время, мин.

Определить нормативный размер партии деталей и периодичность их запуска-выпуска. Построить календарный график запуска-выпуска партий деталей на участке механической обработки. Рассчитать нормативный уровень переходящих цикловых и складских заделов.

Задача 8.4.

Механический участок за месяц (21 рабочий день) выпускает 1050 деталей партиями по 210 шт. Детали проходят механообра-

ботку по следующим операциям: токарная, фрезерная, сверлильная и шлифовальная (штучное время выполнения операций: токарной — 6 мин; фрезерной — 4 мин; сверлильной — 2 мин; шлифовальной — 5 мин).

Выполнение норм времени по операциям составляет в среднем 135 %. Контроль качества выборочный: 10 % от размера партии, после 1-й и 4-й операций длительностью 1,5 мин на деталь. На передачу партии с операции на операцию и готовых изделий в цеховую кладовую требуется по 20 мин. Движение партии в процессе производства параллельное, причем до 30 % межоперационного времени поглощается временем технологических операций. Продолжительность смены — 8 ч. Определить нормативный размер циклового задела по деталям.

Задача 8.5.

Определить экономически целесообразный размер партии деталей расчетно-аналитическим методом. По полученным размерам партий деталей рассчитать величину переходящего задела на складе, снизить ее в 1,4 раза и скорректировать размеры партий. Определить потери за счет отклонения размера партий от оптимальных.

Данные о годовой производственной программе (N_j) и себестоимости единицы изделия (C_j) приведены в табл. 8.10. Затраты на запуск (Z_{0j}) составляют 1000 руб. для каждой детали.

Таблица 8.10

Исходные данные для расчетов

Номер детали	N_j , шт.	C_j , руб.
1	3000	500
2	7000	900
3	9000	600
4	6000	300
5	8000	200
6	9000	400
7	1000	700
8	2000	800
9	8000	300
10	7000	400

Коэффициент неравномерности поступления заказов равен 0,5. Затраты на хранение незавершенного производства составляют 25 % от себестоимости изготовления деталей.

Тема 9. Оперативное планирование массового производства

Краткие теоретические сведения

В условиях массового типа производства, как правило, находит свое применение подетальная система оперативного планирования.

Номенклатура на таких предприятиях узкая, объемы выпуска большие и стабильные, производство осуществляется, как правило, поточными методами.

Основной формой движения предметов труда в данном случае является параллельный поток. Заготовки, детали, сборочные единицы или собираемые изделия в основном передаются с операции на операцию или с одной поточной линии на другую не партиями, как это имело место в серийном производстве, а по каждому экземпляру предметов труда, т.е. поштучно или небольшими транспортными партиями. Поэтому движение отдельного предмета труда или небольшой партии их по всему циклу производства должны быть регламентированы во времени, а перемещение от операции к операции на линии определяться тактом (ритмом) потока.

За поточной линией, как правило, закрепляется изготовление одной детали (сборочной единицы).

Основной планово-учетной единицей по заводу является изделие, а по цехам — каждая отдельная деталь (сборочная единица).

За планово-учетный период в данной системе принимаются сутки, смена, час.

Основными календарно-плановыми нормативами являются: такт (ритм) поточной линии; длительность технологического и производственного циклов; внутрилинейные и межлинейные заделы; количество рабочих мест и коэффициенты их загрузки; другие календарно-плановые нормативы в зависимости от применяемой поточной линии (см. тема 3 «Организация поточного производства»).

Планово-учетными документами являются графики работы поточных линий (стандарт-планы).

Методические указания по расчету показателей приведены в теме 3.

Типовая задача с решением

Задача 9.1.

На участке механообрабатывающего цеха изготавливается эксцентрик. Материал — чугун. Род заготовки — отливка. Вес черновой — 0,35 кг, чистовой — 0,153 кг. Технологический процесс представлен в табл. 9.1. Месячная программа составляет 224 910 шт. В месяце 21 рабочий день. Режим работы — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 часов. Регламентированные перерывы для отдыха — 30 мин за смену. Брак по операциям отсутствует. Период оборота линий — 1 час.

Таблица 9.1
Технологический процесс изготовления эксцентрика

№ п/п	Операция	Норма времени, с		
		Машинное время (t_m)	Время занятости рабочего (t_s)	Оперативное время (t_{op})
1	2	3	4	5
1	Позиционная обработка	10,00	10,0	20,00
2	Предварительное обтачивание поверхности	18,20	9,1	27,30
3	Предварительное развертывание отверстий	4,67	4,68	9,35
4	Окончательное обтачивание поверхности	18,20	9,10	27,30
5	Зенкование фасочной и кольцевой выточек	4,45	4,45	8,90
6	Окончательное зенкование ходовой части	4,50	4,50	9,00
7	Фрезерование радиуса скоса	4,50	4,50	9,00
8	Снятие заусенцев и развертка отверстий	8,30	8,30	16,60
9	Ввертывание винта в эксцентрик	—	7,20	7,20
10	Черновое фрезерование паза ролика	9,40	9,40	18,80
11	Промывка деталей	—	3,60	3,60
12	Чистовое фрезерование паза для ролика	9,40	9,40	18,80

Необходимо разработать оперативно-календарный план работы поточной линии (ОППЛ, так как процесс несинхронизированный).

Решение

9.1.1. Расчет программы выпуска эксцентриков за период оборота линии, равный 1 ч:

$$N_{\text{в}} = \frac{N_m}{D \cdot K_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}}} = \frac{224910}{21 \cdot 2(8 - 0,5)} = 714 \text{ шт.}$$

9.1.2. Расчет такта поточной линии ведется по формуле (3.4)

$$t_{\text{пр}} = \frac{1 \cdot 60 \cdot 60}{714} = 5,04 \text{ с/шт.}$$

9.1.3. Определение величины транспортной партии.

Размер транспортной партии выбирается согласно табл. 9.2.

Таблица 9.2

*Статистические данные
для определения размера партии деталей*

Средняя трудоемкость одной операции, мин	Количество деталей весом до 1 кг, шт.							
	0,1	0,2	0,35	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
До 1	100	50	25	20	10	5	2	1
1—2	50	20	20	20	10	5	2	1
2—5	20	20	10	10	5	2	2	1
5—10	10	10	10	5	2	2	1	1
10—15	10	10	5	2	2	1	1	1

При средней трудоемкости одной операции меньше 1 мин и весе одной детали 0,35 кг размер партии принимается равным $p = 25$ шт.

9.1.4. Расчет ритма поточной линии ведется по формуле (3.5)

$$R_{\text{пр}} = 25 \cdot 5,04 = 126 \text{ с} = 2,1 \text{ мин/партию.}$$

9.1.5. Расчет количества рабочих мест и коэффициента их загрузки ведется по формулам (3.12) и (3.13) в табличной форме (табл. 9.3).

Таблица 9.3

Расчет количества рабочих мест и коэффициента их загрузки

Номер операции	Оперативное время ($t_{оп}$), с	Укрупненный тakt ($r_{пп}$)	Количество станков, шт.		Коэффициент загрузки рабочих мест (K_3)	Действительный тakt линии (r_d)
			расчетное (C_p)	принятое ($C_{пп}$)		
1	2	3	4	5	6	7
1	20,00	5,04	3,97	4	0,99	5,00
2	27,30	5,04	5,42	6	0,90	4,55
3	9,35	5,04	1,85	2	0,93	4,67
4	27,30	5,04	5,42	6	0,90	4,55
5	8,90	5,04	1,76	2	0,88	4,45
6	9,00	5,04	1,78	2	0,89	4,50
7	9,00	5,04	1,78	2	0,89	4,50
8	16,60	5,04	3,29	4	0,82	4,15
9	7,20	5,04	1,43	2	0,71	3,60
10	18,80	5,04	3,73	4	0,93	4,70
11	3,60	5,04	0,71	1	0,71	3,60
12	18,80	5,04	3,73	4	0,93	4,70
Итого	175,85	—	34,87	39	0,89	—

9.1.6. Определение действительного такта поточной линии. Расчет ведется по формуле (3.12). Для первой операции

$$r_{d1} = \frac{t_{оп1}}{C_{пп1}} = \frac{20}{4} = 5,0 \text{ с/шт.}$$

Для всех остальных операций расчет ведется в табл. 9.3, колонка 7.

9.1.7. Расчет потребного количества операторов на линии и коэффициента их загрузки ведется в следующей последовательности:

1) определяется норма обслуживания. Расчет ведется по формуле

$$K_H = \frac{t_{оп}}{t_3} = \frac{20}{10} = 2 \text{ станка;}$$

2) определение количества операторов. Расчет ведется по формуле

$$\text{Ч}_{\text{оп}} = \frac{t_3}{r_{\text{пр}}} = \frac{10}{5,04} = 1,98 \text{ (принимаем 2 чел.);}$$

3) определение загрузки операторов. Расчет ведется по формуле

$$K_{3, \text{оп}} = \frac{\text{Ч}_{\text{оп. р}}}{\text{Ч}_{\text{оп. пр}}} = \frac{1,98}{2} = 0,99.$$

Расчеты по всем операциям ведутся в табличной форме (табл. 9.4).

Таблица 9.4

Определение нормы обслуживания и численности рабочих-операторов

Номер операции	Норма времени ($t_{\text{оп}}$), с	Время занятости оператора (t_3), чел./с	Норма обслуживания (K_n), ст.	Расчетный такт ($r_{\text{пр}}$), с/шт.	Расчетное количество операторов ($\text{Ч}_{\text{оп. р}}$), чел.	Принятое число операторов ($\text{Ч}_{\text{оп. пр}}$), чел.	Коэффициент загрузки операторов, $K_{3, \text{оп}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	20,00	10	2	5,04	1,98	2	0,99
2	27,30	9,1	3	5,04	1,80	2	0,90
3	9,35	4,68	2	5,04	0,92	1	0,92
4	27,30	9,10	3	5,04	1,80	2	0,90
5	8,90	4,45	2	5,04	0,88	1	0,88
6	9,00	4,50	2	5,04	0,89	1	0,89
7	9,00	4,50	2	5,04	0,89	1	0,89
8	16,6	8,30	2	5,04	1,65	2	0,82
9	7,2	7,20	1	5,04	1,43	2	0,71
10	18,80	9,40	2	5,04	1,86	2	0,93
11	3,60	3,60	1	5,04	0,71	1	0,71
12	18,80	9,40	2	5,04	1,86	2	0,93
Итого	175,85	84,23	—	—	16,67	19	0,88

9.1.8. Распределение нагрузки между операторами производится в табличной форме (табл. 9.5).

Из табл. 9.5 видно, что не все рабочие-операторы загружены на 100 % в течение рабочей смены. Желательно их загрузить так, чтобы приблизить принятое количество к расчетному (см. табл. 9.4). В этих целях строится график регламентации труда.

Таблица 9.
Распределение нагрузки между операторами

Номер операции	Принятое количество станков ($C_{пр}$)	Принятое количество операторов ($N_{оп. пр}$)	Норма обслуживания (K_n)	Номер рабочих операторов	Процент загрузки операторов	Распределение загрузки по станкам	Процент загрузки операторов по станкам
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	2	2	1, 2	99	2 2	99 99
2	6	2	3	3, 4	90	3 3	100 80
3	2	1	2	5	92	2 —	92 —
4	6	2	3	6, 7	90	3 3	100 80
5	2	1	2	8	88	2 —	88 —
6	2	1	2	9	89	2 —	89 —
7	2	1	2	10	89	2 —	89 —
8	4	2	2	11, 12	82	2 2	100 65
9	2	2	1	13, 14	71	1 1	100 43
10	4	2	2	15, 16	93	2 2	100 86
11	1	1	1	17	71	1 —	71 —
12	4	2	2	18, 19	93	2 2	100 86
Итого	39	19	—	—	88	— —	— —

9.1.9. Составление графика-регламента загрузки рабочих мест и работы операторов, т.е. составление стандарт-плана работы поточной линии (рис. 9.1).

Из рис. 9.1 видно, что имеется возможность высвободить одного рабочего на операции № 9. Эта операция весьма простая и может выполняться без регламентированных перерывов, тогда работа, выполняемая 14-м рабочим, может быть выполнена 12-м рабочим, так как рабочий на 8-й операции загружен лишь

на 65 %, а рабочий на 9-й операции — на 43 % и тем самым сократить численность операторов на одного человека.

Таким образом, путем распределения нагрузки между операторами за счет полной загрузки одних станков и высвобождения части времени на других станках по каждой операции, получим, что для обслуживания поточной линии необходимо иметь 18 операторов в смену.

Номер операции	Норма времени	Такт потока (r_{II})	Количество станков	Загрузка станков		Номер рабочих операторов	Порядок обслуживания	График работы оборудования и перехода рабочих за $T_o = 60$ мин						Часовой выпуск изделия	
				%	мин			10	20	30	40	50	60		
1	20,00	5,00	2	99	59,4	1	1, 2								357
			2	99	59,4	2	3, 4								357
2	27,30	4,55	3	100	60,0	3	5, 6, 7								397
			3	80	48,0	4	8, 9, 10								317
3	9,35	4,67	2	92	55,2	5	11, 12								714
4	27,30	4,55	3	100	60,0	6	13, 14, 15								397
			3	80	48,0	7	16, 17, 18								317
5	8,90	4,45	2	88	52,8	8	19, 20								714
6	9,00	4,50	2	89	53,4	9	21, 22								714
7	9,00	4,50	2	89	53,4	10	23, 24								714
8	16,60	4,15	2	100	60,0	11	25, 26								433
			2	65	39,0	12	27, 28, 30								281
9	7,20	3,60	1	100	60,0	13	29								504
			1	43	25,8	14	30, 27, 28								210
10	18,80	4,70	2	100	60,0	15	31, 32								383
			2	86	51,6	16	33, 34								331
11	3,60	3,60	1	71	42,6	17	35								714
12	18,80	4,70	2	100	60,0	18	36, 37								383
			2	86	51,6	19	38, 39								331

Рис. 9.1. Стандарт-план работы ОППЛ:
 — время работы оборудования; время простоя оборудования; переходы рабочих с одного рабочего места на другое

Поскольку поточная линия работает в две смены и имеют место невыходы на работу, которые планируются в размере 10 %, списочное количество рабочих-операторов составляет

$$Ч_{\text{сп}} = 18 \cdot 2 \cdot 1,1 = 40 \text{ человек.}$$

9.1.10. Расчет межоперационных оборотных заделов ведется по формуле (3.36) между каждой парой смежных операций в табличной форме (табл. 9.6).

Таблица 9.6
Расчет межоперационных оборотных заделов

Частные периоды	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов, шт.	Площадь эпюр, деталей/мин
1	2	3	4
T_1	48	Между 1-й и 2-й операциями $Z'_{1,2} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 4}{20} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} = -57$	1368
T_2	11,4	$Z''_{1,2} = \frac{11,4 \cdot 60 \cdot 4}{20} - \frac{11,4 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} = +57$	342
И т о г о			1710
T_1	48	Между 2-й и 3-й операциями $Z'_{2,3} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} = +17$	1848
T_2	7,2	$Z''_{2,3} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{47,2 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} = -47$	169
T_3	4,8	$Z'''_{2,3} = \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 0}{9,35} = +30$	72
И т о г о			2109
T_1	48	Между 3-й и 4-й операциями $Z'_{3,4} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} = -17$	408
T_2	7,2	$Z''_{3,4} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} - \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} = +47$	169
T_3	4,8	$Z'''_{3,4} = \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 0}{9,35} - \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} = -30$	153
И т о г о			730

1	2	3	4
T_1	48	Между 4-й и 5-й операциями $Z'_{4,5} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 2}{8,9} = -14$	1920
T_2	4,8	$Z''_{4,5} = \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 2}{8,9} = -33$	72
T_3	7,2	$Z'''_{4,5} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 0}{8,9} = +47$	169
Итого			2161
T_1	52,8	Между 5-й и 6-й операциями $Z'_{5,6} = \frac{52,8 \cdot 60 \cdot 2}{8,9} - \frac{52,8 \cdot 60 \cdot 2}{9} = +8$	211
T_2	0,6	$Z''_{5,6} = \frac{0,6 \cdot 60 \cdot 0}{8,9} - \frac{0,6 \cdot 60 \cdot 2}{9} = -8$	2
Итого			213
T_1	53,4	Между 6-й и 7-й операциями $Z'_{6,7} = \frac{53,4 \cdot 60 \cdot 2}{9} - \frac{53,4 \cdot 60 \cdot 2}{9} = 0$	0
Итого			0
T_1	39	Между 7-й и 8-й операциями $Z'_{7,8} = \frac{39 \cdot 60 \cdot 2}{9} - \frac{39 \cdot 60 \cdot 4}{16,6} = -44$	858
T_2	14,4	$Z''_{7,8} = \frac{14,4 \cdot 60 \cdot 2}{9} - \frac{14,4 \cdot 60 \cdot 2}{16,6} = +88$	633
T_3	6,6	$Z'''_{7,8} = \frac{6,6 \cdot 60 \cdot 0}{9} - \frac{66 \cdot 60 \cdot 2}{16,6} = -44$	435
Итого			1926
T_1	39	Между 8-й и 9-й операциями $Z'_{8,9} = \frac{39 \cdot 60 \cdot 4}{16,6} - \frac{39 \cdot 60 \cdot 1}{7,2} = +200$	3900
T_2	21	$Z''_{8,9} = \frac{21 \cdot 60 \cdot 2}{16,6} - \frac{21 \cdot 60 \cdot 2}{7,2} = -200$	2100
Итого			6000

1	2	3	4
T_1	39	Между 9-й и 10-й операциями $Z'_{9,10} = \frac{39 \cdot 60 \cdot 1}{7,2} - \frac{39 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} = -170$	3315
T_2	12,6	$Z''_{9,10} = \frac{12,6 \cdot 60 \cdot 2}{7,2} - \frac{12,6 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} = +59$	372
T_3	8,4	$Z'''_{9,10} = \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{7,2} - \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{18,8} = +111$	962
Итого			4649
T_1	42,6	Между 10-й и 11-й операциями $Z'_{10,11} = \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} - \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 1}{3,6} = -166$	3536
T_2	9	$Z''_{10,11} = \frac{9 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} - \frac{9 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} = +113$	508
T_3	8,4	$Z'''_{10,11} = \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{18,8} - \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} = +53$	1171
Итого			5215
T_1	42,6	Между 11-й и 12-й операциями $Z'_{11,12} = \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 1}{3,6} - \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} = +166$	3536
T_2	9	$Z''_{11,12} = \frac{9 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} - \frac{9 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} = -113$	985
T_3	8,4	$Z'''_{11,12} = \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} - \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{18,8} = -53$	127
Итого			4648
Всего по линии			29 361

Частные периоды для расчета оборотных заделов принимаются из графика движения заделов (рис. 9.2).

9.1.11. Расчет площадей эпюров оборотных заделов ведется по рис. 9.2, а результаты заносятся в табл. 9.6, колонка 4. Расчет площадей эпюров оборотных заделов необходим для расчета средней величины межоперационных оборотных заделов между каждой парой смежных операций и в целом по линии.

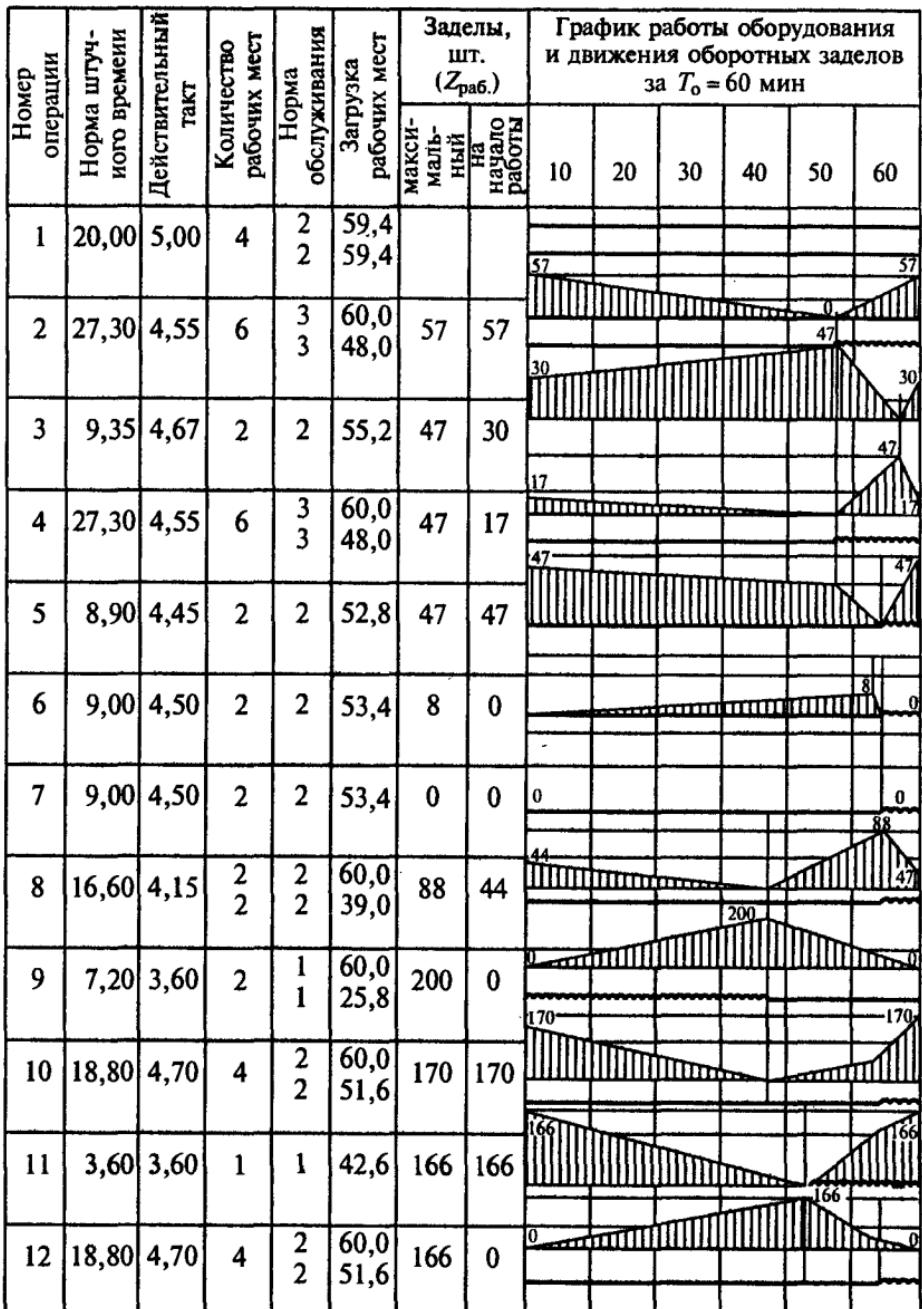


Рис. 9.2. График движения оборотных заделов

9.1.12. Расчет средней величины межоперационных оборотных заделов в целом по линии ведется по формуле (3.38)

$$Z_{\text{ср. об}} = \frac{29361}{60} = 489 \text{ шт.}$$

9.1.13. Расчет величины незавершенного производства. Расчет средней величины незавершенного производства в нормо-часах, без учета затрат труда в предыдущих цехах, определяется по формуле (3.31)

$$H = 489 \left(\frac{175,85}{2 \cdot 60 \cdot 60} + 0 \right) = 11,2 \text{ ч.}$$

9.1.14. Расчет длительности технологического цикла ведется по формуле (3.39)

$$T_q = 489 \frac{5,04}{60 \cdot 60} = 0,68 \text{ ч.}$$

Задачи для решения

Задача 9.2.

Из механического цеха завода в сборочный детали подаются партиями через каждые 3 дня. Сборочный цех запускает их в производство партиями, равными однодневной потребности. На складе механического цеха предусматривается страховой запас деталей, равный шестидневной потребности сборочного цеха. Длительность производственных циклов (T_u) обработки в механическом цехе составляет 4 дня, а в сборочном — 6 дней.

Определить время опережения запуска-выпуска партии деталей в производство относительно окончания сборки изделия A.

Задача 9.3.

Детали из механического цеха подаются в сборочный. Длительность производственного цикла обработки в механическом цехе составляет 8 дней, в сборочном цехе — 10 дней. Страховой запас перед сборочным цехом равен 15 комплектам деталей. Среднедневная потребность сборочного цеха — 3 комплекта.

Определить время опережения начала обработки изделий в механическом цехе по сравнению с окончанием сборки в сборочном цехе.

Тема 10. Организация многостаночного обслуживания

Краткие теоретические сведения

Одной из эффективных форм организации труда, способствующей значительному повышению его производительности, является многостаночное обслуживание.

Многостаночное обслуживание — это такая форма организации труда, при которой один рабочий или бригада исполнителей работают одновременно на нескольких станках (машинах, агрегатах), выполняя ручные приемы на каждом из них в период автоматической работы всех остальных¹. Возможность многостаночного обслуживания основывается на том, что рабочий практически занят только во время выполнения ручных приемов. Время ручных приемов перемежается со временем машинной работы этого же станка, которое рабочий может использовать для выполнения ручных приемов на других станках.

В заводской практике применяются различные варианты многостаночного обслуживания. Обслуживание станков-дублеров, выполняющих одинаковые операции; обслуживание станков, занятых последовательными операциями по обработке одной и той же детали; обслуживание однотипных и разнотипных станков, загруженных различными деталеоперациями.

В зависимости от соотношения длительности совмещаемых операций возможны различные сочетания работы станков, в частности:

1) станки-дублеры, на которых выполняются операции равной длительности, а время занятости рабочего на одном станке равно времени машинной работы данного станка (рис. 10.1, а);

2) станки-дублеры, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего на одном станке меньше, чем машинное время данного станка в кратное число раз (рис. 10.1, б);

3) станки-дублеры, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего несколько больше, чем машинное время данного станка (рис. 10.1, в);

¹ В дальнейшем для краткости будем употреблять единые понятия «исполнитель» («рабочий») и «станок», имея при этом в виду, что это могут быть как исполнитель, так и бригада, а также как станки, так и машины, установки.

Номер станка	Время, мин			Цикл работы многостаночника
	t_3	t_m	$t_{оп}$	
1	2	2	4	t_3 t_m
2	2	2		$t_{ц}$ $t_{ц}$
Рабочий				

a

Номер станка	Время, мин			Цикл работы многостаночника
	t_3	t_m	$t_{оп}$	
1	3	6	9	t_3 t_m
2	3			$t_{ц}$
3	3	6	9	$t_{ц}$
Рабочий				

б

Номер станка	Время, мин			Цикл работы многостаночника
	t_3	t_m	$t_{оп}$	
1	5	4	9	t_3 t_m $t_{пр. об}$
2	5			$t_{ц}$ $t_{ц}$
Рабочий				

в

Рис. 10.1. Некоторые варианты многостаночного обслуживания (окончание см. на с. 201):

t_3 — время занятости рабочего на обслуживаемом станке, мин; t_m — машинное время автоматической работы станка, мин; $t_{оп}$ — операционное время обслуживаемого станка, мин; $t_{пр. об}$ — время простоя станков за цикл обслуживания, мин; $t_{пр. р}$ — свободное от работы время многостаночника за цикл обслуживания, мин; $t_{ц}$ — время занятости многостаночника за цикл обслуживания, мин



Рис 10.1. Окончание (начало см. на с. 200)

4) различные станки, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего на каждом станке различное и меньше, чем машинное время на каждом из обслуживаемых станков (рис. 10.1, σ);

5) различные станки, на которых выполняются операции неравной длительности и время занятости рабочего на каждом станке различное и меньше, чем машинное время, в некратное число раз (рис. 10.1, δ).

На рис. 10.1 видно, что в первом и во втором случаях имеется полная загрузка и рабочего, и оборудования, в третьем случае частично простаивают станки, в четвертом случае имеется некоторый запас времени у рабочего, а в пятом случае частично простаивает и оборудование, и рабочий-многостаночник.

Рациональное построение многостаночного обслуживания заключается в таком подборе операций, при котором обеспечивает-

ся наиболее полная загрузка оборудования при полной занятости рабочего-многостаночника.

В этой связи необходимым является: расчет числа возможно обслуживаемых станков; построение графиков обслуживания оборудования; расчет длительности цикла многостаночного обслуживания; расчет коэффициента загрузки оборудования; расчет коэффициента загрузки рабочего-многостаночника; определение расходов на единицу оперативного времени работы станка при различных вариантах числа обслуживаемого оборудования.

Кроме того, организация многостаночного обслуживания требует решения следующих задач:

1) создание организационных условий для его внедрения;

2) установление норм времени на выполнение технологических операций с выделением времени на выполнение всех ручных приемов и активное наблюдение за работой станка;

3) установление маршрута движения для многостаночника и определение времени на переход рабочего от одного станка к другому.

Исходя из этого основными организационными условиями развития многостаночного обслуживания являются:

1) рациональная планировка участка, обеспечивающая хороший обзор станков и кратчайшие маршруты перехода рабочего от одного станка к другому;

2) совершенствование форм разделения и кооперации труда (передача ряда обслуживающих функций вспомогательным рабочим и введение регламентированного обслуживания, переход к коллективным формам организации труда и т.д.);

3) рациональный подбор деталей, подлежащих обработке на многостаночном комплексе, с точки зрения конструктивных форм и размеров, общности технологических операций и переходов;

4) увеличение размеров партий обрабатываемых деталей на основе специализации рабочих мест многостаночников;

5) совершенствование структуры затрат времени на выполнение операции путем автоматизации технологического процесса, изменение режимов обработки и т.д.

Не рассматривая классификацию вариантов многостаночного обслуживания, следует отметить, что для его организации наиболее существенную роль играют структура, длительность и повторяемость операций.

Расчет числа станков (n), обслуживаемых рабочим-оператором, ведется по формуле

$$n = \frac{t_m}{t_3} + 1, \quad (10.1)$$

где t_m — машинное время работы станка, мин; t_3 — время занятости рабочего на обслуживаемом станке, оно состоит из следующих элементов:

$$t_3 = \sum t_B + \sum t_H + \sum t_{\text{пер}}, \quad (10.2)$$

где $\sum t_B$ — суммарное время, необходимое для выполнения всех ручных приемов на станке (установка, снятие детали, включение станка, подвод резца и т.д.), мин; $\sum t_H$ — суммарное время активного наблюдения за работой станка, требующее присутствия рабочего-многостаночника, мин; $\sum t_{\text{пер}}$ — время, затрачиваемое рабочим на переход от одного станка к другому, согласно установленному маршруту движения, мин.

Однако следует иметь в виду, что при расчете количества станков, на которых должен будет работать рабочий, не всегда получается целое число. Поэтому, если число станков получилось целое, можно считать, что получен наиболее желательный вариант многостаночной работы, а если получилось дробное число, то его необходимо округлить в большую или меньшую сторону.

Если принятое число станков ($n_{\text{пр}}$) меньше, чем расчетное (n_p), тогда $(n - 1) \cdot t_3 < t_m$. При этом рабочий имеет свободное время ($t_{\text{пр.} p}$) в цикле обслуживания, величина которого может быть рассчитана по следующей формуле:

$$t_{\text{пр.} p} = t_m - (n - 1) t_3. \quad (10.3)$$

Если принятое число станков ($n_{\text{пр}}$) больше, чем расчетное (n_p), тогда $(n - 1) t_3 > t_m$. При этом рабочий не успевает за время цикла обслужить все станки и они будут определенное время простоять ($t_{\text{пр. об}}$). Это время можно определить по формуле

$$t_{\text{пр. об}} = t_m - (n - 1) t_3. \quad (10.4)$$

После расчета количества станков и времени простоя оборудования или рабочего-станочника строятся графики многостаночного обслуживания по выбранным вариантам (см. рис. 10.1). Далее рассчитывается длительность цикла многостаночного обслуживания.

Длительность цикла многостаночного обслуживания — это время от начала обслуживания первого по маршруту станка до момента возвращения рабочего к этому же станку.

Определяется длительность цикла многостаночного обслуживания по формуле

$$t_{ц} = \max t_{оп} + t_{пр. об} \quad (10.5)$$

или

$$t_{ц} = \sum_{i=1}^n t_{зi} + t_{пр. р}, \quad (10.6)$$

где $\max t_{оп}$ — максимальная продолжительность одной из выполняемых операций при многостаночном обслуживании. С точки зрения структуры затрат времени

$$t_{оп} = t_3 + t_m. \quad (10.7)$$

Коэффициент загрузки оборудования рассчитывается по формуле

$$K_{з. об} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{оп}}{n \cdot t_{ц}}. \quad (10.8)$$

Коэффициент загрузки рабочего-многостаночника рассчитывается по формуле

$$K_{з. р} = \frac{\sum_{i=1}^n t_3}{t_{ц}}. \quad (10.9)$$

Выбор первого или второго варианта обслуживания станков определяется конкретными организационно-техническими условиями и затратами, связанными с простоями рабочего и станков. Оптимальное число станков можно определить, сравнивая расходы на единицу оперативного времени работы станка при различных вариантах числа обслуживающего оборудования. При этом в качестве целевой функции, соответствующей критерию минимума затрат на единицу продукции, используется функция

$$\varphi = \frac{n \cdot C + 1}{I}, \quad (10.10)$$

где C — коэффициент, показывающий отношение затрат, связанных с простоем оборудования, к затратам на содержание одного рабочего; I — среднее количество работающих станков в течение цикла многостаночного обслуживания.

При определении коэффициента C в расходах на эксплуатацию станка учитываются затраты, которые меняются с изменением числа станков, необходимых для выпуска одинакового объема продукции. К ним в основном относятся амортизационные расходы, расходы на текущий ремонт станков, электроэнергию, эксплуатацию производственных помещений и т.д. Они рассчитываются или устанавливаются по таблицам, разрабатываемым отраслевыми институтами. Расходы на заработную плату определяются по данным предприятия с учетом квалификации рабочего, обслуживающего данные станки.

Среднее количество работающих станков в течение цикла определяется исходя из графика многостаночной работы.

Вариант числа обслуживаемых станков, при котором значение функции ϕ будет минимальным, является оптимальным. При установлении же нормы обслуживания необходимо учитывать потребности и возможности производства. Здесь возможны два вида отклонений от нормальных условий:

1) число рабочих данной специальности и квалификации меньше необходимого для выполнения плана;

2) имеет место недостаток оборудования.

В первом случае норма обслуживания устанавливается с учетом более полной занятости рабочего, во втором — с учетом более полной загрузки оборудования.

Типовая задача с решением

Задача 10.1.

Определить количество станков-дублеров, которое может обслуживать один многостаночник при условии, что машинное время работы $t_m = 5$ мин, а время занятости рабочего $t_3 = 2$ мин. Рассчитать время простоя оборудования и время простоя рабочего-многостаночника при обслуживании рабочим $n_{\text{пр}} < n_p$ или $n_{\text{пр}} > n_p$. Построить графики многостаночной работы по вариантам, рассчитать длительность цикла многостаночного обслуживания по вариантам, коэффициенты загрузки оборудования и рабочего, определить оптимальное число обслуживаемых станков.

Решение

10.1.1. Расчет числа станков, на которых может одновременно работать многостаночник, ведется по формуле (10.1)

$$n = \frac{5}{2} + 1 = 3,5.$$

Получили дробное число, которое необходимо округлить до целого числа, т.е. $n_1 = 3$ станка или $n_2 = 4$ станка.

10.1.2. Расчет времени простоя рабочего-многостаночника и времени простоя оборудования (станков-дублеров) при обслуживании рабочим 3 и 4 станков:

$$t_{\text{пр. р1}} = t_M - (n - 1) t_3 = 5 - (3 - 1) 2 = 1.$$

Машинное время на первом станке больше на 1 мин, чем время занятости рабочего на всех остальных обслуживаемых станках, следовательно, $t_{\text{пр. р1}} = 1$ мин, а $t_{\text{пр. об1}} = 0$ мин:

$$t_{\text{пр. р2}} = 5 - (4 - 1) 2 = -1.$$

Машинное время на первом станке (-1) оказалось меньше, чем время занятости рабочего на всех остальных обслуживаемых станках, следовательно, $t_{\text{пр. р2}} = 0$ мин, а $t_{\text{пр. об2}} = 1$ мин.

10.1.3. Построение графиков многостаночной работы по первому и второму вариантам (рис. 10.2 и 10.3) при $n_1 = 3$ и $n_2 = 4$ станка.

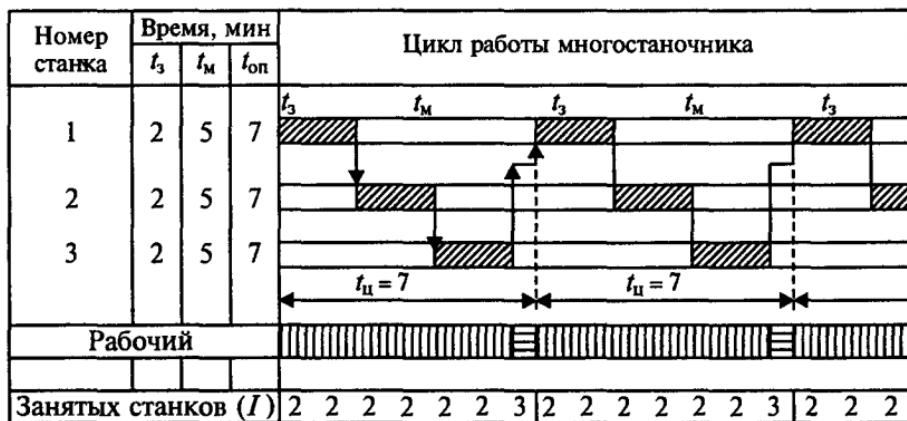


Рис. 10.2. График многостаночной работы при $n = 3$

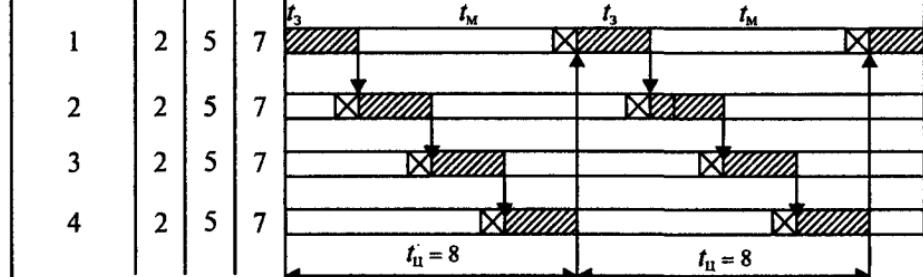
Номер станка	Время, мин			Цикл работы многостаночника									
	t_3	t_M	$t_{оп}$										
1	2	5	7	t_3		t_M		t_3		t_M			
2	2	5	7		\times				\times				
3	2	5	7			\times				\times			
4	2	5	7				\times				\times		
Рабочий													
Занятых станков (I)		3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2

Рис. 10.3. График многостаночной работы при $n = 4$

10.1.4. Расчет длительности цикла многостаночного обслуживания по обоим вариантам:

$$t_{u1} = \sum_{i=1}^3 t_{3i} + t_{\text{пр. п}} = 2 + 2 + 2 + 1 = 7 \text{ мин};$$

$$t_{u2} = \sum_{i=1}^4 t_{3i} + t_{\text{пр. п}} = 2 + 2 + 2 + 2 + 0 = 8 \text{ мин.}$$

10.1.5. Расчет коэффициента загрузки оборудования по обоим вариантам:

$$K_{3.061} = \frac{\sum_{i=1}^3 t_{\text{оп}}}{n \cdot t_u} = \frac{7 + 7 + 7}{3 \cdot 7} = 1;$$

$$K_{3.062} = \frac{\sum_{i=1}^4 t_{\text{оп}}}{n \cdot t_u} = \frac{7 + 7 + 7 + 7}{4 \cdot 8} = 0,87.$$

10.1.6. Расчет коэффициента загрузки рабочего-многостаночника по обоим вариантам:

$$K_{3.p1} = \frac{\sum_{i=1}^3 t_3}{t_u} = \frac{2 + 2 + 2}{7} = 0,86;$$

$$K_{3, p2} = \frac{\sum_{i=1}^4 t_3}{t_{\text{ц}}} = \frac{2+2+2+2}{8} = 1.$$

10.1.7. Определение оптимального количества обслуживаемых станков. Для этого предварительно находится значение I .

В нижней части рисунков приведены количества действующих станков в первую, вторую, третью и т.д. минуты цикла многостаночной работы. Среднее значение I за цикл будет равно:

при $n = 3$

$$I = \frac{2+2+2+2+2+2+3}{7} = \frac{15}{7} = 2,14;$$

при $n = 4$

$$I = \frac{3+2+3+2+3+2+3+2}{8} = \frac{20}{8} = 2,5.$$

Определяем значение Φ при различных значениях C .

При $C = 1,0$

$$\Phi_{(n=3)} = \frac{3 \cdot 1 + 1}{2,14} = 1,87;$$

$$\Phi_{(n=4)} = \frac{4 \cdot 1 + 1}{2,5} = 2,0.$$

При $C = 0,5$

$$\Phi_{(n=3)} = \frac{3 \cdot 0,5 + 1}{2,14} = 1,17;$$

$$\Phi_{(n=4)} = \frac{4 \cdot 0,5 + 1}{2,5} = 1,2.$$

При $C = 0,2$

$$\Phi_{(n=3)} = \frac{3 \cdot 0,2 + 1}{2,14} = 0,75;$$

$$\Phi_{(n=4)} = \frac{4 \cdot 0,2 + 1}{2,5} = 0,72.$$

Таким образом, если исходить из критерия минимума затрат на единицу продукции, то при $C = 1,0$ и $C = 0,5$ следует принять n равным 3, а при $C = 0,2$ — равным 4.

Наряду с выбором оптимального количества обслуживаемых станков (n), важным параметром многостаночного обслуживания является расчет нормы штучного времени.

Рассчитаем норму штучного времени ($t_{шт}$) при организации многостаночного обслуживания исходя из заданных процентов от времени цикла на организационное ($A_{опр}$) и техническое ($A_{тех}$) обслуживание рабочих мест (станков) и времени, затрачиваемого на отдых и личные надобности ($A_{отд}$).

При расчете $t_{шт}$ можно принять $A_{опр} = 3\%$, $A_{тех} = 7\%$, $A_{отд} = 5\%$, тогда

$$t_{шт1} = \frac{t_u}{n} \left(1 + \frac{A_{опр} + A_{тех} + A_{отд}}{100} \right) = \frac{7}{3} \left(1 + \frac{3 + 7 + 5}{100} \right) = 2,7 \text{ мин};$$

$$t_{шт2} = \frac{8}{4} \left(1 + \frac{3 + 7 + 5}{100} \right) = 2,3 \text{ мин.}$$

Как видно из формулы расчета, структура нормы времени при многостаночной работе отличается от нормы штучного времени в условиях работы на одном станке тем, что здесь вместо оперативного времени ($t_{оп}$) берется время цикла многостаночного обслуживания, разделенное на число обслуживаемых станков.

Задачи для решения

Задача 10.2.

Рассчитать количество станков-дублеров, которое может обслужить один многостаночник при условии, что $t_m = 10,5$ мин, а $t_3 = 1,7$ мин. Определить величину простоя станков в цикле, если рабочему дать для обслуживания на один станок больше рассчитанного ($n_{пр} > n_p$).

Задача 10.3.

Определить аналитически и графически свободное время рабочего в течение цикла многостаночного обслуживания станков-дублеров, если $t_{пр} = 25$ мин, $t_3 = 5,9$ мин.

Задача 10.4.

Определить норму обслуживания станков, длительность цикла многостаночного обслуживания, степень занятости рабочего, коэффициент загрузки оборудования и норму выработки за смену, если $t_m = 20$ мин, $t_3 = 9$ мин. Время на обслуживание рабочего места и личные надобности составляет 7 % от времени смены.

Тема 11. Организация обслуживания технологического оборудования промышленным роботом

Краткие теоретические сведения

Промышленный робот (ПР) — это перепрограммируемая автоматическая машина, применяемая в производственном процессе для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям человека. ПР способен воспроизводить некоторые двигательные и умственные функции человека при выполнении им основных и вспомогательных производственных операций без непосредственного участия человека. Для этого ПР наделяют некоторыми способностями: слухом, зрением, осязанием, памятью и др., а также способностью к самоорганизации, самообучению и адаптации к внешней среде.

Уже сегодня ПР заменяют людей у станков с ЧПУ, там, где преобладает монотонный ручной труд, где работают с радиоактивными, токсичными, взрывоопасными веществами, в сложных температурных условиях, в условиях повышенной вибрации, шума, загрязненности воздуха, в тесных помещениях и т.д.

Разнообразие производственных процессов и условий производства предопределяет наличие различных типов роботов и соответственно различных роботизированных технологических комплексов (РТК).

Простейшим типом РТК является роботизированная технологическая ячейка (единица роботизированного оборудования), в которой выполняется некоторое количество вспомогательных технологических операций.

Более крупным РТК является роботизированный технологический участок (несколько роботизированных единиц оборудования). На нем ПР выполняет ряд вспомогательных технологических операций. Если операции осуществляются в едином технологическом процессе, комплекс представляет собой роботизированную технологическую линию.

При проектировании различных видов РТК, как правило, выделяются два этапа.

На первом этапе рассматриваются проблемы производства, выбираются объекты роботизации, состав основного технологическо-

го оборудования, вид движения деталей, система рационального автоматизированного управления технологическим процессом и функциональными задачами.

На втором этапе осуществляется непосредственное проектирование РТК, формируется структура, определяется количество и характеристики ПР и технологического оборудования, разрабатываются рациональные планировки оборудования РТК в производственном помещении, выбираются компоновочные схемы РТК, составляются и отлаживаются алгоритмы и программы системы управления РТК, необходимые в период функционирования.

Компоновочные схемы РТК зависят от решаемых технологических задач, уровня автоматизации, количества и типа ПР, их технических и функциональных возможностей. Различают индивидуальное и групповое обслуживание технологического оборудования ПР.

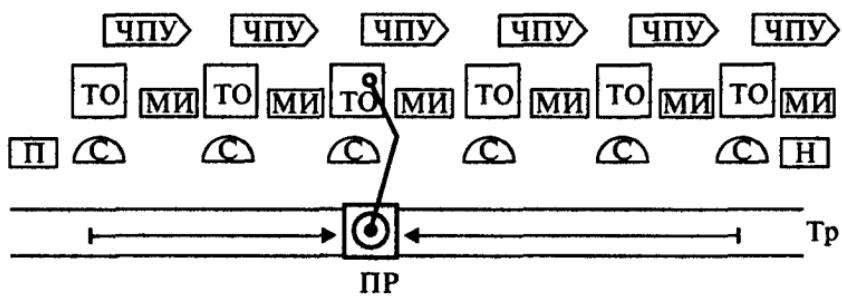
При индивидуальном обслуживании оборудования ПР встроен в единицу технологического оборудования; размещен рядом с единицей технологического оборудования; несколько ПР обслуживают единицу технологического оборудования.

При групповом обслуживании оборудования один ПР обслуживает несколько единиц технологического оборудования при линейном или круговом его расположении (при линейной или цилиндрической системе координат).

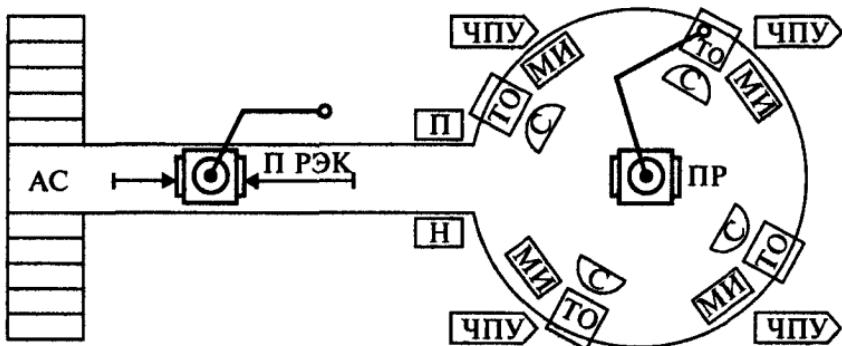
Важнейшим направлением при создании РТК является использование компоновочных схем, основанных на групповом обслуживании технологического оборудования.

При формировании участка с линейной формой компоновки технологическое оборудование располагается вдоль прямоточно-возвратной трассы в одну или насколько линий, а ПР перемещается по напольным или подвесным направляющим этой трассы. Предположим, что в качестве средства, осуществляющего транспортировку деталей от одного станка к другому и обслуживание станков, используется напольный подвижной ПР, тогда компоновка участка будет выглядеть, как показано на рис. 11.1, а.

При формировании участка с круговой формой компоновки технологическое оборудование располагается по окружности, в центре которой устанавливается ПР для выполнения транспортной и обслуживающей операций (рис. 11.1, б).



a



б

Рис. 11.1. Линейная (*а*) и круговая (*б*) компоновочные схемы расположения оборудования, обслуживаемого ПР:

ТО — технологическое оборудование, ЧПУ — устройство числового программного управления, МИ — магазин инструмента,
 С — стол для деталей, ПР — подвижной промышленный робот,
 Тр — трасса промышленного робота, П — питатель заготовками,
 Н — накопитель деталей

Рассмотрим выбор наилучшего варианта группового обслуживания технологического оборудования, расположенного в линейной системе координат (см. рис. 11.1, *а*). Пусть производственная система состоит из m станков, расположенных в линейной системе координат, и одного ПР. Форма обслуживания последовательная.

Суть такой формы обслуживания состоит в следующем: любая деталь (изделие) должна пройти последовательную обработку на каждом из станков согласно технологическому процессу. Перед каждым станком есть стол, где может находиться не более одной заготовки, ожидающей своей очереди на обработку. Вре-

мя обработки деталей (машинное время и время, необходимое для загрузки — разгрузки) на 1, ..., m станках обозначим соответственно t_1, t_2, \dots, t_m (от $i = 1$ до m); время, необходимое для переноса (транспортировки) деталей от 1-го станка ко 2-му, — t_{tp1} , от 2-го к 3-му, — t_{tp2} , к m -му — t_{tpm} .

Допустим, что время, необходимое ПР для переноса заготовки из питателя к 1-му станку и детали с m -го станка к накопителю, достаточно мало и им можно пренебречь.

Выбор наилучшего варианта группового обслуживания оборудования заключается в следующем: найти такой вариант обслуживания станков ПР при последующей форме обслуживания, который бы обеспечил минимальную длительность цикла обслуживания и максимальную загрузку оборудования.

Возможны следующие варианты обслуживания оборудования:

1. ПР, двигаясь от 1-го к m -му станку, поочередно их загружает, двигаясь в обратную сторону, поочередно разгружает. В этом случае длительность цикла ($T_{ц1}$) обслуживания технологического оборудования можно рассчитать по следующим формулам:

$$T_{ц1} = 2 \sum_{i=1}^{m-1} t_{tpi} + \sum_{i=1}^{m-1} t_{pri}, \quad (11.1)$$

$$t_{pri} = t_i - 2 \sum_{k=1}^{m-1} t_{tpk} + \sum_{k=i+1}^{m-1} t_{prk}, \quad (11.2)$$

где $2 \sum_{i=1}^{m-1} t_{tpi}$ — время, которое ПР затрачивает на транспортировку деталей от i -го станка к m -му станку и возвращение в исходную позицию к 1-му станку, мин; t_{pri} — время простоя ПР в ожидании окончания обработки деталей на каждой операции, следующей за i -й, мин; $2 \sum_{k=1}^{m-1} t_{tpk}$ — время, которое ПР тратит на перемещение от m -го станка к i -му станку и возвращение его в исходную позицию, мин; $\sum_{k=i+1}^{m-1} t_{prk}$ — время простоя ПР на каждой k -й операции в ожидании ее окончания, мин.

2. ПР, двигаясь от 1-го к m -му станку, одновременно разгружает и загружает станки, затем от m -го станка возвращается к 1-му, и процесс повторяется. В этом случае длительность цикла ($T_{ц2}$) можно рассчитать по следующим формулам:

$$T_{\text{ц2}} = 2 \sum_{i=1}^{m-1} t_{\text{тр}i} + 2 \sum_{k=1}^m \min\{t_{\text{тр}k}, t_{\text{тр}k+1}\} + \sum_{i=1}^m t_{\text{нр}i}, \quad (11.3)$$

$$t_{\text{нр}i} = t_i - 2 \sum_{i=1}^{m-1} t_{\text{тр}k} - 2 \sum_{k=1}^m t_{\text{тр}k} + \sum_{k=1}^i t_{\text{тр}k}, \quad (11.4)$$

где $t_{\text{тр}k}$, $t_{\text{тр}k+1}$ — минимальное время транспортировки деталей в паре смежных операций k , $k+1$, мин.

3: Смешанный случай, при котором часть оборудования может быть обслужена по первому варианту, а часть — по второму. Тогда длительность цикла обслуживания можно рассчитать по формуле

$$T_{\text{ц3}} = T'_{\text{ц1}} + T'_{\text{ц2}}, \quad (11.5)$$

где $T'_{\text{ц1}}$, $T'_{\text{ц2}}$ — часть длительности цикла при обслуживании оборудования соответственно по первому и второму вариантам.

Типовая задача с решением

Задача 11.1.

Определить длительность циклов обслуживания металлорежущих станков ПР при 1-м, 2-м и 3-м вариантах обслуживания. Из полученных результатов выбрать тот вариант, который обеспечивал бы минимальную длительность цикла обслуживания оборудования.

Исходные данные для расчета. Время обработки деталей (машиноное время и время загрузки — разгрузки станков): $t_{\text{оп}1} = 20$ мин; $t_{\text{оп}2} = 55$ мин; $t_{\text{оп}3} = 25$ мин; $t_{\text{оп}4} = 25$ мин; $t_{\text{оп}5} = 10$ мин; $t_{\text{оп}6} = 50$ мин. Время транспортировки деталей (от станка к станку): $t_{\text{тр}1} = 5$ мин; $t_{\text{тр}2} = 3$ мин; $t_{\text{тр}3} = 4$ мин; $t_{\text{тр}4} = 4$ мин; $t_{\text{тр}5} = 5$ мин.

Решение

11.1.1. Определение длительности цикла обслуживания станков ПР по первому варианту.

Алгоритм работы: ПР берет деталь из питателя и загружает 1-й станок, затем берет деталь со стола 1-го станка и загружает 2-й станок и так до 6-го станка. Причем, загрузив 6-й станок, ПР не ждет окончания обработки детали на этом станке, а движется к 5-му станку и разгружает его, далее он передвигается к 4-му, 3-му, 2-му, 1-му и выполняет аналогичную операцию, после чего процесс обслуживания повторяется.

Определяем время простоя ПР на каждой i -й операции в ожидании ее окончания.

$$t_{\text{пп}5} = 10 - 2 \cdot 5 - 0 = 0;$$

$$t_{\text{пп}4} = 25 - 2(5 + 4) - 0 - 0 = 7;$$

$$t_{\text{пп}3} = 25 - 2(5 + 4 + 4) - 0 - 0 - 7 = -8, \text{ следовательно, } t_{\text{пп}3} = 0;$$

$$t_{\text{пп}2} = 56 - 2(5 + 4 + 4 + 3) - 0 - 0 - 7 - 0 = 16;$$

$$t_{\text{пп}1} = 20 - 2(5 + 4 + 4 + 3 + 5) - 0 - 0 - 7 - 16 = -45,$$

следовательно, $t_{\text{пп}1} = 0$;

$$t_{\text{пп}6} = 50 - 2(5 + 4 + 4 + 3 + 5) - 0 - 7 - 0 - 16 - 0 = -16,$$

следовательно, $t_{\text{пп}6} = 0$.

Определяем длительность цикла обслуживания технологического оборудования ПР по первому варианту:

$$\begin{aligned} T_{\text{ц1}} &= 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) + (0 + 7 + 0 + 16 + 0 + 0) = \\ &= 2 \cdot 21 + 23 = 65 \text{ мин.} \end{aligned}$$

11.1.2. Определение длительности цикла обслуживания станков ПР по второму варианту обслуживания.

В этом случае ПР, перемещаясь от 1-го к 6-му станку, одновременно загружает и разгружает станки. Обслужив последний, ПР возвращается к 1-му, и процесс обслуживания повторяется снова.

Ввиду того что время переноса детали от одного станка к другому различное, рассмотрим пары времен. Для каждой пары выбираем минимальное время переноса и, ориентируясь на него, организуем обслуживание станков:

$$\min \{t_{\text{tp}1}; t_{\text{tp}2}\} = t_{\text{tp}2} = 3;$$

$$\min \{t_{\text{tp}2}; t_{\text{tp}3}\} = t_{\text{tp}2} = 3;$$

$$\min \{t_{\text{tp}3}; t_{\text{tp}4}\} = t_{\text{tp}4} = 4;$$

$$\min \{t_{\text{tp}4}; t_{\text{tp}5}\} = t_{\text{tp}4} = 4.$$

На рис. 11.1, а отметим промежутки, где получено минимальное время обслуживания станков — $t_{\text{tp}2}$ и $t_{\text{tp}4}$.

Алгоритм работы: ПР сначала разгружает 1-й станок на стол перед ним; затем, взяв заготовку из питателя, загружает 1-й ста-

нок, после чего берет деталь со стола 1-го станка и переносит ее на стол перед 2-м станком. Далее ПР без детали движется к 3-му станку, разгружает его на стол перед ним, возвращается ко 2-му станку, берет деталь со 2-го станка, перемещается к 3-му станку и загружает его, снова возвращается ко 2-му станку и загружает его со 2-го стола. Таким образом уже обслужены 1-й, 2-й и 3-й станки, и ПР перемещается к 4-му станку, захватив деталь с 3-го стола, помещает ее на стол перед 4-м станком. Далее ПР без детали движется к 5-му станку, разгружает его на стол перед ним, возвращается к 4-му станку, берет деталь с 4-го станка, перемещается к 5-му станку и загружает его, снова возвращается к 4-му станку и загружает его с 4-го стола. Таким образом, ПР загрузил еще 4-й и 5-й станки. Далее ПР перемещается к 5-му столу, берет деталь и переносит ее к 6-му столу, затем разгружает 6-й станок в накопитель готовых деталей и загружает его с 6-го стола. Обслужив все станки, ПР возвращается в исходную позицию к 1-му станку, и цикл повторяется.

Определяем время простоя ПР на каждой i -й операции в ожидании ее окончания:

$$t_{\text{пп1}} = 20 - 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2(3 + 3 + 4 + 4) + 0 = -50, \\ \text{следовательно, } t_{\text{пп1}} = 0;$$

$$t_{\text{пп2}} = 55 - 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2(3 + 3 + 4 + 4) + 0 + 0 = -15, \\ \text{следовательно, } t_{\text{пп2}} = 0;$$

$$t_{\text{пп3}} = 25 - 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2(3 + 3 + 4 + 4) + \\ + 0 + 0 + 0 = -45, \text{ следовательно, } t_{\text{пп3}} = 0;$$

$$t_{\text{пп4}} = 25 - 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2(3 + 3 + 4 + 4) + \\ + 0 + 0 + 0 + 0 = -45, \text{ следовательно, } t_{\text{пп4}} = 0;$$

$$t_{\text{пп5}} = 10 - 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2(3 + 3 + 4 + 4) + \\ + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = -60, \text{ следовательно, } t_{\text{пп5}} = 0;$$

$$t_{\text{пп6}} = 50 - 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) - 2(3 + 3 + 4 + 4) + \\ + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = -20, \text{ следовательно, } t_{\text{пп6}} = 0.$$

Определяем длительность цикла обслуживания технологического оборудования ПР по второму варианту:

$$T_{\text{пп2}} = 2(5 + 3 + 4 + 4 + 5) + 2(3 + 3 + 4 + 4) + \\ + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 70 \text{ мин.}$$

11.1.3. Определение длительности цикла обслуживания станков ПР по третьему варианту обслуживания.

Примем, что в этом случае ПР обслуживает станки с 1-го по 2-й по методике второго варианта, а начиная с 3-го по 6-й — по методике первого варианта.

Алгоритм работы: ПР, разгрузив 1-й станок на стол перед ним, берет заготовку из питателя и загружает ее 1-й станок. Затем берет деталь с 1-го стола и переносит ее на стол 2-го станка. Дождавшись конца обработки детали на 2-м станке, берет деталь и перемещается к 3-му станку и загружает его, затем возвращается ко второму станку и загружает его. После чего перемещается к 3-му станку, берет деталь со стола 3-го станка, движется к 4-му станку и загружает его. Затем берет деталь со стола 4-го станка, перемещается к 5-му станку и загружает его, далее берет деталь со стола 5-го станка и переносит ее на стол 6-го станка. Разгружает 6-й станок в накопитель готовых деталей, берет деталь со стола 6-го станка и загружает 6-й станок. Затем ПР движется к 5-му станку и разгружает его на 5-й стол, потом движется к 4-му станку и разгружает его на 4-й стол, затем движется к 3-му станку и разгружает его на 3-й стол, а затем движется сразу к 1-му станку, и цикл повторяется.

Определяем время простоя ПР на каждой i -й операции в ожидании ее окончания:

$$t_{\text{пр}5} = 10 - 2 \cdot 5 - 0 = 0;$$

$$t_{\text{пр}4} = 25 - 2(5 + 4) - 0 - 0 = 7;$$

$$t_{\text{пр}3} = 25 - 2(5 + 4 + 4) - 0 - 0 - 7 = -8, \text{ следовательно, } t_{\text{пр}3} = 0;$$

$$T'_{\text{ц}1} = 2(4 + 4 + 5) + 0 + 0 + 7 + 0 = 33;$$

$$t_{\text{пр}1} = 20 - 33 - 2(5 + 3) - 2 \cdot 3 - 0 = -35, \text{ следовательно, } t_{\text{пр}1} = 0;$$

$$t_{\text{пр}2} = 55 - 33 - 2(5 + 3) - 2 \cdot 3 - 0 - 0 = 0;$$

$$t_{\text{пр}6} = 55 - 33 - 2(5 + 3) - 2 \cdot 3 - 0 - 0 - 0 = -5, \text{ следовательно, } t_{\text{пр}6} = 0;$$

$$T'_{\text{ц}2} = 2(5 + 3) + 2 \cdot 3 + 0 + 0 = 22.$$

Определяем длительность цикла обслуживания технологического оборудования ПР по третьему варианту:

$$T_{\text{ц}3} = 33 + 22 = 55.$$

Наилучшим вариантом обслуживания станков ПР является 3-й ($T_{u3} = 55$ мин).

11.1.4. Построение графиков организации обслуживания станков ПР (рис. 11.2).

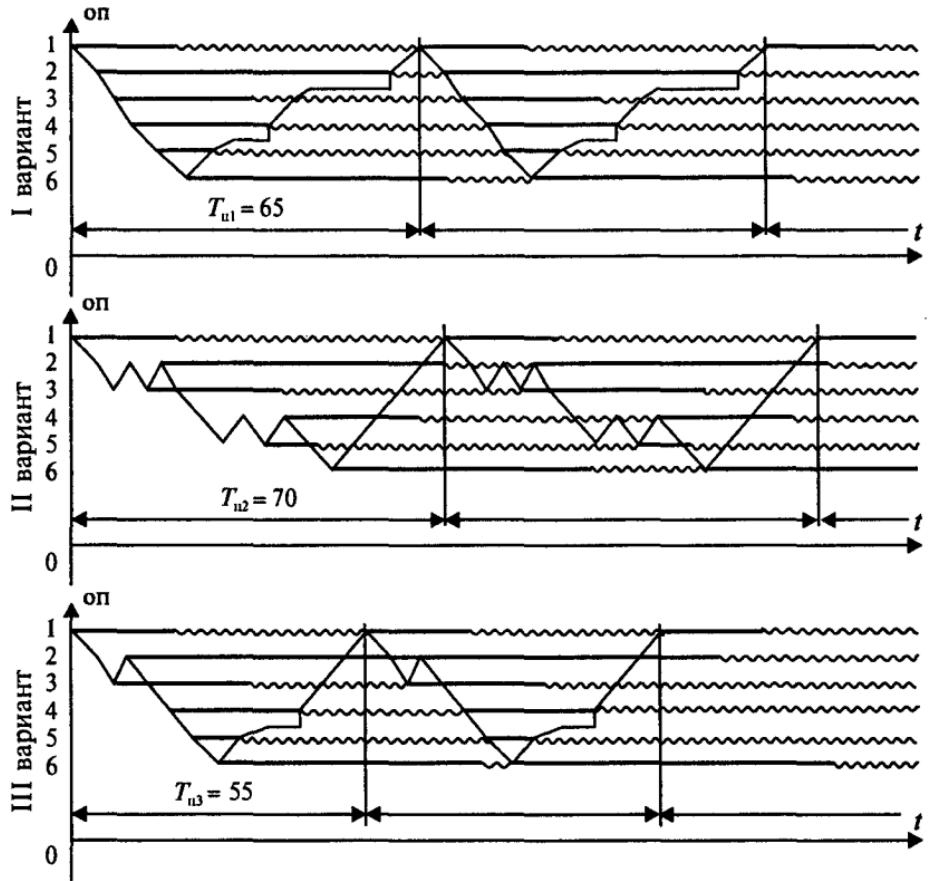


Рис. 11.2. Варианты организации обслуживания станков ПР:
— время обработки деталей; — время переноса деталей;
~~~~~ время простоя оборудования

### Задача для решения

#### Задача 11.2.

Определить длительность циклов обслуживания ПР металло режущих станков тремя вышеуказанными способами обслуживания аналитическими и графическими методами, выбрать

наиболее оптимальный вариант. Исходные данные приведены в табл. 11.1.

*Таблица 11.1*  
*Исходные данные*

| Номер варианта | Время обработки деталей, мин |       |       |       |       |       | Время транспортировки деталей, мин |           |           |           |           |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | $t_1$                        | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ | $t_6$ | $t_{tp1}$                          | $t_{tp2}$ | $t_{tp3}$ | $t_{tp4}$ | $t_{tp5}$ |
| 1              | 20                           | 55    | 25    | 25    | 10    | 50    | 5,0                                | 3,0       | 4,0       | 4,0       | 5,0       |
| 2              | 25                           | 50    | 25    | 30    | 15    | 45    | 4,0                                | 2,0       | 3,0       | 3,0       | 4,0       |
| 3              | 30                           | 50    | 30    | 30    | 15    | 45    | 5,0                                | 2,0       | 2,0       | 4,0       | 4,0       |
| 4              | 25                           | 55    | 20    | 25    | 10    | 40    | 4,0                                | 3,0       | 2,0       | 4,0       | 4,0       |
| 5              | 25                           | 45    | 30    | 30    | 10    | 40    | 4,0                                | 2,0       | 2,0       | 3,0       | 4,0       |

## **Тема 12. Выбор ресурсосберегающего технологического процесса**

### **Краткие теоретические сведения**

Технологический процесс изготовления изделия (детали, узла) представляет собой строго определенную совокупность выполняемых в заданной последовательности технологических операций. Эти операции меняют форму, размер и другие свойства детали (изделия, узла), а также ее состояние или взаимное расположение отдельных элементов. Одна и та же операция может производиться многими способами на различном оборудовании. Поэтому выбор ресурсосберегающего технологического процесса заключается в оптимизации каждой операции по минимуму потребления материальных, трудовых, энергетических ресурсов.

Важным показателем экономичности названных ресурсов является снижение себестоимости (экономия ресурсов), связанное с применением лучшего технологического процесса.

Для определения снижения себестоимости (экономии) требуется производить расчет себестоимости для каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса. Расчет полной себестоимости продукции при применении каждого из вариантов сложен, требует большого количества исходных данных и времени. Для упрощения расчетов можно без ущерба для точности определять и сопоставлять не полную, а так называемую технологическую себестоимость, которая включает только те элементы затрат на изготовление изделия, величина которых различна для сравниваемых вариантов. Элементы себестоимости, которые для этих процессов одинаковы или изменяются незначительно, в расчет не включаются. Таким образом, технологическая себестоимость — это условная себестоимость, состав ее статей непостоянен и устанавливается в каждом отдельном случае.

Сопоставление технологической себестоимости разных вариантов дает представление об экономичности каждого из них.

Следует отметить, что величина технологической себестоимости изготовления отдельных изделий (деталей, узлов) в значительной мере зависит от объема производства. Следовательно, все затраты на изготовление изделий по степени их зависимости от объема производства целесообразно подразделять на переменные ( $P_p$ ), годовой размер которых изменяется прямо пропор-

ционально годовому объему выпуска продукции ( $N$ ), и условно-постоянные ( $P_V$ ), годовой размер которых не зависит от изменения величины объема производства.

К переменным затратам относятся:

а) затраты на основные материалы за вычетом реализуемых отходов ( $P_m$ ), руб.;

б) затраты на топливо, предназначенное для технологических целей ( $P_{t.t}$ ), руб.;

в) затраты на различные виды энергии, предназначенные для технологических целей ( $P_{t.e}$ ), руб.;

г) затраты на основную и дополнительную заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями в фонд социальной защиты населения фонд занятости и чрезвычайный налог ( $P_3$ ), руб.;

д) затраты, связанные с эксплуатацией универсального технологического оборудования ( $P_{ob}$ ), руб.;

е) затраты, связанные с эксплуатацией инструмента и универсальной оснастки ( $P_u$ ), руб.

К условно-постоянным затратам относятся:

а) затраты, связанные с эксплуатацией оборудования, оснастки и инструмента, специально сконструированных для осуществления технологического процесса по данному варианту ( $P_{c.ob}$ ), руб.;

б) затраты на оплату подготовительно-заключительного времени ( $P_{n.e}$ ), руб.

Общая формула технологической себестоимости ( $i-j$ ) операции имеет вид

$$C_t = P_p \cdot N + P_V \quad (12.1)$$

Подставив соответствующие значения переменных и условно-постоянных расходов в формулу (12.1), получим

$$C_t = (P_m + P_{t.t} + P_{t.e} + P_3 + P_{ob} + P_u) N + (P_{c.ob} + P_{n.e}) \quad (12.2)$$

После определения технологической себестоимости по вариантам для каждого варианта (если вариантов не более двух) определяется, при каком годовом объеме производства ( $N$ ) сравниваемые варианты будут экономически равносенны.

Для этого решается система уравнений относительно объема производства  $N$ :

$$\begin{cases} C_{t1} = P_{p1} \cdot N + P_{V1} \\ C_{t2} = P_{p2} \cdot N + P_{V2} \end{cases} \quad (12.3)$$

При  $C_{t1} = C_{t2}$  получим

$$N_{kp} = \frac{P_{V2} - P_{V1}}{P_{p1} - P_{p2}}. \quad (12.4)$$

Эту величину годового объема производства продукции принято называть критической. Если это сопоставление вариантов технологического процесса осуществить графически, то будет очевидно, что критический объем производства продукции является абсциссой точки пересечения двух прямых с начальными ординатами  $P_{V1}$  и  $P_{V2}$ , выраженных для каждого варианта уравнением его технологической себестоимости.

Определение абсциссы этой «критической точки» служит, таким образом, завершающим этапом технико-экономических расчетов, устанавливающих области наиболее целесообразного применения каждого из сопоставляемых вариантов, ограниченные определенными размерами программ ( $N$ ).

### Типовые задачи с решениями

#### Задача 12.1.

Сделать выбор ресурсосберегающего технологического процесса, состоящего из пяти операций (табл. 12.1), каждую из которых можно выполнить двумя способами. Программа выпуска  $N = 800$  шт.

#### *Решение*

12.1.1. Расчет критического объема ( $N_{kp}$ ) выпуска продукции ведется по формуле (12.4):

для первой операции

$$N_{kp1} = \frac{150\ 000 - 120\ 000}{150 - 120} = 1000 \text{ шт.};$$

для второй операции

$$N_{kp2} = \frac{200\ 000 - 170\ 000}{200 - 150} = 600 \text{ шт.};$$

для третьей операции

$$N_{kp3} = \frac{300\ 000 - 250\ 000}{120 - 70} = 1000 \text{ шт.};$$

для четвертой операции

$$N_{kp4} = \frac{350\ 000 - 310\ 000}{350 - 250} = 400 \text{ шт};$$

для пятой операции только один вариант технологии, поэтому  $N_{kp5}$  не определяется.

Таблица 12.1

**Технологический процесс изготовления пассивной части тонкопленочных структур**

| Номер операции и варианты технологии         | Затраты                        |                                          |
|----------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|
|                                              | переменные<br>$P_p$ , руб./шт. | условно-постоян-<br>ные $P_u$ , руб./год |
| 1. Изготовление паст                         |                                |                                          |
| I вариант                                    | 150                            | 120 000                                  |
| II вариант                                   | 120                            | 150 000                                  |
| 2. Трафаретная печать                        |                                |                                          |
| I в. Бесконтактный метод                     | 200                            | 170 000                                  |
| II в. Контактный метод                       | 150                            | 200 000                                  |
| 3. Термообработка паст                       |                                |                                          |
| I в. В пачках под инфракрасными лу-<br>чами  | 120                            | 250 000                                  |
| II в. В муфельных печах                      | 70                             | 300 000                                  |
| 4. Подготовка толстопленочных эле-<br>ментов |                                |                                          |
| I в. Лазерный метод                          | 350                            | 310 000                                  |
| II в. Подгонка анодированием                 | 250                            | 350 000                                  |
| 5. Защита толстопленочных элементов          | 190                            | 120 000                                  |

12.1.2. Расчет технологической себестоимости на критиче-  
ский объем продукции ведется по формуле (12.1):

для первой операции по вариантам

$$C_{T1} = 150 \cdot 1000 + 120\ 000 = 270\ 000 \text{ руб.};$$

$$C_{T2} = 120 \cdot 1000 + 150\ 000 = 270\ 000 \text{ руб.};$$

для второй операции по вариантам

$$C_{T1} = 200 \cdot 600 + 170\ 000 = 290\ 000 \text{ руб.};$$

$$C_{T2} = 150 \cdot 600 + 200\ 000 = 290\ 000 \text{ руб.};$$

для третьей операции по вариантам

$$C_{T1} = 120 \cdot 1000 + 250 \cdot 000 = 370 \cdot 000 \text{ руб.};$$

$$C_{T2} = 70 \cdot 1000 + 300 \cdot 000 = 370 \cdot 000 \text{ руб.};$$

для четвертой операции по вариантам

$$C_{T1} = 350 \cdot 400 + 310 \cdot 000 = 450 \cdot 000 \text{ руб.};$$

$$C_{T2} = 250 \cdot 400 + 350 \cdot 000 = 450 \cdot 000 \text{ руб.}$$

12.1.3. Построение графиков изменения технологической себестоимости продукции по вариантам и определение зон с наименьшими затратами при объеме производства  $N = 800$  шт. (рис. 12.1).

12.1.4. Определение оптимальной технологической себестоимости продукции заданной программы

$$C_T = (150 + 150 + 120 + 250 + 190) \cdot 800 + (120 \cdot 000 + 200 \cdot 000 + 250 \cdot 000 + 350 \cdot 000 + 120 \cdot 000) = 1 \cdot 728 \cdot 000 \text{ руб.}$$

12.1.5. Определение себестоимости единицы продукции

$$C_{T,\text{ед}} = 1 \cdot 728 \cdot 000 : 800 = 2160 \text{ руб.}$$

### Задача 12.2.

Технологический процесс сборки интегральных схем состоит из 6 операций, каждую из которых можно выполнить тремя и более вариантами (табл. 12.2). Программа выпуска  $N = 100$  шт. Выбрать наиболее оптимальный вариант изготовления интегральных схем.

### Решение

12.2.1. Необходимо построить ориентированный граф, дуги которого представляют варианты технологических операций (рис. 12.2). Любой вершине графа соответствует множество входящих и выходящих из нее дуг. Для оценки использования ресурсов при возможных вариантах изготовления изделия вводится целевая функция  $C_T$ , т.е. сумма технологических себестоимостей по каждой из запроектированных операций, с тем, чтобы их сумма была минимальной:

$$C_T = \sum_{i=1}^m C_{ij} \rightarrow \min. \quad (12.5)$$

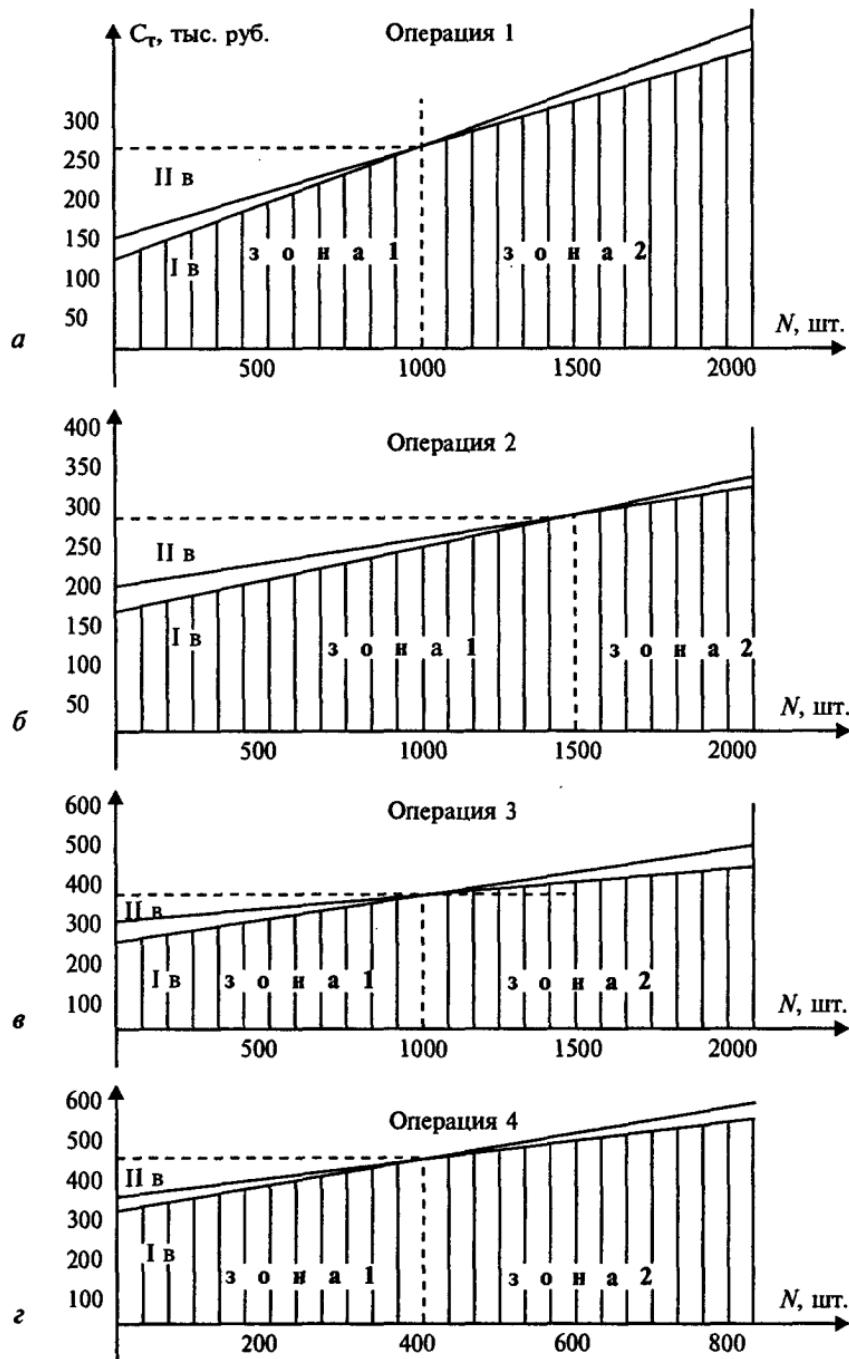


Рис. 12.1. График изменения технологической себестоимости продукции по операциям

Таблица 12.2

## Технологические процессы сборки интегральных схем

| Основные технологические операции и варианты их выполнения            | Затраты                                   |                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                                       | переменные<br>(3 <sub>p</sub> ), руб./шт. | условно-постоян-<br>ные (3 <sub>v</sub> ), руб./год |
| 1. Ориентированное разделение полупроводниковых пластин на кристаллы: |                                           |                                                     |
| I в. Скрайбирование                                                   | 0,33                                      | 10                                                  |
| II в. Резка дисками                                                   | 0,37                                      | 15                                                  |
| III в. Лазерное разделение                                            | 0,27                                      | 50                                                  |
| 2. Монтаж кристаллов:                                                 |                                           |                                                     |
| I в. Насадки на автектику                                             | 0,08                                      | 5                                                   |
| II в. Присоединение к ситалловой подложке                             | 0,05                                      | 5                                                   |
| 3. Разварка межсоединений:                                            |                                           |                                                     |
| I в. Термокомпрессия                                                  | 0,48                                      | 30                                                  |
| II в. Ультразвуковая сварка                                           | 0,58                                      | 40                                                  |
| III в. Сварка сдвоенным электродом                                    | 0,68                                      | 20                                                  |
| IV в. Групповая полуавтоматическая разварка                           | 0,02                                      | 30                                                  |
| 4. Герметизация интегральной схемы:                                   |                                           |                                                     |
| I в. Пластмассовый корпус                                             | 0,04                                      | 5                                                   |
| II в. Керамический корпус                                             | 0,07                                      | 10                                                  |
| III в. Металлостеклянный корпус                                       | 0,09                                      | 5                                                   |
| 5. Контроль параметров ИС:                                            |                                           |                                                     |
| I в. Ручной вариант                                                   | 0,73                                      | 5                                                   |
| II в. На специальном измерительном комплексе                          | 0,03                                      | 20                                                  |
| 6. Маркировка и передача на участок упаковки                          | 0,08                                      | 10                                                  |

Таким образом, выбор оптимального варианта технологического процесса можно свести к выбору маршрута в заданном ориентированном графе, который имеет минимальную суммарную технологическую себестоимость.

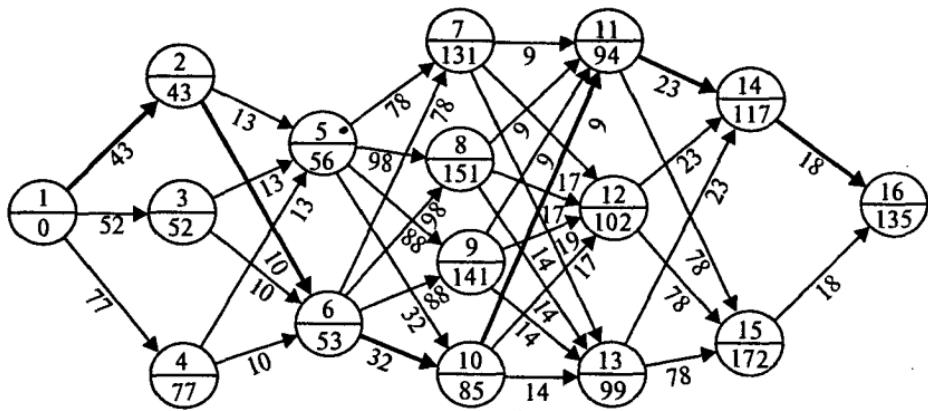


Рис. 12.2. Граф выбора оптимального варианта изготовления интегральных схем

Первая операция имеет три варианта выполнения. Следовательно, из начальной вершины графа  $q_1$  должно выходить три дуги  $x_{1-2}$ ,  $x_{1-3}$  и  $x_{1-4}$ , заканчивающиеся вершинами  $q_2$ ,  $q_3$  и  $q_4$  (см. рис. 12.2). Вторая операция имеет два варианта выполнения, следовательно, из вершин  $q_2$ ,  $q_3$  и  $q_4$  выходит по две дуги  $x_{2-5}$ ,  $x_{2-6}$ ,  $x_{3-5}$ ,  $x_{3-6}$ ,  $x_{4-5}$ ,  $x_{4-6}$ . Третья операция имеет четыре варианта выполнения. Следовательно, из вершин  $q_5$  и  $q_6$  выходит по четыре дуги  $x_{5-7}$ ,  $x_{5-8}$ ,  $x_{5-9}$ ,  $x_{5-10}$ ,  $x_{6-7}$ ,  $x_{6-8}$ ,  $x_{6-9}$ ,  $x_{6-10}$ . Четвертая операция может быть выполнена тремя способами. Следовательно, из вершин  $q_7$ ,  $q_8$ ,  $q_9$  и  $q_{10}$  выходит по три дуги, которые заканчиваются вершинами  $q_{11}$ ,  $q_{12}$ ,  $q_{13}$ . Пятая операция имеет два варианта выполнения, поэтому каждая из вершин  $q_{11}$ ,  $q_{12}$ ,  $q_{13}$  дает начало двум дугам, входящим в вершины  $q_{14}$ ,  $q_{15}$ . Затем идет шестая операция, заканчивающая граф вершиной  $q_{16}$ .

При нумерации вершин графа необходимо соблюдать правило: номер каждой следующей вершины должен быть больше предыдущей. Исходной вершине графа присваивается номер 1. Проставляется номер вершины в верхней части кружка.

12.2.2. Для каждой дуги (варианта операции) определяется технологическая себестоимость  $C_{T(i-j)}$  по формуле (12.5):

$$C_{T(1-2)} = 0,33 \cdot 100 + 10 = 43 \text{ руб.};$$

$$C_{T(1-3)} = 0,37 \cdot 100 + 15 = 52 \text{ руб.};$$

$$C_{T(1-4)} = 0,27 \cdot 100 + 50 = 77 \text{ руб.};$$

$$C_{T(2-5)} = C_{T(3-5)} = C_{T(4-5)} = 0,08 \cdot 100 + 5 = 13 \text{ руб.};$$

$$C_{T(2-6)} = C_{T(3-6)} = C_{T(4-6)} = 0,05 \cdot 100 + 5 = 10 \text{ руб.};$$

$$C_{T(5-7)} = C_{T(6-7)} = 0,48 \cdot 100 + 30 = 78 \text{ руб.};$$

$$C_{T(5-8)} = C_{T(6-8)} = 0,58 \cdot 100 + 40 = 98 \text{ руб.};$$

$$C_{T(5-9)} = C_{T(6-9)} = 0,68 \cdot 100 + 20 = 88 \text{ руб.};$$

$$C_{T(5-10)} = C_{T(6-10)} = 0,02 \cdot 100 + 30 = 32 \text{ руб.};$$

$$C_{T(11-14)} = C_{T(12-14)} = C_{T(13-14)} = 0,03 \cdot 100 + 20 = 23 \text{ руб.};$$

$$C_{T(11-15)} = C_{T(12-15)} = C_{T(13-15)} = 0,73 \cdot 100 + 5 = 78 \text{ руб.};$$

$$C_{T(14-16)} = C_{T(15-16)} = 0,8 \cdot 100 + 10 = 18 \text{ руб.}$$

В результате использования описанного алгоритма имеем:

$$Z_{(0-1)} = 0;$$

$$Z_{(1-2)} = \min (Z_{(0-1)} + C_{T(1-2)}) = 0 + 43 = 43;$$

$$Z_{(1-3)} = \min (Z_{(0-1)} + C_{T(1-3)}) = 0 + 52 = 52;$$

$$Z_{(1-4)} = \min (Z_{(0-1)} + C_{T(1-4)}) = 0 + 77 = 77;$$

$$\begin{aligned} Z_{(1-5)} &= \min (Z_{(1-2)} + C_{T(2-5)}; Z_{(1-3)} + C_{T(3-5)}; Z_{(1-4)} + C_{T(4-5)}) = \\ &= \min (43 + 13 = 56; 52 + 13 = 65; 77 + 13 = 90) = 56 \end{aligned}$$

и т.д. для всех вершин графа, а полученные значения записываются в нижней половине кружка графа (см. рис. 12.2).

12.2.3. Расчет затрат по вариантам операций и выбор оптимального технологического процесса по матрице связей между операциями изготавливаемого изделия (табл. 12.3).

Табличная форма менее трудоемка для ручного расчета графа и позволяет использовать компьютер.

В первой строке и во второй колонке таблицы фиксируются значения всех состояний вершин графа. На пересечении строчек начальных  $i$ -х состояний и колонок конечных  $j$ -х состояний записывается значение технологической себестоимости операции  $C_{T(i-j)}$ . При упорядоченной нумерации  $j > i$  все заполненные клеточки разместятся выше диагонали. Для рассматриваемого графа каждому последующему состоянию в итоге может предшествовать только одно состояние, а каждая последующая операция может быть связана только с одной предшествующей операцией. Это обусловлено тем, что над одним предметом труда в конкретный момент можно выполнять только одну из возможных операций.

Таблица 12.3

Матрица связей между состояниями деталей

| $3_{(1-i)}$ | $j$ | 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16  | $3'_{(1-i)} + 3_{(1-i)}$ |
|-------------|-----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|--------------------------|
| $3_{(1-i)}$ | $i$ | 43 | 52 | 77 |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |                          |
| 0           | 1   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 135 |                          |
| 43          | 2   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 92  |                          |
| 52          | 3   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 92  |                          |
| 77          | 4   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 92  |                          |
| 56          | 5   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 53          | 6   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 131         | 7   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 151         | 8   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 141         | 9   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 85          | 10  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 94          | 11  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 102         | 12  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 99          | 13  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 117         | 14  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 172         | 15  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |
| 135         | 16  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | 82  |                          |

В таблице (матрице)  $Z_{(1-i)}$ ,  $Z'_{(1-i)}$  — наименьшие затраты, приводящие в данное состояние соответственно при прямом и обратном счете. Для первого состояния затраты равны 0. Следовательно,  $Z_{(0-1)} = 0$ . Определяя второе значение  $Z_{(1-j)}$ , ориентируемся на  $j = 2$ . В этой колонке заполняется только одна клетка в строке 2. Следовательно, состоянию 2 предшествует состояние 1 и операция (1–2). Суммируя  $Z_{(0-1)} = 0$  с записанным значением на пересечении  $j = 2$  и  $i = 1$  (цифра 43), получаем  $Z_{(1-2)} = 43$  и заносим это значение в первый столбец матрицы.

Следовательно, между состоянием 1 и 2 возможна только одна операция, затраты по которой равны 43. Таким же образом определяем  $Z_{(1-3)} = 52$ ;  $Z_{(1-4)} = 77$ . Вычисляя значение  $Z_{(1-5)}$ , сталкиваемся со следующим случаем, когда в колонке  $j = 5$  заполнено три клетки с координатами  $i = 2; i = 3; i = 4$ . Это значит, что состоянию 5 предшествуют три различных состояния 2, 3, 4 и три операции, соответственно (2–5), (3–5), (4–5), каждая из которых равна 13.

Чтобы определить наименьшие затраты, приводящие в состояние 5, необходимо значение  $Z_{(1-2)}$  суммировать со стоимостью операции (2–5); значение  $Z_{(1-3)}$  — со стоимостью операции (3–5) и значение  $Z_{(1-4)}$  со стоимостью операции (4–5). Наименьшая сумма равна 56 ( $43 + 13$ ). Это и есть значение  $Z_{(1-5)}$ . Записываем его в колонку  $Z_{(1-j)}$  против пятого состояния. Таким же образом продолжаем расчет  $Z_{(1-j)}$  и далее вплоть до состояния (1–16) завершающей вершины графа.

Далее определяется  $Z'_{(1-i)}$  — наименьшие затраты, приводящие в данное состояние при обратном счете, т.е. когда конечное состояние готовности принимается за начальное, а начальное за конечное. Этот параметр  $Z'_{(1-i)}$  необходим для определения критического пути, т.е. состояний и операций, требующих минимальных затрат. Счет начинается с последнего состояния, которое в данном случае является начальным, когда затраты равны 0 (последняя строка колонки  $Z'_{(1-i)}$ ). Все состояния при обратном счете определяются по заполненным клеткам строки, а не колонки ( $j < i$ ), минимальная сумма берется по строкам.

Таким образом,  $Z'_{(1-16)}$  равно 0. Для определения  $Z'_{(1-15)}$  рассматривается соответствующая строка. Здесь заполнена только одна клетка с координатами  $j = 16, i = 15$ . Складываем суммарные затраты  $Z'_{(1-16)}$  со стоимостью операции (15–16), равной 18 единицам, и получаем  $Z'_{(1-15)} = 0 + 18 = 18$ . Результат записываем в строку  $i = 15$ . Так же находим  $Z'_{(1-14)} = 18$ . При определении

$Z'_{(1-13)}$  сталкивается с альтернативной ситуацией, так как в строке  $i = 13$  заполнено две клетки с координатами  $i = 13, j = 15$  и  $i = 13, j = 14$ . Это значит, что из двух сумм  $18 + 78 = 96$  и  $18 + 23 = 41$  надо взять минимальную (41) записать в колонку  $Z'_{(1-i)}$  против  $i = 13$ . В данном случае расчет ведется по формуле  $Z'_{(1-i)} = \min (Z'_{(1-j)} + C_{(i+j)})$ .

Заполнив клетку  $i = 1$ , видим, что  $Z'_{(0-1)} = 135$ , т.е. минимальные затраты при прямом и обратном счете равны. Значит, ошибки при расчете не было.

Технологический процесс с минимальной себестоимостью проходит только через те события, для которых выполняется условие

$$Z_{(1-i)} + Z'_{(1-i)} = C_T, \quad (12.6)$$

где

$$C_T = \sum_{i=1}^m C_{T(i-j)} \rightarrow \min. \quad (12.7)$$

Для нашего примера такой путь проходит через события 1–2–6–10–11–14–16.

### Задачи для решения

#### Задача 12.3.

Установить наиболее экономичный вариант заготовки для детали, если имеется возможность применить сварную или литую заготовку. Годовой объем выпуска деталей 500 шт. Сравнительные данные по затратам приведены в табл. 12.4

Исходные данные для расчета

Таблица 12.4

| Затраты                                           | Цех            |               |              |         |
|---------------------------------------------------|----------------|---------------|--------------|---------|
|                                                   | свароч-<br>ный | литей-<br>ный | механический |         |
|                                                   |                |               | сварная      | отливка |
| 1. Материалы основные, руб./шт.                   | 30             | 41            | —            | —       |
| 2. Заработная плата с начислениями, руб./шт.      | 15             | 13            | 18           | 13      |
| 3. Косвенные расходы, руб./шт.                    | 17             | 16            | 29           | 21      |
| 4. Специальная технологическая оснастка, руб./год | 5000           | 7000          | —            | —       |

#### **Задача 12.4.**

Корпус изделия может быть изготовлен из кованой или штампованной заготовки. Определить минимальное количество заготовок, при котором экономично применение штампованной заготовки. Исходные данные приведены в табл. 12.5.

*Таблица 12.5*

*Исходные данные*

| Затраты                                                      | Поковка | Штамповка |
|--------------------------------------------------------------|---------|-----------|
| 1. Материалы основные, руб./шт.                              | 15,0    | 12,0      |
| 2. Изготовление заготовки, руб./шт.                          | 23,0    | 5,0       |
| 3. Механическая обработка, руб./шт.                          | 82,0    | 13,0      |
| 4. Расходы на специальную технологическую оснастку, руб./год | —       | 14 400    |

## Тема 13.

# Определение экономического эффекта от повышения показателей качества продукции

### Методические указания

Величина годового экономического эффекта от повышения показателей качества изделия в сфере потребления определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (I_1 + E_h \cdot K_1) \cdot \gamma - (I_2 + E_h \cdot K_2), \quad (13.1)$$

где  $I_1, I_2$  — себестоимость единицы работы (эксплуатационные издержки), выполняемой изделием, которое принято за базу для сравнения вариантов, и изделием с повышенными показателями качества соответственно, руб.;  $K_1, K_2$  — капитальные вложения (цена) потребителя, использующего изделие, которое принято за базу для сравнения, и изделие с повышенными показателями качества соответственно, руб.;  $E_h$  — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальныхложений;  $\gamma$  — коэффициент, учитывающий соотношение показателей качества изделия для определения тождества эффекта, определяется по формуле

$$\gamma = \omega \cdot \alpha' \cdot \beta \cdot \delta, \quad (13.2)$$

где  $\omega$  — коэффициент эквивалентности по техническим показателям (параметрам) базового изделия и изделия с улучшенными показателями;  $\alpha'$  — коэффициент, учитывающий дополнительные потребительские свойства изделия, определяемые экспертыным путем в баллах, рассчитывается по формуле

$$\alpha' = \frac{\sum_{i=1}^n B_n}{\sum_{i=1}^n B_6}, \quad (13.3)$$

где  $B_6, B_n$  — оценка в баллах потребительских свойств изделий базового и с улучшенными показателями (параметрами) качества;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий надежность изделия в эксплуатации, определяется по формуле

$$\beta = \frac{T_h}{T_b}, \quad (13.4)$$

где  $T_b$ ,  $T_h$  — наработка на отказ базового и нового (с более высокими показателями качества) изделия, ч;  $\delta$  — коэффициент, учитывающий срок службы изделия, определяется по формуле

$$\delta = \frac{1/t_b + E_h}{1/t_h + E_h}, \quad (13.5)$$

где  $t_b$  и  $t_h$  — соответственно срок службы базового и нового изделия, год.

Коэффициент  $\omega$  рассчитывается по следующей формуле:

$$\omega = \frac{\omega_h}{\omega_b}, \quad (13.6)$$

где  $\omega_b$ ,  $\omega_h$  — коэффициенты технического уровня базового изделия и изделия с более высокими техническими показателями (параметрами) качества, определяются по формуле

$$\omega_b = \sum_{i=1}^n a_i \cdot K_i^b, \quad \omega_h = \sum_{i=1}^n a_i \cdot K_i^h, \quad (13.7)$$

где  $a_i$  — коэффициент весомости каждого  $i$ -го показателя (параметра) качества (в сумме все коэффициенты равны единице);  $K_i^b$ ,  $K_i^h$  — значение каждого  $i$ -го показателя качества базового изделия и изделия более высокого качества по отношению к изделию, принятому за эталон, определяется по формуле

$$K_i^b = \frac{b_i^b}{b_i^h}, \quad K_i^h = \frac{b_i^h}{b_i^b}, \quad (13.8)$$

где  $b_i^b$ ,  $b_i^h$ ,  $b_i^e$  — значение каждого  $i$ -го показателя качества (параметра) сравниваемых базового, улучшенного и эталонного изделий.

Если сопоставляются только изделия с повышенными параметрами качества (новое) и изделия, принятые за базу для сравнения, то значение  $K_i^h$ , определяется по формуле

$$K_i^{H'} = \frac{b_i^H}{b_i^6}, \quad (13.9)$$

а коэффициент эквивалентности — по формуле

$$\omega = \sum_{i=1}^n a_i \cdot K_i^{H'}. \quad (13.10)$$

### Типовая задача с решением

#### Задача 13.1.

Разработан и освоен выпуск конденсаторного электронного высококачественного микрофона МКЭ-15, предназначенного для использования в студиях, театрах, концертных залах и открытых пространствах.

В отличие от ранее освоенного и принятого за базу для сравнения микрофона МКЭ-6 новый микрофон является хорошо защищенным от помех, образующихся при использовании в руках исполнителей, т.е. маловосприимчив к вибрации, ударам и ветровым помехам. Исходные данные приведены в табл. 13.1–13.3.

*Таблица 13.1  
Технические параметры сравниваемых изделий*

| Параметр                                                                 | Величина параметра |               |                |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|----------------|
|                                                                          | Базовое изделие    | Новое изделие | Изделие-эталон |
| 1. Номинальный диапазон частот, Гц                                       | 50–16 000          | 50–16 000     | 70–20 000      |
| 2. Неравномерность в номинальном диапазоне частот, дБ                    | 13±2,5             | 15±2,5        | 10±2,5         |
| 3. Чувствительность на частоте 1000 Гц, мВ/Па                            | 1,8±0,6            | 2,5±0,5       | 2±0,5          |
| 4. Средний перепад чувствительности, дБ                                  | 18                 | 18            | 12             |
| 5. Уровень эквивалентности звукового давления, обусловленного шумами, дБ | 24                 | 22            | 28             |

Таблица 13.2

*Дополнительные потребительские показатели качества сравниваемых изделий*

| Показатель                            | Базовое изделие              |                | Новое изделие                |                |
|---------------------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
|                                       | Наличие (+) / отсутствие (-) | Оценка, баллов | Наличие (+) / отсутствие (-) | Оценка, баллов |
| 1. Ветровосприимчивость               | +                            | 50             | +                            | 50             |
| 2. Вибровосприимчивость               | +                            | 30             | +                            | 50             |
| 3. Ударовосприимчивость               | +                            | 20             | +                            | 50             |
| 4. Простота замены источников питания | +                            | 30             | +                            | 40             |
| <b>Итого</b>                          | <b>Б<sub>6</sub></b>         | <b>130</b>     | <b>Б<sub>н</sub></b>         | <b>190</b>     |

Таблица 13.3

*Исходные данные для расчета*

| Показатель                                                                 | Изделие |        |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|--------|
|                                                                            | базовое | новое  |
| 1. Себестоимость единицы работы изделия, руб.                              | 1370    | 1370   |
| 2. Наработка изделия на отказ, ч                                           | 2500    | 2800   |
| 3. Цена изделия, руб.                                                      | 12 000  | 15 000 |
| 4. Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений потребителем | 0,15    | 0,15   |

**Решение**

13.1.1. Определение коэффициента технического уровня параметров нового и базового изделий и коэффициента весомости. Расчет ведется по формуле (13.8) в табличной форме (табл. 13.4).

13.1.2. Определение коэффициентов технического уровня базового  $\omega_6$  и нового  $\omega_n$  изделий по формуле (13.7):

$$\omega_6 = 1,40 \cdot 0,05 + 0,8 \cdot 0,05 + 0,77 \cdot 0,20 + 0,90 \cdot 0,30 + 1,50 \times \\ \times 0,10 + 1,17 \cdot 0,30 = 1,035;$$

$$\omega_n = 1,40 \cdot 0,05 + 0,8 \cdot 0,05 + 0,66 \cdot 0,20 + 1,25 \cdot 0,30 + 1,50 \times \\ \times 0,10 + 1,27 \cdot 0,30 = 1,148.$$

Таблица 13.4

*Расчет коэффициентов технического уровня  
и весомости параметров изделий*

| Параметр                                          | Относительная величина параметра |               | Коэффициент весомости |
|---------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------|
|                                                   | Базовое изделие                  | Новое изделие |                       |
| 1.1. Нижний предел частот                         | 1,40                             | 1,40          | 0,05                  |
| 1.2. Верхний предел частот                        | 0,80                             | 0,80          | 0,05                  |
| 2. Неравномерность в номинальном диапазоне частот | 0,77                             | 0,66          | 0,20                  |
| 3. Чувствительность на частоте 100 Гц             | 0,90                             | 1,25          | 0,30                  |
| 4. Средний перепад чувствительности               | 1,50                             | 1,50          | 0,10                  |
| 5. Уровень эквивалентности звукового давления     | 1,17                             | 1,27          | 0,30                  |
| <b>Итого</b>                                      | —                                | —             | 1,00                  |

13.1.3. Определение коэффициента эквивалентности по формуле (13.6):

$$\omega = \frac{1,148}{1,035} = 1,109.$$

13.1.4. Определение коэффициента, учитывающего повышение надежности изделия по формуле (13.4):

$$\beta = \frac{2800}{2500} = 1,120.$$

13.1.5. Определение коэффициента, учитывающего дополнительные потребительские показатели качества изделия по формуле (13.3):

$$\alpha = \frac{190}{130} = 1,462.$$

13.1.6. Определение коэффициента, учитывающего повышение качества изделия по формуле (13.2):

$$\gamma = 1,109 \cdot 1,120 \cdot 1,462 = 1,816.$$

13.1.7. Определение величины годового экономического эффекта от потребления изделия с более высокими показателями качества (техническими параметрами) по формуле (13.1):

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= (1370 + 0,15 \cdot 12\,000) \cdot 1,816 - (1370 + 0,15 \cdot 15\,000) = \\ &= 3170 \cdot 1,816 - 3620 = 2\,137 \text{ руб.}\end{aligned}$$

### Задачи для решения

#### Задача 13.2.

Разработанный универсальный цифровой вольтметр заменяет серийно выпускаемый вольтметр В7-18. Новым вольтметром, в отличие от вольтметра В7-18, можно производить измерение мгновенного значения входного напряжения в режиме «выборка — заполнение» и осуществлять выдачу информации на контрольный пункт.

Поскольку разработанный прибор по основным техническим показателям превосходит прибор, принятый за базу для сравнения, то для обеспечения сопоставимости вариантов необходимо рассчитать коэффициент эквивалентности по техническим параметрам. Исходные данные для расчета коэффициента эквивалентности приведены в табл. 13.5, графы 5 и 6, заполняются по ходу расчета.

Определить годовой экономический эффект от использования универсального цифрового вольтметра (исходные данные приведены в табл. 13.6.)

#### Задача 13.3.

Освоен выпуск автоматизированного измерителя добротности, который должен заменить серийно выпускаемый измеритель добротности Е4-7А, принятый за базу для сравнения при расчете годового экономического эффекта.

Конструктивно новый измеритель добротности выполнен в корпусе «Надел-75» с габаритными размерами  $160 \times 308 \times 304$  мм. Блочная конструкция, свободный доступ к регулировочным элементам обеспечивают высокую технологичность настройки и регулировки.

Поскольку разработанный прибор по основным техническим параметрам превосходит прибор, принятый за базу для сравнения, то для обеспечения сопоставимости вариантов необходимо рассчитать коэффициент эквивалентности по техническим параметрам.

Таблица 13.5

*Технические параметры сравниваемых изделий*

| Параметр                                                            | Величина параметра      |              | Коэффициент весомости, $a_i$ | Относительное значение параметра, $K_i^n$ | Коэффициент эквивалентности, $\Phi$ |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                     | Базовый прибор<br>В7-18 | Новый прибор |                              |                                           |                                     |
| 1. Измерение постоянного напряжения, В                              | 2                       | 3            | 4                            | 5                                         | 6                                   |
| 2. Основная погрешность измерения постоянного напряжения, %         | 0,070                   | 0,015        | 0,125                        |                                           |                                     |
| 3. Измерение переменного напряжения, В                              | До 100                  | До 450       | 0,250                        |                                           |                                     |
| 4. Измерение сопротивления постоянного напряжения, $K_{\Omega_m}$   | До 10 000               | До 10 000    | 0,250                        |                                           |                                     |
| 5. Основная погрешность измерения сопротивления постоянного тока, % | 0,2–0,7                 | 0,2–0,04     | 0,125                        |                                           |                                     |
| <b>Итого</b>                                                        | —                       | —            | 1,000                        | —                                         | $\Sigma$                            |

Исходные данные для расчета коэффициента эквивалентности приведены в табл. 13.7, графы 5, 6 заполняются по ходу расчета.

*Таблица 13.6*

*Исходные данные для расчета*

| Показатель                                                            | Прибор  |        |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|--------|
|                                                                       | базовый | новый  |
| 1. Годовые эксплуатационные издержки потребителя ( $U_1, U_2$ ), руб. | 16 800  | 20 700 |
| 2. Наработка на отказ ( $T_b, T_n$ ), ч                               | 1000    | 1200   |
| 3. Срок службы изделия ( $t_b, t_n$ ), лет                            | 4       | 5      |
| 4. Нормативный коэффициент экономической эффективности ( $E_n$ )      | 0,15    | 0,15   |
| 5. Капиталовложения потребителя изделий ( $K_1, K_2$ ), руб.          | 54 000  | 63 000 |

*Таблица 13.7*

*Технические параметры сравниваемых изделий*

| Наименование параметра                  | Величина параметра     |                        | Коэффициент весомости, $a_i$ | Относительное значение параметра, $K_i^n$ | Коэффициент эквивалентности, $\omega$ |
|-----------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                         | Базовый прибор Е4-7А   | Новый прибор «Енот»    |                              |                                           |                                       |
| 1                                       | 2                      | 3                      | 4                            | 5                                         | 6                                     |
| 1. Диапазон частот, мГц                 | $5 \cdot 10^{-3} - 25$ | $5 \cdot 10^{-3} - 60$ | 0,3                          |                                           |                                       |
| 2. Погрешность установки частот, %      | $\pm 1$                | $\pm 0,5$              | 0,3                          |                                           |                                       |
| 3. Пределы измерения добротности, ед.   | 5–1000                 | 5–1000                 | 0,2                          |                                           |                                       |
| 4. Погрешность измерения добротности, % | $\pm(4-12)$            | $\pm(4-12)$            | 0,2                          |                                           |                                       |
| <b>Итого</b>                            | —                      | —                      | 1,0                          |                                           | $\Sigma$                              |

Определить годовой экономический эффект от использования автоматизированного измерителя добротности средних частот (исходные данные приведены в табл. 13.8).

Таблица 13.8

*Исходные данные для расчета*

| Показатель                                                            | Базовый прибор Е4-7А | Новый прибор «Енот» |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1. Годовые эксплуатационные издержки потребителя ( $U_1, U_2$ ), руб. | 16 700               | 19 500              |
| 2. Наработка на отказ ( $T_b, T_h$ ), ч                               | 1200                 | 1500                |
| 3. Нормативный коэффициент экономической эффективности ( $E_h$ )      | 0,15                 | 0,15                |
| 4. Капиталовложения потребителя изделий ( $K_1, K_2$ ), руб.          | 35 000               | 40 000              |

# **Тема 14. Расчет и анализ абсолютного и относительного размера брака и потерь от брака**

## **Методические указания**

Методические указания приводятся по ходу решения задач.

## **Типовые задачи с решениями**

### **Задача 14.1.**

Производственная себестоимость валовой (товарной) продукции предприятия — 200 млн руб.; себестоимость полностью забракованной продукции — 15 млн руб.; затраты на устранение дефектов по исправимому браку — 2 млн руб.; стоимость реализованной продукции с неисправимым браком по цене использования — 1,5 млн руб.; сумма,держанная с лиц — виновников брака, 3 млн руб.; стоимость планируемых потерь от забракованной продукции — 4 млн руб.

Определить абсолютный и относительный размер брака, абсолютный и относительный размер потерь от брака, а также фактическое отклонение потерь от брака по сравнению с плановыми.

### **Решение**

14.1.1. Определение абсолютного размера брака:

$$B_a = 15 + 2 = 17 \text{ млн руб.}$$

14.1.2. Определение абсолютного размера потерь от брака:

$$B_{a.п} = 17 - 1,5 - 3 = 12,5 \text{ млн руб.}$$

14.1.3. Определение относительного размера брака:

$$B_o = \frac{17}{200} \cdot 100 = 8,5 \text{ \%}.$$

14.1.4. Определение относительного размера потерь от брака:

$$B_{o.п} = \frac{12,5}{200} \cdot 100 = 6,25 \text{ \%}.$$

14.1.5. Определение фактических потерь от брака по сравнению с плановыми:

$$Б_{\Phi} = \frac{12,50}{4} = 3,1 \text{ раза.}$$

Фактические потери от брака превысили плановые в 3,1 раза.

14.1.6. Определение экономии затрат на 1 % снижения брака:

$$\Theta = \frac{12,5}{6,25} = 2 \text{ млн руб.}$$

### Задача 14.2.

Определить удельный вес недоброкачественной продукции, отгруженной потребителям. В 2002 г. общий объем выпуска изделий составил  $N = 3600$  шт., а в 2003 г.  $N = 4000$  шт. Исходные данные по дефектам представлены в табл. 14.1.

Таблица 14.1

*Количество и содержание рекламаций*

| Вид дефекта                                                          | Количество дефектных изделий, шт. |         |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
|                                                                      | 2002 г.                           | 2003 г. |
| 1. Недоброкачественная сборка изделий                                | 104                               | 30      |
| 2. Поломка отдельных деталей изделия:<br>по вине завода-изготовителя | 76                                | 20      |
| по вине транспортных организаций                                     | 6                                 | 10      |
| 3. Дефекты внешнего вида изделий:<br>по вине завода-изготовителя     | 52                                | 24      |
| по вине транспортных организаций                                     | 4                                 | 6       |

Рекламации являются важным источником информации о качестве изделий, выпускаемых предприятием. На основе данных рекламаций можно выявить тенденцию улучшения или ухудшения качества продукции, определить удельный вес недоброкачественной продукции, отгруженной потребителям.

### *Решение*

14.2.1. Определение объема недоброкачественной продукции, выпущенной по вине завода-изготовителя:

$$N_6^{2002} = 104 + 76 + 52 = 232 \text{ шт.};$$

$$N_6^{2003} = 30 + 20 + 24 = 74 \text{ шт.}$$

14.2.2. Определение снижения объема выпуска недоброкачественной продукции заводом-изготовителем

$$\delta_6 = \frac{N_6^{2002}}{N_6^{2003}} = \frac{232}{74} = 3,1 \text{ раза.}$$

14.2.3. Определение количества недоброкачественных изделий по вине транспортных организаций:

$$N_{6.т}^{2002} = 6 + 4 = 10 \text{ шт.};$$

$$N_{6.т}^{2003} = 10 + 6 = 16 \text{ шт.}$$

14.2.4. Определение изменения удельного веса недоброкачественной продукции в общем объеме производства:  
в 2002 г.

$$y_B = \frac{104 + 76 + 6 + 52 + 4}{3600} \cdot 100 = 6,72 \%,$$

из них по вине завода-изготовителя — 6,44 % ( $232 : 3600 \cdot 100$ ),  
по вине транспортных организаций — 0,28 % ( $10 : 3600 \cdot 100$ );  
в 2003 г.

$$y_B = \frac{30 + 20 + 10 + 24 + 6}{4000} \cdot 100 = 2,25 \%,$$

из них по вине завода-изготовителя — 1,85 % ( $74 : 4000 \cdot 100$ ), по  
вине транспортных организаций — 0,4 % ( $16 : 4000 \cdot 100$ ).

Таким образом, из расчета видно, что заводом-изготовителем проделана значительная работа по улучшению качества продукции. Удельный вес недоброкачественной продукции снизился с 6,44 % в 2002 г. до 1,85 % в 2003 г., а вот по вине транспортных организаций произошел рост объема продукции, имеющей дефекты, — с 0,28 % в 2002 г. до 0,4 % в 2003 г. Следовательно, транспортным организациям должны быть предъявлены серьезные претензии, вплоть до применения санкций материального характера.

## **Задачи для решения**

### **Задача 14.3.**

Себестоимость валовой продукции по цеху за месяц составляет 180 млн руб., потери на полностью забракованную продукцию составляют 20 млн руб., затраты на исправление брака — 8 млн руб., сумма, удержанная с виновников брака за этот период, — 5 млн руб. Определить процент потерь от брака продукции за месяц.

### **Задача 14.4.**

Себестоимость окончательно забракованной продукции за отчетный год составила 140 млн руб.

Расходы по исправлению брака составили: а) стоимость основных материалов — 4 млн руб.; б) зарплата производственных рабочих — 7 млн руб.; в) цеховые расходы — 11,5 млн руб.; г) общезаводские расходы — 2,5 млн руб. Итого расходов — 25 млн руб.

Стоимость брака по цене использования равна 20 млн руб.; сумма удержаний с рабочих — виновников брака — 5 млн руб.; сумма претензий, взысканная с поставщиков за поставку недоброкачественных материалов, — 6 млн руб. Валовая продукция по производственной себестоимости — 6900 млн руб.

Определить сумму (абсолютный размер) потерь от брака и процент (относительный размер) потерь от брака.

# **Тема 15. Экономическая оценка работы по сертификации продукции, услуг и систем качества**

## **Методические указания**

Несмотря на значительный конечный эффект, проведение работ по сертификации продукции требует определенных затрат. В соответствии с законом о сертификации продукции и услуг оплата работ по обязательной сертификации конкретной продукции производится заявителем (предприятием, организацией, физическим лицом, обратившимся с заявкой на проведение соответствующих работ) за счет собственных средств (кроме случаев, когда финансирование осуществляется из госбюджета), причем сумма средств, израсходованных заявителем на проведение сертификации, относится на себестоимость сертифицированной продукции (услуг).

С другой стороны, важным элементом в условиях рыночной экономики становится вопрос финансирования органов по сертификации (ОС) и испытательных лабораторий (ИЛ). Поэтому определение стоимости работ по сертификации является актуальной задачей как для заявителя, так и для органов по сертификации.

При обязательной сертификации оплате подлежат:

а) работы, выполняемые ОС, связанные с экспертизой документов, принятием решений по организации работ, оформлению сертификата соответствия;

б) работы, связанные с испытанием продукции;

в) сертификация систем качества (производства), если она предусмотрена схемой сертификации продукции;

г) инспекционный контроль за соответствием сертифицированной продукции требованиям нормативных документов (НД);

д) лицензии на применение знака соответствия.

Оплата всех работ по сертификации основывается на следующих принципах:

а) уровень рентабельности работ по обязательной сертификации не должен превышать 35 %;

б) прибыль от работ по обязательной сертификации, остающаяся в распоряжении ОС и ИЛ, должна использоваться на цели

совершенствования и развития нормативно-технической и испытательной базы, а также на обучение специалистов.

Стоимость первоначальной сертификации определяется по формуле

$$C = C_{OC} + C_{ИЛ}, \quad (15.1)$$

где  $C_{ИЛ}$  — стоимость испытаний продукции в аккредитованной испытательной лаборатории, руб.;  $C_{OC}$  — стоимость работ (услуг), проводимых ОС при обязательной сертификации конкретной продукции (услуг), может быть выражена в виде общей зависимости  $C_{OC} = f(t_{OCi}, \Pi, K_1, K_2, P_h)$  и определена по формуле

$$C_{OC} = t_{OCi} \cdot Z_c \left( 1 + \frac{K_1 + K_2}{100} \right) \left( 1 + \frac{P_h}{100} \right), \quad (15.2)$$

где  $t_{OCi}$  — трудоемкость обязательной сертификации конкретной продукции по  $i$ -й схеме сертификации, чел.-дн.;  $Z_c$  — средняя дневная ставка специалиста, руб.;  $K_1$  — норматив начислений на заработную плату, установленный действующим законодательством;  $K_2$  — процент накладных расходов;  $P_h$  — уровень рентабельности, %.

Из приведенного соотношения следует, что стоимость всей работы, выполняемой органом по сертификации, в большой степени зависит от трудоемкости отдельных видов работ и средней дневной тарифной ставки специалистов.

В общем случае суммарные затраты заявителя на сертификацию конкретной продукции (услуг)  $C$  определяются по формуле

$$C = C_{OC} + C_{об} + C_{ИЛ} + C_{СК} + \sum_{i=1}^n C_{икi} + \sum_{j=1}^m C_{искj} + C_{pc} + C_b, \quad (15.3)$$

где  $C_{об}$  — стоимость образцов (по факту), отобранных для сертификационных испытаний (разрушающихся), руб.;  $C_{СК}$  — стоимость сертификации (по факту) системы качества (производства), руб.;  $C_{икi}$  — стоимость одной проверки, проводимой в рамках инспекционного контроля за соответствием сертифицированной в обязательном порядке продукции (услуг) требованиям научной документации (НД), руб.;  $n$  — число проверок, предусмотренных программой инспекционного контроля за сертифицированной продукцией;  $C_{искj}$  — стоимость одной проверки, проводимой в рамках инспекционного контроля за соответствием сертифици-

рованной системы качества (производства) требованиям НД, руб.;  $m$  — число проверок соответствия сертифицированной системы качества (производства) требованиям НД, предусмотренных схемой инспекционного контроля;  $C_{pc}$  — расходы на упаковку и транспортировку образцов (по факту) к месту испытаний, руб.;  $C_b$  — стоимость работ, выполняемых при обязательной сертификации ввозимой продукции, руб.

В зависимости от конкретной ситуации в формулу для расчета стоимости работ по сертификации включаются только элементы, соответствующие составу фактически проводимых работ.

Стоимость инспекционного контроля  $C_{ik}$  за соответствие сертифицированной продукции (услуг) требованиям НД определяется по формуле

$$C_{ik} = C_{ad} + \sum_{i=1}^n C_{i, pi} + C_{km}, \quad (15.4)$$

где  $C_{ad}$  — стоимость работ по сбору и анализу данных о качестве сертифицированной продукции (услуг), руб.;  $C_{i, pi}$  — стоимость одной проверки, проведенной в рамках инспекционного контроля, руб.;  $n$  — число проверок, проведенных в рамках инспекционного контроля в течение срока действия сертификата соответствия;  $C_{km}$  — стоимость разработки корректирующих мероприятий, руб.

Стоимость обязательной сертификации ввозимой продукции  $C_b$  определяется по формуле

$$C_b = \left( \sum_{i=1}^n t_{bi} \right) 3c \left( 1 + \frac{K_1 + K_2}{100} \right) \left( 1 + \frac{P_h}{100} \right) + \sum_{j=1}^m C_{bj} \cdot O_{pj}, \quad (15.5)$$

где  $t_{bi}$  — трудоемкость выполнения работы при обязательной сертификации ввозимой продукции, чел.-дн.;  $n$  — число работ, выполняемых ОС при обязательной сертификации ввозимой продукции;  $C_{bj}$  — норматив оплаты  $j$ -й работы, проводимой ОС при обязательной сертификации ввозимой продукции, руб.;  $O_{pj}$  — фактический объем  $j$ -й работы, выполненной при обязательной сертификации ввозимой продукции;  $m$  — число видов работ, выполняемых при обязательной сертификации ввозимой продукции.

Если существует несколько вариантов сертификации продукции, выбор производится с помощью сводного параметрического индекса, который рассчитывается по следующей формуле:

$$I_n = \sum_{i=1}^n (a_i \cdot b_i), \quad (15.6)$$

где  $n$  — общее число параметров оценки варианта;  $a_i$  — удельный вес  $i$ -го параметра в их общем числе;  $b_i$  — оценка величины  $i$ -го параметра.

### Типовые задачи с решением

#### Задача 15.1.

Трудоемкость конкретной работы ОС с учетом ИК  $t_{OC} = 12$  чел.-дн.; средняя дневная ставка специалиста  $Z_c = 250$  руб.; норматив начислений на заработную плату, установленный действующим законодательством,  $K_1 = 39,5\%$ ; процент накладных расходов  $K_2 = 200\%$ ; уровень рентабельности  $P_h = 35\%$ ; стоимость сертификационных испытаний изделия в аккредитованной испытательной лаборатории  $C_{il} = 45\ 000$  руб.

В общую стоимость работ по сертификации продукции, предъявляемой ОС, не включаются стоимость образца изделия, расходы на упаковку и транспортировку к месту испытания, другие затраты, так как эти работы проводятся самим заводом.

Определить стоимость сертификации изделия на предприятии, произведенной по схеме сертификации № 7 (Испытание типа).

#### Решение

15.1.1. Определение стоимости работ, проводимых ОС (расчет производится по формуле (15.2)):

$$C_{OC} = 12 \cdot 250 \left(1 + \frac{39,5 + 200}{100}\right) \left(1 + \frac{35}{100}\right) = 13\ 750 \text{ руб.}$$

15.1.2. Определение стоимости первоначальной сертификации продукции. Расчет производится по формуле (15.1)):

$$C = 13\ 750 + 45\ 000 = 58\ 750 \text{ руб.}$$

#### Задача 15.2.

С учетом серийного характера производства изделия  $A$  при сертификации целесообразно выбрать схему сертификации № 3а (Испытания типа. Анализ состояния производства. Испытания образцов, взятых у изготовителя). При положительных результа-

так первоначальной сертификации ОС выдает заводу сертификат соответствия на три года. ИК за сертифицированной продукцией устанавливается 2 раза в год комиссией экспертов в составе 2 чел. Трудоемкость работ по сбору и анализу данных о качестве сертифицированной продукции составляет  $t_a = 10$  чел.-дн. Средняя дневная ставка специалиста ОС  $Z_c = 250$  руб. Норматив начислений на заработную плату  $K_1 = 39,5\%$ . Накладные расходы  $K_2 = 200\%$ . Уровень рентабельности  $P_h = 35\%$ . Стоимость сертифицированных испытаний изделия  $A$  в аккредитованной испытательной лаборатории  $C_{ил} = 50\ 000$  руб. Стоимость работ корректирующих мероприятий  $C_{к.м} = 0$ .

В общую стоимость работ по сертификации продукции не включаются стоимость образцов, отобранных для испытаний, а также расходы по их упаковке и транспортировке к месту испытаний, так как эти работы проводятся самим заводом.

Определить стоимость первоначальной сертификации изделия  $A$  (не разрушающегося) и инспекционного контроля (ИК) за продукцией завода.

### **Решение**

15.2.1. Определение трудоемкости ИК за состоянием сертифицированной продукции:

$$t_{ик} = (3 \cdot 2 - 1) \cdot 2 = 10 \text{ чел.-дн.}$$

15.2.2. Определение общей трудоемкости для обязательной сертификации ИК качества продукции:

$$t_{ОС} = t_{ик} + t_a = 10 + 10 = 20 \text{ чел.-дн.}$$

15.2.3. Определение стоимости работ, проводимых ОС. Расчет производится по формуле (15.2):

$$C_{ОС} = 20 \cdot 250 \left(1 + \frac{39,5 + 200}{100}\right) \left(1 + \frac{35}{100}\right) = 22\ 920 \text{ руб.}$$

15.2.4. Определение стоимости первоначальной сертификации продукции. Расчет производится по формуле (15.1):

$$C = 22\ 920 + 50\ 000 = 72\ 920 \text{ руб.}$$

15.2.5. Определение стоимости ИК. Расчет ведется по формуле (15.4):

$$C_{ик} = 10 \cdot 250 + 6 \cdot 2 \cdot 250 = 5500 \text{ руб.}$$

## Задачи для решения

### Задача 15.3.

Предприятие заключило договор с ОС на проведение сертификации услуг связи. Исходя из трудоемкости работ основная заработка плата основных исполнителей составила 7590 тыс. руб. Заработка плата технического руководства составляет 29,1 %, а вспомогательного персонала — 8 % от заработной платы основных исполнителей. Дополнительная заработка плата составляет 20 % от основной заработной платы. Отчисления в фонд социальной защиты 35 %. Отчисления в фонд занятости населения 1 %. Прочие прямые расходы — 30,1 %. Накладные расходы — 100 %. Прибыль — 30 %. Налог на добавленную стоимость — 20 %.

Определить стоимость выполнения работ по процедуре сертификации.

### Задача 15.4.

На предприятие поступило два предложения от сертифицирующих экспертов-аудиторов (табл. 15.1). На каком из них вы бы посоветовали предприятию остановить свой выбор?

В основе выбора лежит критерий максимального эффекта.

Таблица 15.1

*Факторы оценки при выборе из двух сертифицирующих аудиторов*

| Затраты, взятые из предложений             | Вес фактора (1–5) | Сертифицирующий аудитор, оценка предложения |     |
|--------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|-----|
|                                            |                   | 1-й                                         | 2-й |
| Степень известности                        | 4                 | 8                                           | 10  |
| Отзывы                                     | 4                 | 10                                          | 9   |
| Время, которым располагает аудитор         | 4                 | 9                                           | 7   |
| Уровень предложения                        | 3                 | 9                                           | 9   |
| Возможность отступлений от контракта       | 4                 | 6                                           | 8   |
| Конфиденциальность                         | 5                 | 7                                           | 8   |
| Международное признание                    | 5                 | 6                                           | 10  |
| Количество сотрудников                     | 4                 | 8                                           | 6   |
| Время исполнения                           | 4                 | 8                                           | 7   |
| Затраты на 1 чел.-день                     | 5                 | 7                                           | 9   |
| Прочие прямые расходы                      | 5                 | 7                                           | 9   |
| Накладные расходы                          | 5                 | 6                                           | 8   |
| Затраты после сертификации                 | 5                 | 5                                           | 10  |
| Затраты на ежегодные наблюдательные аудиты | 5                 | 9                                           | 9   |

*Примечание.* Оценка проводится по десятибалльной шкале, 10 — наивысший балл.

## Литература

*Адамович А.С.* Методические указания к практическим занятиям по курсу «Организация и планирование производства» для студентов радиотехнических специальностей / А.С. Адамович, К.Ф. Гарбер, Н.И. Новицкий и др. Мн.: МРТИ, 1988. 52 с.

*Афитов Э.А.* Лабораторный практикум по курсу «Основы менеджмента» / Э.А. Афитов, Н.И. Новицкий, П.Ч. Наливайко и др.; Под ред. Н.И. Новицкого. Мн.: БГУИР, 1996. 60 с.

*Беляцкий Н.П.* Лабораторный практикум по курсу «Организация и планирование производства. Управление предприятием» / Н.П. Беляцкий, Н.И. Новицкий, А.А. Носенко и др. Мн.: МРТИ, 1987. 60 с.

*Блехерман М.Х.* Гибкие производственные системы. Организационно-экономические аспекты / М.Х. Блехерман. М.: Экономика, 1988. 222 с.

*Гарбер К.Д.* Учебное пособие по курсу «Организация, планирование и управление радиотехническим предприятием» / К.Д. Гарбер, Н.И. Новицкий. Часть I. Мн.: МРТИ, 1984. 88 с.

Гибкие автоматизированные производства / А.М. Войчинский, Н.И. Диденко, В.П. Лузин. М.: Радио и связь, 1987. 272 с.

*Лясников И.А.* Сборник задач по экономике, организации и нормированию труда в промышленности / И.А. Лясников, А.В. Никитин. М.: Экономика, 1981. 256 с.

Методическое пособие для выполнения курсовой работы по курсу «Организация и планирование производства. Управление предприятием»: В 2 ч. / Под ред. Н.И. Новицкого. Мн.: МРТИ, 1994. 198 с.

Методическое пособие для практических занятий по курсу «Организация, планирование и управление радиотехнических предприятий» / К.Д. Гарбер, А.А. Носенко, П.Ф. Черникова. Часть I. Мн.: МРТИ, 1977. 52 с.

Методическое пособие к проведению практических занятий по курсу «Управление качеством» для студентов экономических специальностей / Под ред. Н.И. Новицкого. Мн.: БГУИР, 2001. 84 с.

*Новицкий Н.И.* Методическое пособие для выполнения курсовой работы по курсу «Организация и планирование производства. Управление предприятием». Раздел «Комплексная автоматизация

производства» для студентов специальности «Автоматика и управление в технических системах» / Н.И. Новицкий, Т.П. Капица; Под ред. Н.И. Новицкого. Мн.: МРТИ, 1991. 52 с.

*Новицкий Н.И.* Методическое пособие к проведению практических занятий по курсу «Организация и планирование производства. Управление предприятием» / Н.И. Новицкий, В.П. Чигрин; Под ред. Н.И. Новицкого. Мн.: БГУИР, 1996. 74 с.

*Новицкий Н.И.* Основы менеджмента: организация и планирование производства. Задачи и лабораторные работы / Н.И. Новицкий. М.: Финансы и статистика, 1998. 208 с.

*Новицкий Н.И.* Сетевое планирование и управление производством / Н.И. Новицкий. Мн.: Беларусь, 1976. 80 с.

Основы построения систем автоматизированного проектирования гибких производств. Кн. 8 / Под ред. И.М. Макарова. М.: Высшая школа, 1986. 176 с.

Организация вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств предприятия: Учеб. пособие / А.Э. Афитов, Н.И. Новицкий, В.Д. Цыганков. Мн.: МРТИ, 1992. 60 с.

Организация и планирование машиностроительного производства / Под ред. М.И. Ипатова, В.И. Постникова, М.К. Захаровой. М.: Высшая школа, 1988. 368 с.

Практикум по курсу «Организация и планирование электротехнического производства» / Под ред. А.Ф. Блюденова. М.: Высшая школа, 1989. 224 с.

Проблемы создания гибких автоматизированных производств / Под ред. И.М. Макарова, К.В. Фролова, П.Н. Белянина. М.: Наука, 1987. 254 с.

Сборник задач по курсу «Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием» / Под ред. В.А. Летенко, В.Н. Родионова. М.: Высшая школа, 1980. 264 с.

Сборник задач по курсу «Экономика, организация и планирование машиностроительных предприятий» / С.С. Грицевский, А.Я. Рапопорт, А.Н. Туротов, Г.С. Шульман; Под ред. А.П. Градова. Л.: Машиностроение, 1967. 230 с.

*Тихомирова Б.В.* Экономика и организация производства в радиоэлектронной промышленности / Под ред. Л.Я. Шухгалтера. М.: Советское радио, 1971. 416 с.

Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования. М.: Машиностроение, 1988. 580 с.

## **Содержание**

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Предисловие .....                                                                           | 3         |
| Список принятых сокращений .....                                                            | 4         |
| <b>Тема 1. Организация простого производственного процесса во времени .....</b>             | <b>6</b>  |
| Методические указания .....                                                                 | 6         |
| Типовые задачи с решениями .....                                                            | 8         |
| Задачи для решения.....                                                                     | 16        |
| <b>Тема 2. Организация сложного производственного процесса во времени .....</b>             | <b>19</b> |
| Методические указания .....                                                                 | 19        |
| Типовая задача с решением.....                                                              | 20        |
| Задачи для решения.....                                                                     | 27        |
| <b>Тема 3. Организация поточного производства .....</b>                                     | <b>30</b> |
| Методические указания .....                                                                 | 30        |
| Расчет показателей ОНПЛ.....                                                                | 30        |
| Расчет показателей ОППЛ.....                                                                | 36        |
| Расчет показателей переменно-поточной МНПЛ .....                                            | 37        |
| Типовые задачи с решениями .....                                                            | 40        |
| Задачи для решения.....                                                                     | 58        |
| <b>Тема 4. Организация гибкого автоматизированного производства.....</b>                    | <b>63</b> |
| Типовая задача с решением.....                                                              | 63        |
| <b>Тема 5. Организация вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств предприятия .....</b> | <b>87</b> |
| 5.1. Организация ремонтного хозяйства .....                                                 | 87        |
| Методические указания .....                                                                 | 87        |
| Типовая задача с решением.....                                                              | 90        |
| Задачи для решения.....                                                                     | 97        |
| 5.2. Организация энергетического хозяйства .....                                            | 99        |
| Методические указания .....                                                                 | 99        |
| Типовые задачи с решениями .....                                                            | 102       |
| 5.3. Организация инструментального хозяйства.....                                           | 106       |
| Методические указания.....                                                                  | 106       |
| Типовая задача с решением .....                                                             | 111       |
| 5.4. Организация транспортного хозяйства .....                                              | 118       |
| Методические указания.....                                                                  | 118       |

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Типовые задачи с решениями .....                                                                  | 122        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 128        |
| <b>5.5. Организация складского хозяйства.....</b>                                                 | <b>131</b> |
| Методические указания.....                                                                        | 131        |
| Типовые задачи с решениями .....                                                                  | 132        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 134        |
| <b>Тема 6. Планирование процессов СОНТ с применением методов СПУ .....</b>                        | <b>136</b> |
| Краткие теоретические сведения .....                                                              | 136        |
| Задача с решением.....                                                                            | 139        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 150        |
| <b>Тема 7. Оперативное планирование единичного мелкосерийного производства .....</b>              | <b>157</b> |
| Краткие теоретические сведения .....                                                              | 157        |
| Типовая задача с решением .....                                                                   | 157        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 164        |
| <b>Тема 8. Оперативное планирование серийного производства .....</b>                              | <b>168</b> |
| Краткие теоретические сведения .....                                                              | 168        |
| Типовая задача с решением .....                                                                   | 169        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 184        |
| <b>Тема 9. Оперативное планирование массового производства .....</b>                              | <b>187</b> |
| Краткие теоретические сведения .....                                                              | 187        |
| Типовая задача с решением .....                                                                   | 188        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 198        |
| <b>Тема 10. Организация многостаночного обслуживания.....</b>                                     | <b>199</b> |
| Краткие теоретические сведения .....                                                              | 199        |
| Типовая задача с решением .....                                                                   | 205        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 209        |
| <b>Тема 11. Организация обслуживания технологического оборудования промышленным роботом .....</b> | <b>210</b> |
| Краткие теоретические сведения .....                                                              | 210        |
| Типовая задача с решением .....                                                                   | 214        |
| Задача для решения .....                                                                          | 218        |
| <b>Тема 12. Выбор ресурсосберегающего технологического процесса.....</b>                          | <b>220</b> |
| Краткие теоретические сведения .....                                                              | 220        |
| Типовые задачи с решениями .....                                                                  | 222        |
| Задачи для решения.....                                                                           | 231        |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Тема 13. Определение экономического эффекта от повышения показателей качества продукции.....</b>  | 233 |
| Методические указания.....                                                                           | 233 |
| Типовая задача с решением .....                                                                      | 235 |
| Задачи для решения.....                                                                              | 238 |
| <b>Тема 14. Расчет и анализ абсолютного и относительного размера брака и потерь от брака .....</b>   | 242 |
| Методические указания.....                                                                           | 242 |
| Типовые задачи с решениями .....                                                                     | 242 |
| Задачи для решения.....                                                                              | 245 |
| <b>Тема 15. Экономическая оценка работы по сертификации продукции, услуг и систем качества .....</b> | 246 |
| Методические указания.....                                                                           | 246 |
| Типовые задачи с решением .....                                                                      | 249 |
| Задачи для решения.....                                                                              | 251 |
| <b>Литература .....</b>                                                                              | 252 |

**Учебное издание**

**Новицкий Николай Илларионович**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА Практикум**

**Ведущий редактор Н.А.Кулагина**

**Редактор С.В. Исаенко**

**Компьютерная верстка В.А. Киселёв**

**Корректор Л.К. Мисуно**

Подписано в печать с готовых диапозитивов 02.02.2004.

Формат 60×84 1/16. Бумага газетная. Гарнитура Ньютон.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 12,27.

Тираж 3010 экз. Заказ № 1464.

Общество с ограниченной ответственностью «Новое знание».

ЛВ № 310 от 01.07.2003. Минск, ул. Академическая, д. 28, к. 112.

Почтовый адрес: 220050, Минск, а/я 79.

Телефон/факс: (10-375-17) 211-50-38. E-mail: nk@wnk.biz

В Москве:

Москва, Колодезный пер., д. 2а.

Телефон (095) 234-58-53. E-mail: ru@wnk.biz

<http://wnk.biz>

Унитарное полиграфическое предприятие «Витебская областная типография». 210015, Витебск, ул. Щербакова-Набережная, 4.