

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева

Методические указания

по выполнению самостоятельной работы по курсу

«Теория организации производства»

для студентов специальности 080502 - Экономика и управление на предприятии в машиностроении
для всех форм обучения

Красноярск 2010 г.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящих методических указаниях рассмотрено несколько тем, с которыми приходится сталкиваться (встречаться) в практической работе в области оперативно - производственного планирования специалистам, окончившим ВУЗы.

Методические указания построены по следующему принципу:

1. Название темы
2. Необходимый теоретический материал по теме
3. Несколько задач с решениями по рассматриваемой теме
4. Задания для самостоятельной работы

Наличие в каждой теме методических указаний для решения задач и кратких теоретических сведений для выполнения практических работ, а также примеров решения задач и выполнения практических работ делает настоящие методические указания пригодными для заочного и вечернего обучения.

ТЕМА 1 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 по расчету показателей ОНПЛ

Расчет программы запуска M , производится по формуле:

$$N_3 = \frac{N_B \cdot 100}{100 - a} \quad (1.1)$$

где N_B - программа выпуска готовых изделий, шт.;

a - технологические потери или брак, %.

Эффективный фонд времени работы оборудования ОНПЛ рассчитывается по формуле

$$F_{\text{э}} = F_H \cdot K_{CM} \left(1 - \frac{a_p + a_{II}}{100}\right), \quad (1.2)$$

где: F_H - номинальный фонд времени работы оборудования за рассчитываемый период времени, мин, ч;

K_{CM} - число рабочих смен в сутки;

a_p и a_{II} - потери рабочего времени соответственно на плановые ремонты оборудования и регламентированные перерывы для отдыха рабочих-операторов, %.

Номинальный фонд времени работы оборудования определяется по формуле

$$F_H = t_{CM} D_p - t_{II} D_{II} \quad (1.3)$$

где: t_{CM} - длительность рабочей смены, мин, ч;

t_{II} - продолжительность нерабочего времени в предпраздничные дни, мин, ч;

D_p и D_{II} - число рабочих и предпраздничных дней в плановом периоде.

Такт ОНПЛ $r_{H.L.}$ (мин/шт.) определяется по формуле

$$r_{H.L.} = F_{\text{э}} / N_3, \quad (1.4)$$

Ритм ОНПЛ $R_{H.L.}$ (мин/партию) определяется по формуле

$$R_{H.L.} = r_{H.L.} p, \quad (1.5)$$

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

Синхронизация технологического процесса записывается следующим образом:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \frac{t_3}{C_3} = \dots = \frac{t_i}{C_i} = r_{H.L.} \quad (1.6)$$

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 следующие условия.

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

$$t_i = t_{обр.} + t_{взв.}, \quad (1.7)$$

где $t_{обр.}$ - время непосредственной обработки (сборки) предмета труда на i -й операции, мин;

$t_{взв.}$ - время возврата рабочего на прежнее (исходное) место, мин.

2. Если ОНПЛ оснащена рабочим конвейером прерывного (пульсирующего) действия (предмет труда с конвейера не снимается и операции выполняются во время паузы - остановки конвейера), то

$$t_i = t_{обр.} + t_{мп.}, \quad (1.8)$$

где $t_{мп.}$ - время перемещения предмета труда с одной операции на другую, мин.

3. Если ОНПЛ оснащена нерабочим (распределительным) конвейером непрерывного действия (предметы труда снимаются с конвейера и операции выполняются вне конвейера), то

$$t_i = t_{обр.} + t_{с.у.}, \quad (1.9)$$

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

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

$$t_i = t_{обр.} + t_{мп.} + t_{с.у.}, \quad (1.10)$$

Расчет числа рабочих мест на ОНПЛ ведется по формулам:

а) если процесс синхронизирован, а продолжительности операций равны между собой и равны такту потока, то каждая операция выполняется на одном рабочем месте, а на всей поточной линии число рабочих мест равно числу операций технологического процесса

$$C_{Л} = m \quad (1.11)$$

где $C_{Л}$ - число рабочих мест на линии;

m - число операций в технологическом процессе;

б) если продолжительности операций не равны между собой, но кратны такту, то число рабочих мест (расчетное) на каждой i -и операции определяется по формуле

$$C_{pi} = t_i / r_{H..Л.}, \quad (1.12)$$

Принятое число рабочих мест на каждой i -й операции $C_{np.i}$, 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

$$K_{з.} = C_{pi} / C_{np.i}, \quad (1.13)$$

Число рабочих мест на всей поточной линии определяется по формуле

$$C_{Л} = \sum_{i=1}^m C_{np.i}, \quad (1.14)$$

Скорость движения конвейера V (м/мин) можно определить по формулам:

а) для непрерывно действующих рабочего и нерабочего конвейеров

$$V = l_0 / r_{H.L.}, \quad (1.15)$$

где l_0 - шаг конвейера, т.е. расстояние между осями смежных предметов труда, равномерно расположенных на конвейере, м;

б) для непрерывно действующих (пульсирующих) рабочего и нерабочего конвейеров

$$V = l_0 / t_{mp}, \quad (1.16)$$

Длина рабочей зоны при выполнении i -й операции l_{pi} (м) определяется по формуле

$$l_{pi} = l_0 \frac{t_i}{r_{H.L.}}, \quad (1.17)$$

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

а) при одностороннем расположении рабочих мест на поточной линии

$$L_p = l_0 \sum_{i=1}^m C_{np.i} = l_0 \cdot C_{Л} \quad (1.18)$$

б) при двустороннем расположении рабочих мест на линии

$$L_p = \frac{l_0 \sum_{i=1}^m C_{np.i}}{2}, \quad (1.19)$$

Длина замкнутой ленты конвейера (полная) определяется по формуле

$$L_n = 2L_p + 2\pi R, \quad (1.20)$$

где π - постоянное число, равное 3,14;

R - радиус приводного и натяжного барабанов, м.

Для распределительного (нерабочего) конвейера обязательно должно соблюдаться условие

$$L_n = 2L_p + 2\pi R \leq l_0 PK, \quad (1.21)$$

где P - период (комплект номеров) распределительного конвейера;

K - число повторений периода на полной длине конвейера (обязательно целое число).

Период распределительного конвейера определяется исходя из выражения

$$P = \text{НОК}\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_i\}. \quad (1.22)$$

Часовая производительность ОНПЛ τ (шт./ч) определяется величиной, обратной такту потока и называемой темпом,

$$\tau = \frac{1}{r_{H.L.}} 60, \quad (1.23)$$

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

$$q_r = \tau Q, \quad (1.24)$$

где Q - средняя масса единицы изделия, обрабатываемого (собираемого) на поточной линии, кг.

Установленная мощность приводного двигателя конвейера $P_{уст}$ (кВт) определяется по формуле

$$P_{\text{уст}} = 0,736 \text{ W}, \quad (1.25)$$

где W - мощность, потребляемая конвейером, л.с.; определяется по формуле

$$W = 1.2 \left(\frac{0.16L_{\text{п}}VQ_{\text{к}}}{36} + \frac{0.16L_{\text{п}}q_r}{270} \right), \quad (1.26)$$

где $Q_{\text{к}}$ - масса ленты (цепи) конвейера, кг.

Величина заделов на поточной линии определяется по формулам:

а) технологический раздел $Z_{\text{тех}}$

$$Z_{\text{тех}} = p \sum_{i=1}^m C_{\text{нр}i}, \quad (1.27)$$

где p - размер транспортной партии, шт.

б) транспортный раздел $Z_{\text{ТР}}$

$$Z_{\text{ТР}} = p(C_{\text{Л}} - 1); \quad (1.28)$$

в) страховой (резервный) задел $Z_{\text{рез}}$

$$Z_{\text{рез}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{нр},i}}{r_{\text{Н.Л.}}}, \quad (1.29)$$

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

Общая величина задела ОНПЛ определяется по формуле:

$$Z_{\text{об}} = Z_{\text{тех}} + Z_{\text{ТР}} + Z_{\text{рез}}. \quad (1.30)$$

Величина незавершенного производства определяется по формулам:

а) в нормо-часах

$$H = Z_{\text{об}} \left(\frac{\sum_{i=1}^m t_i}{2} + t_{\text{ПП}} \right), \quad (1.31)$$

где $t_{\text{ПП}}$ - суммарные затраты времени в предыдущих цехах

б) в денежном выражении (руб.)

$$H = Z_{об} \left(C_{ПП} + \frac{C_{Ц}}{2} \right), \quad (1.32)$$

где $C_{ПП}$ - затраты на единицу продукции в предыдущих цехах, руб.;

$C_{Ц}$ - цеховая себестоимость изделия, руб.

Длительность производственного цикла рассчитывается по формулам:

а) предмет труда не перемещается ни перед первой операцией, ни после последней

$$t_{Ц} = (2C_{Л} - 1)r_{Н.Л.}; \quad (1.33)$$

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

$$t_{Ц} = 2C_{Л}r_{Н.Л.} \quad (1.34)$$

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

$$t_{Ц} = (2C_{Л} + 1)r_{Н.Л.}; \quad (1.35)$$

Методические указания по расчету показателей ОППЛ

Программа запуска N_3 , такт ОППЛ $r_{ПП}$, ритм $R_{ПП}$, число рабочих мест расчетное C_p и принятое $C_{пр}$, коэффициент загрузки рабочих мест K_3 часовая производительность τ , технологический, транспортный и страховой заделы определяются так же, как и для ОНПЛ. Межоперационный оборотный задел рассчитывается по формуле

$$Z_{об} = \frac{T_j C_i}{t_i} - \frac{T_j C_{i+1}}{t_{i+1}}, \quad (1.36)$$

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, работающих в течение частного периода T_j , соответственно на i -й и $(i+1)$ -й операциях;

t_i и t_{i+1} - нормы штучного времени соответственно на i -й и $(i+1)$ -й операциях технологического процесса, мин.

Средняя величина межоперационного оборотного задела $Z_{ср.об}$ (шт.) между каждой парой смежных операций определяется по формуле

$$Z'_{ср.об} = S_i / T_{об.}, \quad (1.37)$$

где S_i - площадь эпюры оборотного задела между i -й и $(i+1)$ -й операциями;

$T_{об.}$ - период оборота линии, мин.

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

$$Z_{ср.об.} = \sum_{i=1}^{m-1} S_i / T_{об.}, \quad (1.38)$$

Расчет величины незавершенного производства аналогичен расчету на ОНПЛ. Длительность технологического цикла рассчитывается по формуле:

$$t_{ц} = Z_{cp.об.} R_{ПП}. \quad (1.39)$$

Методические указания по расчету показателей непрерывно-поточной (многопредметной) линии
Режим работы МНПЛ с последовательным чередованием партий предметов труда определяется двумя группами календарно-плановых нормативов (КПН).

К первой группе таких нормативов относятся: частный (общий) такт выпуска j -го наименования изделия $r_{ППj}$; число рабочих мест на линии $C_{ПП}$; скорость движения конвейера $V_{ПП}$. Как правило, используют четыре варианта расчетов КПН этой группы:

За линией закреплены изделия с одинаковой суммарной трудоемкостью ($T_a = T_b = T_c = \dots T_j$). В этом случае изготовление всех изделий целесообразно вести с одинаковым тактом, скоростью движения конвейера и числом рабочих мест, $r_{ПП} = const, V_{ПП} = const, C_{ПП} = const$. Единый такт $r_{ПП}$ (мин/шт.) определяется по формуле

$$r_{ПП} = \frac{F_{\text{Э}} \left(1 - \frac{a_H}{100} \right)}{\sum_{j=1}^m N_{3j}} \quad (1.40)$$

где a_H - потери рабочего времени на переналадку линии, %;

$j = 1, 2, \dots, m$ - номенклатура изделий, закрепленных за линией.

Число рабочих мест на линии определяется по формуле:

$$C_{ПП} = \frac{\sum_{j=1}^m N_{3j} T_j}{F_{\text{Э}} \left(1 - \frac{a_H}{100} \right)}. \quad (1.41)$$

Скорость движения конвейера определяется по формуле

$$V_{ПП} = l_0 / r_{ПП}, \quad (1.42)$$

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

При этом такт рассчитывается по формуле (1.40), скорость движения конвейера - по формуле (1.42), а число рабочих мест определяется для каждого j -го вида изделий по формуле

$$C_{ППj} = T_j / r_{ПП}, \quad (1.43)$$

3. 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, $r_{ПП} = var, V_{ПП} = var, C_{ПП} = const$.

Число рабочих мест определяется по формуле (1.41).

Частный такт для каждого j -го наименования изделия рассчитывается по формуле

$$r_{IIIj} = T_j / C_m, \quad (1.44)$$

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

$$V_{IIIj} = l_0 / r_{IIIj}, \quad (1.45)$$

4. 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 $r_{III} = \text{var}, V_{III} = \text{const}, C_{III} = \text{const}, R_{III} = \text{const}$.

Число рабочих мест в данном случае определяется по формуле (3.41), частный такт для каждого j -го наименования изделия - по формуле (3.44).

Ритм поточной линии R_{III} (мин/партию) рассчитывается по формуле

$$R_{III} = r_{IIIj} P_j, \quad (1.46)$$

Где P_j - величина транспортной партии по j -му наименованию изделия (подбирается такой размер партии деталей, чтобы производство его на частный такт давало одинаковую величину), шт.

Скорость движения конвейера определяется в данном случае по формуле

$$V_{III} = l_0 / R_{III}, \quad (1.47)$$

Ко второй группе календарно-плановых нормативов относятся: размер партии предметов труда n_j ; период чередования партий деталей R_j , длительность технологического цикла t_{Lj} . Размер партии предметов j -го наименования n_j (шт.) определяется по формуле

$$n_j = \frac{(100 - a_H) P_{pj}}{a_H r_{IIIj}}, \quad (1.48)$$

где P_{pj} - средняя длительность простоя Каждого рабочего места при переходе от изготовления партии одного изделия на изготовление другого изделия, мин.

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

1) на рабочих местах линии не оставляют переходящий задел по j -м изделиям, все запущенные изделия выпускаются. Тогда

$$P_{pj} = t_H + (2C_L - 1)r_{IIIj+1}, \quad (1.49)$$

где t_H - время на переналадку линии, мин;

2) на рабочих местах оставляют задел по каждому j -му наименованию изделий, тогда

$$P_{pj} = t_H \quad (1.50)$$

Период чередования партий предметов труда R_j (дней) определяется по формуле

$$R_j = \frac{T_{III}}{N_{3j}} n_j \quad (1.51)$$

где $T_{пл}$ - плановый период работы линии, дней.

Длительность технологического цикла $t_{цj}$ (смен), т.е. время занятости поточной линии изготовлением j -го наименования изделия, определяется по формуле

$$t_{цj} = \frac{n_j r_{штj} + П_{pj}}{480}, \quad (1.52)$$

Если $П_{pj}=0$, то

$$t_{цj} = \frac{n_j r_{штj}}{480}, \quad (1.53)$$

Типовые задачи с решениями

Задача 1.1. На основе электрической схемы ячейки 2У-3 ЭЦВМ (рис. 1.1) и заводских нормативов времени на выполнение технологически неделимых элементов операций (табл. 1.1) спроектировать производственный процесс сборки ячейки 2У-3, если продолжительность выполнения операций кратна такту, при организации однопредметной непрерывно-поточной линии с использованием распределительного конвейера.

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

Исходные данные. Производственная программа $N_{CM}=1400$ шт./смену. Режим работы - односменный. Продолжительность смены - 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых - 30 мин/смену. Шаг конвейера - 0,6 м. Диаметр приводного и натяжного барабанов - 0,4 м. Изделия с операции на операцию передаются поштучно.

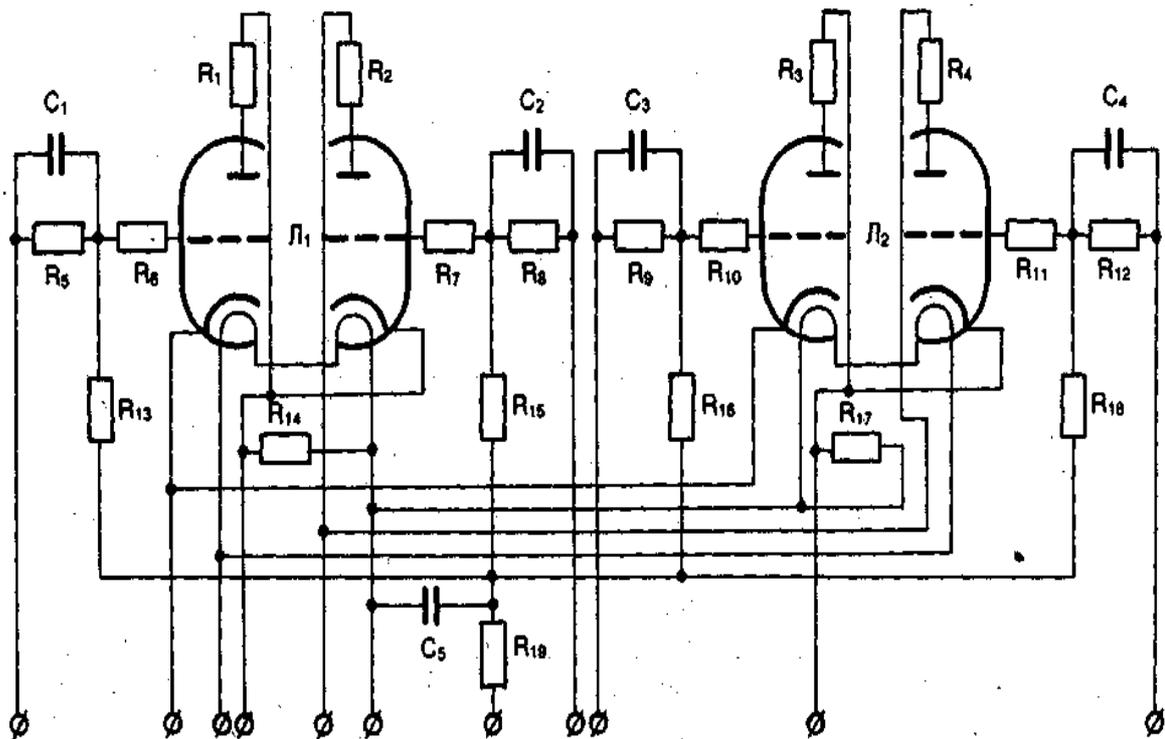


Рис. 1.1. Электрическая схема ячейки 2У-3

Таблица 1.1

Нормативы времени на выполнение технологически неделимых элементов операций

Содержание элементов операций	Штучная норма времени ($t_{шт}$), мин
-------------------------------	---

Установить сопротивление	0,2
Установить конденсатор	0,26
Установить ламповую панель	0,56
Взять и отложить плату	0,07

Решение

1. Эффективный фонд времени работы оборудования ОНПЛ рассчитываем по формуле

$$F_{\text{Э}} = F_H - T_{\text{ПЕР}} = 8 \cdot 60 - 30 = 450 \text{ мин,}$$

где F_H - номинальный фонд времени (в данном случае F_H равен продолжительности смены 8·60 мин);

$T_{\text{ПЕР}}$ - продолжительность регламентированных перерывов, мин ($T_{\text{ПЕР}}=30$ мин).

2. Такт ОНПЛ определяем по формуле

$$r_{\text{н.л.}} = F_{\text{Э}} / N_{\text{З.СМ}} = 450 / 1400 = 0,32 \text{ мин /шт.}$$

3. Проектирование производственного процесса сборки ячейки 2У-3 при продолжительности выполнения операций, кратной или равной такту (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Проектирование производственного процесса и расчет количества рабочих мест

№ операции	Содержание операции	Норма элемент операции, мин	Норма вр. на операцию, мин	Число рабочих мест		Коэффициент рабочих мест, (K_3)
				Расчетное, (C_p)	Принятое, ($C_{\text{пр}}$)	
1	2	3	4	5	6	7
1	Взять и отложить плату. Установить ламповую панель Л ₁	0,07 0,56	0,63	1,97	2	0,98
2	Взять и отложить плату Установить ламповую панель Л ₂	0,07 0,56	0,63	1,97	2	0,98
3	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R1 R2 R3	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04
4	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R4 R5 R6	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04

Продолжение таблицы 3.2

5	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R7 R8 R9	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04
6	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R10 R11 R12	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04
7	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R13 R14 R15	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04
8	Взять и отложить плату Установить сопротивления: R16 R17 R18	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04
9	Взять и отложить плату Установить конденсаторы: C1 C2 C3 C4 C5 и сопротивление R19	0,07 0,26 0,26 0,26 0,26 0,26 0,20	1,57	4,91	5	0,98
	Итого	6,85	6,85	21,39	21	1,02

4. Число рабочих мест определяем по формуле (1.12), подставив в нее соответствующие данные по первой операции,

$$C_{p1} = 0.63 / 0.32 = 1.97 .$$

Принимаем $C_{np} = 2$ рабочим местам.

Аналогично рассчитываем по всем операциям, а результаты заносим в гр. 5 и 6 табл. 1.2.

5. Коэффициент загрузки рабочих мест на каждой i -й операции определяем по формуле (3.13). Подставив в эту формулу соответствующие данные по первой операции, получим

$$K_{31} = 1.97 / 2 = 0.98 .$$

Аналогично производим расчеты по всем операциям, а результаты заносим в гр. 7 табл. 1.2.

6. Скорость движения конвейера определяем по формуле (3.15), подставляя в нее соответствующие данные,

$$V_k = 0.6 / 0.32 = 1.88 \text{ м/мин.}$$

7. Период распределительного конвейера устанавливается исходя из выражения (1.22):

$$П = \text{НОК}\{2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 5\} = 10.$$

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

Определив период конвейера, производим разметку ленты конвейера по периоду путем нанесения на нее цифровых индексов (рис. 1.2).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	и т.д.
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	--------

Рис. 1.2. Разметка ленты конвейера

8. Составление системы адресования ячеек конвейера по рабочим местам. Закрепление разметочных знаков за рабочими местами ведется в табличной форме (табл. 1.3).

Таблица 1.3

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 рабочими местами
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

9. Расчет длины ленты распределительного конвейера.

Вначале рассчитываем рабочую длину ленты конвейера по формуле (1.18):

$$L_p = 21 \cdot 0.6 = 12.6 \text{ м.}$$

Затем определяем полную длину ленты по формуле (1.21):

$$L_p = 2 \cdot 12.6 + 3.14 \cdot 0.4 = 26.456 \text{ м.}$$

По длине распределительного конвейера в ней должно укладываться целое число периодов. Поэтому определяемое число повторений периода также должно быть целым числом.

$$K = \frac{L_{\Pi}}{\Pi_0} = \frac{26.456}{10 \cdot 0.6} = 4.4$$

Принимаем $K = 5$.

Тогда $K\Pi_0 = 5 \cdot 10 \cdot 0.6 = 30$ м.

Это удовлетворяет обоим условиям формулы (1.21):

$$26,456 < 30.$$

Исходя из этого полную длину ленты распределенного конвейера принимаем равной 30 м. Основываясь на такой длине ленты конвейера, корректируем шаг конвейера, который после расчетов составляет $l_0 = 0,684$ м.

10. Построение стандарт-плана ОНПЛ и расчет длительности производственного цикла графическим методом. Стандарт-план работы линии приведен на рис. 1.3.

Продолжительность производственного цикла - это отрезок времени от поступления предмета труда на первую операцию поточной линии до выхода его с последней операции. Этот показатель можно определить по стандарт-плану (см. рис. 1.3) или по формуле (1.33):

$$t_{ц} = (2 \cdot 21 - 1)0.32 = 13.12 \text{ мин.}$$

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

Величина технологического задела при поштучной передаче обрабатываемых изделий рассчитывается по формуле (1.27):

$$Z_{\text{тех}} = C_{\text{л}} = 21 \text{ шт.}$$

а величина транспортного задела - по формуле (1.28):

$$Z_{\text{тр}} = (C_{\text{л}} - 1) = 21 - 1 = 20 \text{ шт.}$$

Учитывая, что рабочие места имеют высокий коэффициент загрузки (в среднем больше единицы), величину страхового задела принимаем в размере 4% от сменного задания, следовательно,

$$Z_{\text{стр}} = 1400 \cdot 0.04 = 56 \text{ шт.}$$

Общая величина внутрилинейного задела определяется по формуле (1.30):

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

12. Величина незавершенного производства определяется по формуле (1.31):

$$H_B = Z_{об} \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{2} = 97 \frac{6,85}{2 \cdot 60} = 5.5 \text{ нормо-ч.}$$

13. Часовая производительность ОНПЛ рассчитывается по формуле (1.23):

$$\tau = \frac{1 \cdot 60}{0.32} = 187 \text{ шт./ч.}$$

Задача 1.2. 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 5 раз меньше времени выполнения каждой операции. Шаг конвейера - 1,8 м. Радиус приводного и натяжного барабанов - по 0,3 м каждый. Режим работы поточной линии: двухсменный. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых -30 мин/смену. Определить такт поточной линии, число рабочих мест на линии, длину рабочей части конвейера и всей замкнутой ленты, программу выпуска изделий за сутки.

Решение

1. Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое определяем исходя из формулы (1.16):

$$\tau = \frac{1.8}{6} = 0.3 \text{ мин.}$$

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

Решение

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

$$N_B \frac{12600}{21 \cdot 2 \cdot 2} = 150$$

2. Такт ОППЛ определяем по формуле (3.4):

$$r_{np} \frac{F_{\Sigma}}{N_B} = \frac{8 \cdot 0.5 \cdot 60}{150} 1.6 \text{ мин / шт}$$

3. Число рабочих мест рассчитываем по формуле (1.12), подставив в нее соответствующие данные по первой операции,

$$C_{p1} = t_1 : r_{np} = 1,9 : 1,6 = 1,19.$$

Принимаем $C_{p1} = 2$ рабочим местам.

Аналогично производим расчеты по всем операциям, а результаты заносим в гр. 5 и 6 на рис. 1.4.

№ операции	Операция	Норма времени ($t_{шт}$), мин	Такт (r_{np}), мин/шт.	Число рабочих мест		№ рабочего места	Загрузка рабочих мест		Количество рабочих на операции	Обозначение рабочих	Порядок обслуживания рабочих мест	График работы оборудования и перехода рабочих за период оборота линии, равный 0,5 смены (240 мин)								Выпуск изделий за $T_o = 240$ мин
				расчетное (C_p)	принятое (C_{np})		%	мин				30	60	90	120	150	180	210	240	
1	Токарная	1,9	1,6	1,19	2	1 2	100 19	240 45,6	2	А Б	1 2+6									126 24
2	Сверльная	1,1	1,6	0,69	1	3	69	165,6	1	В	3+5									150
3	Фрезерная	2,1	1,6	1,31	2	4 5	100 31	240 74,4	2	Г Д	4 5+3									114 36
4	Шлифовальная	1,3	1,6	0,81	1	6	81	194,4	1	Е	6+2									150
Итого рабочих на линии										6	4									

Условные обозначения

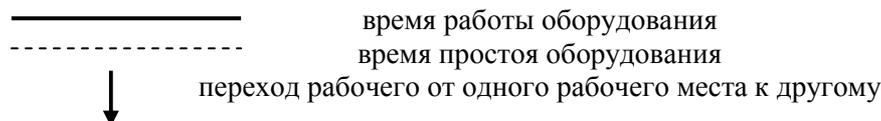


Рис. 1.4. Стандарт-план работы однопредметной прерывно-поточной линии

4. Коэффициент загрузки рабочих мест определяем по формуле (1.13), подставив в нее данные, определенные в результате расчета по формуле (1.12):

$$K_{31} = 1,19:2 \approx 0,6.$$

Аналогично производим расчеты по всем операциям.

5. Составление графика-регламента загрузки рабочих мест и рабочих-операторов, т.е. стандарт-плана.

Стандарт-план строят в форме таблицы (см. рис. 1.4), в которую заносят все операции технологического процесса и нормы времени их выполнения. Затем проставляют такт потока и число рабочих мест по каждой операции (расчетное и принятое) и в целом по линии; строят график работы оборудования на каждой операции в соответствии с его загрузкой. Рассчитывают необходимое количество рабочих-операторов на каждой операции и строят график-регламент их труда на линии путем подбора работ (как это показано на втором, третьем, пятом и шестом рабочих местах); определяют окончательную численность рабочих-операторов, работающих на линии; присваивают рабочим номера или буквенные индексы и устанавливают порядок обслуживания рабочих мест.

После регламентации труда на линии необходимо иметь четырех рабочих-операторов в смену.

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

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

7. Расчет межоперационных оборотных заделов производим по стандарт-плану ОППЛ между каждой парой смежных операций по формуле (1.36). Этот расчет рекомендуется вести в табличной форме (табл. 1.4).

После расчета величины межоперационных оборотных заделов строим графики изменения заделов (эпюры движения заделов) по каждой паре смежных операций за период оборота линии (рис. 1.5).

8. Расчет площадей эпюр оборотных заделов выполняем на рис. 1.5, а результаты вписываем в табл. 1.4. Исходя из площадей эпюр оборотных заделов, определяем среднюю величину межоперационных оборотных заделов между каждой парой смежных операций и в целом по линии.

Таблица 1.4

Расчет межоперационных оборотных заделов

Частный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов (Z), шт	Площадь эпюр, шт./мин
		Между 1 и 2 операциями	
T_1	45.6	$Z'_{1,2} = \frac{45.6 * 2}{1.9} - \frac{45.6 * 1}{1.1} = +7$	1938
T_2	120	$Z''_{1,2} = \frac{120 * 1}{1.9} - \frac{120 * 1}{1.1} = -46$	2760
T_3	74.4	$Z'''_{1,2} = \frac{74.4 * 1}{1.9} - \frac{74.4 * 0}{1.1} = +39$	1450
		ИТОГО	6148
		Между 2 и 3 операциями	
T_1	165,6	$Z'_{2,3} = \frac{165.6 * 1}{1.1} - \frac{165.6 * 1}{2.1} = +71$	5879
T_2	74,4	$Z''_{2,3} = \frac{74.4 * 0}{1.1} - \frac{74.4 * 1}{2.1} = -71$	2641
		ИТОГО	8520
		Между 3 и 4 операциями	
T_1	45.6	$Z'_{3,4} = \frac{45.6 * 2}{2.1} - \frac{45.6 * 1}{1.3} = +22$	1140
T_2	120	$Z''_{3,4} = \frac{120 * 1}{2.1} - \frac{120 * 1}{1.3} = -36$	2160
T_3	74.4	$Z'''_{3,4} = \frac{74.4 * 1}{2.1} - \frac{74.4 * 0}{1.3} = +14$	512
		ИТОГО	3821
		ВСЕГО	18489

9. Среднюю величину межоперационного оборотного задела в целом по линии определяем по формуле (1.38):

$$Z_{cp.ob.} = \sum_{i=1}^m S_i : T_{об} = 18489 : 240 = 77 \text{ шт}$$

10. Величину незавершенного производства без учета затрат труда в предыдущих цехах рассчитываем по формуле (1.31)

$$H = 77 \left(\frac{6.4}{2 \cdot 60} + 0 \right) = 4.1 \text{ норма-ч.}$$

11. Длительность производственного цикла определяем по формуле (1.39):

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

Задача 1.4. Рассчитать календарно-плановые нормативы и построить стандарт-план МНПЛ исходя из следующих данных.

Один из блоков пяти различных изделий (А, Б, В, Г, Д) имеет значительное конструктивное сходство и может быть собран по типовому технологическому процессу (табл. 3.5). Участок сборки и монтажа блоков работает в две смены. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Число рабочих дней - 22. Средняя длительность наладки одного рабочего места - 20 мин. Допустимые потери рабочего времени на простои рабочих мест при смене партии предметов труда составляют 2%. Месячная программа выпуска: А = 6000, Б = 3000, В = 3600, Г = 5500, Д = 1000 шт. Шаг конвейера - 0,7 м.

Решение

1. Расчет суммарной трудоемкости изделий T_j ведем в табличной форме (см. табл. 1.5). Из расчета видно, что $T_A \neq T_B \neq T_V \neq T_G \neq T_D$. Исходя из этого выбираем вариант работы линии с различными частными тактами выпуска блоков при неизменном общем числе рабочих мест и изменяющейся скорости движения конвейера ($C = const, r_{III} = var, V_{III} = var$).

№ операции	Операция	Норма времени (шт), мин	Такт (гр), мин	Число рабочих мест		№ рабочего места	Загрузка рабочих мест		Задел ($Z_{об}$)		График работы оборудования и перехода рабочих за период оборота линии, равный 0,5 смены (240 мин)							
				расчетное (C_p)	принятых ($C_{пр}$)		%	мин	максимальный	на начало периода	30	60	90	120	150	180	210	240
1	Токарная	1,9	1,5	1,19	2	2	100	240	46	39								
2	Сверлильная	1,1	1,6	0,69	1	3	69	165,6										
3	Фрезерная	2,1	1,6	1,31	2	4	100	240	71	-								
4	Шлифовальная	1,3	1,6	0,81	1	6	81	194,4	36	14								

Рис.1.5. График движения заделов оборотных процессов

№ операции	Технологический процесс сборки блоков пяти изделий					Число рабочих мест
	Норма времени на операцию, мин					
	А	Б	В	Г	Д	
1	1,6	2,1	2,3	2,8	2,5	2
2	1,5	2,0	2,3	2,8	2,4	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	2,4	3,17	3,27	4,0	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	9,6	12,42	13,42	16,35	14,40	12

2. Необходимое число рабочих мест рассчитываем по формуле (3.41):

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

$$= 12,3$$

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

3. Частные такты (мин/шт.) по каждому изделию j -го наименования определяем по формуле (1.44):

$$r_{\text{штА}} = 9,6 : 12 = 0,8$$

$$r_{\text{штБ}} = 12,42 : 12 = 1,04$$

$$r_{\text{штВ}} = 13,42 : 12 = 1,12$$

$$r_{\text{штГ}} = 16,35 : 12 = 1,35$$

$$r_{\text{штД}} = 14,4 : 12 = 1,2$$

4. Скорости движения конвейера (м/мин) для каждого изделия j -го наименования рассчитываем по формуле (1.45):

$$V_{\text{штА}} = 0,7 : 0,8 = 0,88$$

$$V_{\text{штБ}} = 0,7 : 1,12 = 0,63$$

$$V_{\text{штВ}} = 0,7 : 1,2 = 0,58$$

$$V_{\text{штГ}} = 0,7 : 1,04 = 0,67$$

$$V_{\text{штД}} = 0,7 : 1,35 = 0,52$$

5. Среднюю длительность простоя (мин) каждого рабочего места при смене изделия определяем по формуле

$$П_{pj} = t_H + 2C_{\text{шт}} r_{\text{шт}i+1}$$

$$П_{pA} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,04 = 44,96$$

$$П_{pB} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,12 = 46,88$$

$$П_{pB} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,35 = 52,4$$

$$П_{pГ} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,2 = 48,8$$

$$П_{pД} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 0,8 = 39,2$$

6. Размеры партий изделий (шт.) j -го наименования определяем по формуле (1.48):

$$n_A = \frac{(100 - 2)44,96}{2 \cdot 0,8} = 2754$$

принимаем $n_A = 3000$ шт.

$$n_B = \frac{(100 - 2)46,88}{2 \cdot 1,04} = 2209$$

принимаем $n_B=3000$ шт.

$$n_B = \frac{(100-2)52.4}{2 \cdot 1.12} = 2902$$

принимаем $n_B= 3600$ шт.

$$n_{\Gamma} = \frac{(100-2)48.8}{2 \cdot 1.35} = 1772$$

принимаем $n_{\Gamma}= 2750$ шт.;

$$n_{\Delta} = \frac{(100-2)39.2}{2 \cdot 1.2} = 1600$$

принимаем $n_{\Delta}= 1000$ шт.

7. Периоды чередования партий изделий (дней) рассчитываем по формуле (1.51):

$$R_A = \frac{22 \cdot 3000}{6000} = 11$$

$$R_B = \frac{22 \cdot 3000}{3000} = 22$$

$$R_B = \frac{22 \cdot 3600}{3600} = 22$$

$$R_{\Gamma} = \frac{22 \cdot 2750}{5500} = 11$$

$$R_{\Delta} = \frac{22 \cdot 1000}{1000} = 22$$

8. Длительность технологического цикла каждого изделия (смен) j -го наименования определяем по формуле (1.52):

$$t_{ц.А} = \frac{3000 \cdot 0,8 + 44,96}{480} = 5,1$$

$$t_{ц.Б} = \frac{3000 \cdot 1,04 + 46,88}{480} = 6,6$$

$$t_{ц.В} = \frac{3000 \cdot 1,12 + 52,4}{480} = 8,5$$

$$t_{ц.Г} = \frac{2750 \cdot 1,35 + 48,6}{480} = 7,8$$

$$t_{ц.Д} = \frac{1000 \cdot 1,2 + 39,2}{480} = 2,5$$

9. Стандарт-план МНПЛ строится на срок, равный наибольшему периоду чередования партий изделий, который обычно не превышает один месяц. В нашем случае стандарт-план МНПЛ строим на 22 рабочих дня (рис. 1.6).

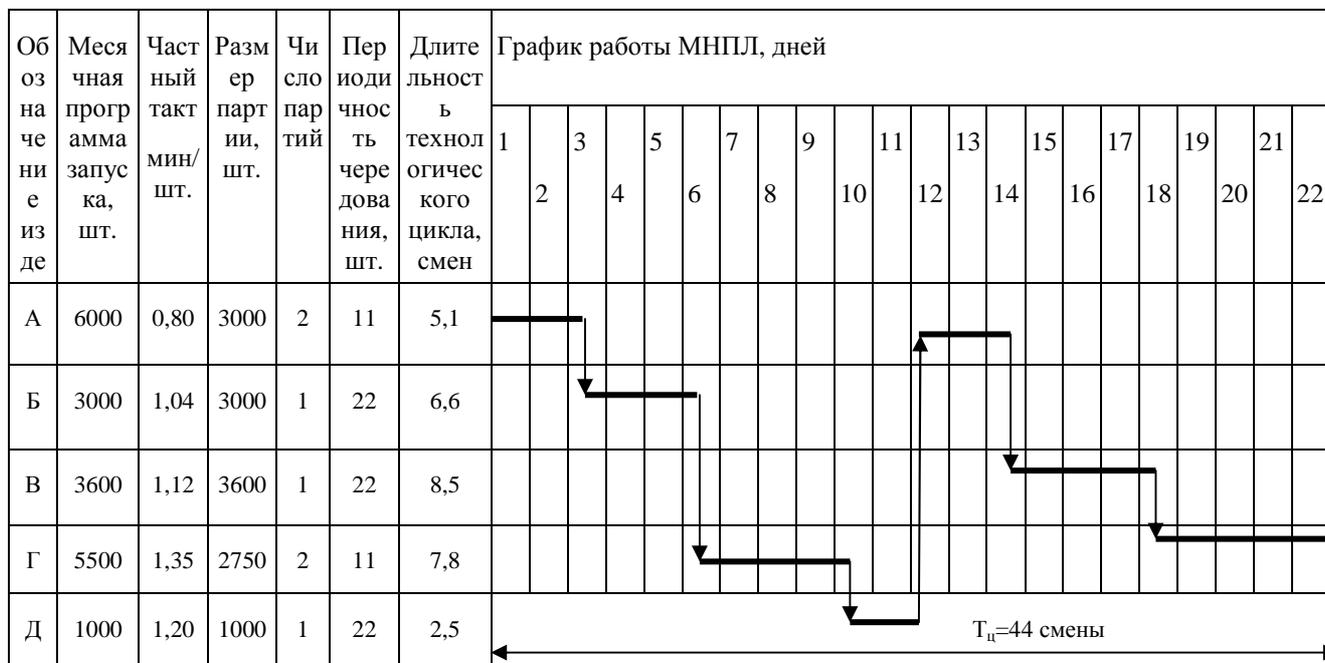


Рис. 1.6. Стандарт-план работы многопредметной непрерывно-поточной линии

Задачи для решения

Задача 1.5. Определить нормативные уровни внутрилинейных заделов линии механической обработки деталей В и величину выработки по операциям обработки этих деталей. Построить стандарт-план работы линии по механической обработке деталей В.

Исходные данные. Такт потока - 1,04 мин/шт. Масса детали - 0,38 кг. Режим работы линии - двухсменный. Продолжительность одной смены - 8 ч. Нормы штучного времени и число станков по операциям обработки детали В приведены в табл. 3.6.

Таблица 1.6

Исходные данные для расчетов

Номер операции	Операция	Число станков ($C_{пр.i}$)	Норма штучного времени (t_i), 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

Выбор периода обслуживания линии зависит от размеров и массы обрабатываемой детали (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Выбор периода обслуживания поточной линии

Размер детали	Примерная масса детали, кг	Продолжительность периода обслуживания ($T_{од}$), смен
Очень крупная	Более 20	0,1-0,2
Крупная	15-20	0,3-0,5
Средняя	3-15	0,5-1,0
Мелкая	1-3	1-1,5
Очень мелкая	Менее 1	1-2,0

Задача 1.6. Сборка блока прибора осуществляется на непрерывно-поточной линии, оснащенной распределительным (нерабочим) конвейером. Шаг конвейера - 1,2 м. Радиус приводного и натяжного барабанов - 0,38 м каждый. 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 такт 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; определить размер внутрилинейных заделов и величину незавершенного производства

Задача 1.7. Сборка блока производится на рабочем конвейере непрерывного действия. Шаг конвейера - 1,5 м. Диаметр приводного и натяжного барабанов - 0,4 м каждый. Технологический процесс сборки блока состоит из восьми операций, нормы времени которых (с учетом времени возвращения на прежнее - исходное место) соответственно составляют: $t_1 = 3,6$, $t_2 = 7,2$, $t_3 = 5,4$, $t_4 = 9$, $t_5 = 1,8$, $t_6 = 5,4$, $t_7 = 3,6$, $t_8 = 7,2$ мин. Программа выпуска за сутки - 500 блоков. Режим работы поточной линии - двухсменный по 8 ч. Регламентируемые перерывы на отдых - 30 мин в смену.

Определить такт 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 величину незавершенного производства; длительность технологического цикла сборки блока на конвейере.

Задача 1.8. 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 такт поточной линии; число рабочих мест на каждой операции в целом на линии; коэффициент загрузки рабочих мест; число рабочих операторов; составить график-регламент загрузки рабочих мест и рабочих операторов на линии; рассчитать величину оборотных заделов и построить график их изменений; рассчитать площадь эпюр движения заделов и среднюю величину оборотных заделов на линии; рассчитать величину незавершенного производства; определить длительность технологического цикла обработки шестерни на поточной линии.

Задача 1.9. На переменнo-поточной линии обрабатываются детали А и В. Программа выпуска деталей за месяц соответственно составляет $N_A = 1500$ шт. и $N_B = 2500$ шт. Суммарная трудоемкость обработки изделия А составляет 40 мин, изделия В - 35 мин. Режим работы линии - двухсменный. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Число рабочих дней в месяце - 21. Потери рабочего времени

на переналадку линии составляют 5% длительности смены. Шаг конвейера -1,1м. Среднее время наладки одного рабочего места - 25 мин.

Рассчитать календарно-плановые нормативы первой и второй групп и построить стандарт-план работы МНПЛ.

Задача 1.10. На переменнo-поточной линии обрабатываются детали А, Б, В, Д. Суммарная трудоемкость обработки деталей соответственно составляет 40,50,50,30 мин. Программа выпуска деталей за месяц - соответственно 2500,2000,3000,3500 шт. Режим работы линии - двухсменный. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Число рабочих дней в месяце - 22. Потери времени на переналадку оборудования составляют 6%. Шаг конвейера - 1,2 м. Средняя длительность наладки одного рабочего места - 20 мин.

Рассчитать календарно-плановые нормативы первой и второй групп и построить стандарт-план работы МНПЛ.

Задача 1.11. 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 составляют 30 мин в смену.

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

Задача 1.12. Поточная линия, оснащенная рабочим пульсирующим конвейером, имеет следующие данные: шаг конвейера - 1,4 м; радиус приводного и натяжного барабанов – 0,44 м каждый, скорость движения ленты конвейера - 4 м/мин. 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 такт потока, число рабочих мест на линии, длину рабочей части и всей замкнутой ленты конвейера, выпуск изделий за сутки.

ТЕМА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В этой теме рассматривается задача с использованием 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 производственный процесс и не останавливая оборудование, по мере необходимости переходить на выпуск новой продукции произвольной номенклатуры в пределах технических возможностей и технического назначения оборудования. Преимущества гибкого производства по сравнению с традиционным: повышение мобильности производства, сокращение сроков освоения новой продукции, повышение производительности труда, сокращение производственного цикла и снижение затрат на производство. Методические указания приводятся по ходу решения задачи.

Задача с решением

Задача 2.1. Для механической обработки деталей разного типоразмера (наименования), но обрабатываемых по однотипной маршрутной технологии, разрабатываются альтернативные проекты организации производства. Первый вариант проекта предусматривает создание участка в механическом цехе завода, укомплектованного станками с ЧПУ, а в качестве транспортных средств для доставки заготовок на участок и вывоза готовых деталей на склад - использование электрокаров.

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

Необходимо:

1. Рассчитать календарно-плановые нормативы по сравниваемым вариантам: эффективный фонд времени работы оборудования; количество и размер партий деталей j -го наименования; число переналадок оборудования за плановый период времени; годовой фонд времени, затрачиваемого на переналадку оборудования; периодичность (ритмичность) чередования партий деталей; число единиц оборудования по вариантам; длительность производственного цикла обрабатываемой партии деталей; величину незавершенного производства; число единиц транспортных средств; численность производственного персонала.

2. Определить экономически выгодный вариант организации производства при исходных данных, приведенных в табл. 2.1 - 2.3.

Таблица 2.1

Исходные данные для расчетов*

Показатели	Условное обозначение	Вариант 1	Вариант 2
Число смен работы оборудования	$K_{см}$	2	3
Годовой объем выпуска продукции, шт.:			
валик 16x172	N_1	20666	20666
валик 22x227	N_2	20666	20666
валик 30x226	N_3	20666	20666
валик 32x264	N_4	20666	20666
Предпроизводственные затраты с учетом фактора времени, тыс. руб.	$K_{пр}$	5000	25000
Первоначальная стоимость технологического оборудования, тыс. руб.	$K_{об}$	46530	38655
Первоначальная стоимость транспортных средств, тыс. руб.	$K_{тр}$	1580,8	5390
Первоначальная стоимость энергетического оборудования дорогостоящей оснастки, измерительных и регулирующих приборов, тыс. руб.	$K_{э}$	6017,5	9521
Стоимость материального склада цеха, тыс. руб.	$K_{ск}$	2000	12500
Стоимость производственного и хозяйственного инвентаря, тыс. руб.	$K_{ин}$	1750	1580
Стоимость программ управления, тыс. руб.	$K_{пу}$	1123	1180
Стоимость оборотных средств, тыс. руб.	O_c	1270	1170
Стоимость здания, занимаемого участком, тыс. руб.	$K_{зд}$	62480	52480
Установленная мощность оборудования и транспортных средств, кВт	W_y	128	76,5
Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.	$Ц_э$	1390	1390
Размер отчислений, %:			
на чрезвычайный налог для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС	$N_{аэс}$	12	12
на содержание детских дошкольных учреждений (ФСДДУ)	$N_{дду}$	5	5

в фонд социальной защиты населения (ФСЗН)	$H_{сз}$	35	35
в фонд занятости населения (ФЗН)	$H_{зан}$	1	1
Годовой эффективный фонд времени работы оборудования, ч	F_3	3324	4986
Годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего, ч	F_d	1808	1808
Среднечасовая тарифная ставка, руб.	C_T	957,716	1015,76
Коэффициент, учитывающий премии по премиальным системам	$K_{прем}$	1,1	1,15
Доля дополнительной заработной платы, %	$H_{д.з}$	40	40
Сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.	P_a	4962,6	4675,3
Коэффициент, учитывающий использование двигателей:			
по времени	$K_{эв}$	0,6	0,6
по мощности	$K_{эм}$	0,4	0,4
Коэффициент загрузки оборудования	$K_{зо}$	0,9	0,85
Коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети	J	1,15	1,15
КПД оборудования	η	0,75	0,75
<i>Продолжение таблицы 2.1</i>			
Норматив затрат на единицу ремонтной сложности, руб.:			
механической части	H_M	28090	28090
электрической части	$H_э$	7050	7050
Установленное количество единиц ремонтной сложности:			
механической части	R_M	232	189
электрической части	$R_э$	472	313
Коэффициент, учитывающий класс точности оборудования	M	1,1	1,1
Площадь, занимаемая участком, м ²	$S_{уч}$	337	281
Годовые затраты на содержание участка, руб./м ²	$P_{пл}$	8500	8500
Время, затрачиваемое на транспортировку, погрузку и разгрузку одной детали, мин	$t_{тр.ц}$	0,06	0,06
В том числе автоматизированное	$t_{тр.а}$	0,03	0,06
Среднегодовые затраты на ремонт и содержание одного ЧПУ, тыс. руб.	$Z_{чпу}$	187,2	187,2
Количество ЧПУ, установленных на участке, шт.	$K_{чпу}$	12	10
Налог на недвижимость, %	$H_{нд}$	2	2

Решение

Расчет календарно-плановых нормативов гибкой производственной системы

1. Расчет эффективного фонда времени работы оборудования. Календарный фонд времени составляет 365 дней в году. Число выходных и праздничных дней в году в среднем 111.

Таблица 2.2

Технико-экономические показатели обрабатываемых деталей

Изделие	Вид заготовки	Марка материала	Норма расхода, кг	Масса детали, кг	Оптовая цена, руб./кг	
					материала	отходов
Валик 16x172	Прокат	Ст. 45	0,8	0,6	1235	86
Валик 22x227	То же	То же	1,5	1,1	1235	86
Валик 30x226	„	„	2,9	2,1	1235	86
Валик 32x264	„	„	3,3	2,7	1235	86

Номинальный фонд времени работы оборудования определяется по формуле:

$$F_n^1 = F_k - F_n = 365 - 111 = 254 \text{ дня.} \quad (2.1)$$

Этот же фонд в часах составит

$$F_n = F_n^n t_{см}^n + F_n^{np} t_{см}^{np} = 249 \cdot 8 + 5 \cdot 7 = 2027 \text{ ч}$$

где F_n^n и F_n^{np} - число полных и предпраздничных дней ($F_n^n = 249$ $F_n^{np} = 5$);

$t_{см}^n$, $t_{см}^{np}$ - продолжительность полной и предпраздничной рабочей смены ($t_{см}^n = 8$ ч; $t_{см}^{np} = 7$ ч).

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования рассчитываем по формулам:

$$F_3 = F_n + K_{п.о.} = 2027 \cdot 0,82 = 1662 \text{ ч;} \quad (2.2)$$

$$F_3^1 = F_n^1 K_{п.о.} = 254 \cdot 0,82 = 203 \text{ дня.}$$

2. Число партий деталей по базовому (б) и проектируемому (п) вариантам рассчитываем по формуле

$$\Pi_n = N F_3^1 K_{см} \quad (2.3)$$

где N - номенклатура обрабатываемых деталей ($N=4$);

$K_{см}$ - число смен работы оборудования ($K_{см}^б=2$; $K_{см}^п=3$);

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

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

3. Размер партии деталей j -го наименования определяем по формуле

$$P_j = \frac{N_j}{F_3^1 K_{см}} \quad (2.4)$$

где N_j - годовой объем выпуска продукции j -го наименования;

$$P_j^б = \frac{20666}{203 \cdot 2} = 51 \text{ шт}$$

$$P_j^п = \frac{20666}{203 \cdot 3} = 34 \text{ шт}$$

Технологический процесс изготовления деталей

Операция	Разряд работы	Номенклатура деталей	Вариант 1				Вариант 2					
			Оборудование	Затраты времени, мин				Оборудование	Затраты времени, мин			
				t _о	t _в	t _{оп}	t _н *		t _о	t _в	t _{оп}	t _н *
Токарная 1	3	№1 №2 №3 №4	Станок токарный с ЧПУ 16Б16Ф3-31	3,0	1,0	4,0	4,5	Роботизированный токарный комплекс 16Б16Т1-03	3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,2	1,1	4,3	4,5		3,2	0,5	3,7	2,5
				Итого	12,2	4,1	16,3		-	Итого	12,2	2,0
Токарная 2	4	№1 №2 №3 №4	Станок токарный с ЧПУ 16Б16Ф3-31	2,5	0,8	3,3	4,5	Роботизированный токарный комплекс 16Б16Т1-03	2,5	0,4	2,9	2,5
				2,5	0,8	3,3	4,5		2,5	0,4	2,9	2,5
				2,5	0,8	3,3	4,5		2,5	0,4	2,9	2,5
				2,6	0,9	3,5	4,5		2,6	0,4	3,0	2,5
				Итого	10,1	3,3	13,4		-	Итого	10,1	1,6
Токарная 3	4	№1 №2 №3 №4	Станок токарный с ЧПУ 16Б16Ф3-31	3,0	1,0	4,0	4,5	Роботизированный токарный комплекс 16Б16Т1-03	3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,2	1,1	4,3	4,5		3,2	0,5	3,7	2,5
				Итого	12,2	4,1	16,3		-	Итого	12,2	2,0
<i>Продолжение таблицы 4.3</i>			Итого	12,2	4,1	16,3	-	Итого	12,2	2,0	14,2	-
Фрезерная	5	№1 №2 №3 №4	Станок фрезерный широкоуниверсальный с ЧПУ 6720ВФ2	4,5	2,1	6,6	4,8	Станок фрезерный широкоуниверсальный с ЧПУ 6720ВФ2	4,5	1,6	6,1	4,8
				4,5	2,2	6,7	4,8		4,8	1,6	6,4	4,8
				4,5	2,2	7,0	4,8		4,8	1,6	6,4	4,8
				4,8	2,3	7,1	4,8		4,8	1,6	6,4	4,8
				Итого	18,6	8,8	27,4		-	Итого	18,9	6,4
Круглошлифовальная	5	№1 №2 №3 №4	Полуавтомат круглошлифовальный с ЧПУ 3М152МВФ2-01	5,0	2,2	7,2	4,9	Полуавтомат круглошлифовальный с ЧПУ 3М152МВФ2-01	5,0	1,6	6,6	4,9
				5,4	2,2	7,6	4,9		5,4	1,6	7,0	4,9
				5,4	2,2	7,6	4,9		5,4	1,6	7,0	4,9
				5,5	2,3	7,8	4,9		5,5	1,6	7,1	4,9
				Итого	21,3	8,9	30,2		-	Итого	21,3	6,4

4. Число переналадок оборудования в год составляет

$$\Pi_{\text{пер}}^{\text{б}} = \Pi_{\text{н}}^{\text{б}} = 1624;$$

$$\Pi_{\text{пер}}^{\text{н}} = \Pi_{\text{н}}^{\text{н}} = 2436.$$

Расчет годового фонда времени, затрачиваемого на переналадку оборудования, приведен в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Затраты времени на переналадку оборудования

Операция	Базовый вариант (1)			Проектируемый вариант (2)		
	t _н ^б мин	Π _{пер} ^б шт	T _н ^б ч	t _н ^н мин	Π _{пер} ^н шт.	T _н ^н ч

Токарная 1	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
Токарная2	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
Токарная3	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
Фрезерная	4,8	1624	130	4,8	2436	195,0
Круглошлифовальная	4,9	1624	133	4,9	2436	199,0
Итого			629			698,5

6. Период чередования партий деталей определяем по формуле

$$R_j^{\delta} = \frac{F_{\text{э}} K_{\text{см}} P_j}{N_j} = \frac{1662 \cdot 2 \cdot 51}{20666} = 8 \text{ ч}$$

7. Число единиц оборудования рассчитывается по формуле

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{N_j t_{\text{он}j}}{60} + T_{\text{ни}}}{F_{\text{э}} K_{\text{см}} K_{\text{в}}} \quad (2.6)$$

где n - номенклатура обрабатываемых деталей;

N_j - программа выпуска деталей j -го наименования, шт.;

$t_{\text{он}j}$ - суммарное оперативное время на обработку деталей j -го наименования, мин;

$T_{\text{ни}}$ - время, затрачиваемое на переналадку оборудования на i -й операции, ч;

$F_{\text{э}}$ - эффективный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч;

$K_{\text{см}}$ - число смен работы оборудования;

$K_{\text{в}}$ - коэффициент выполнения норм времени.

Расчет приведен в табл. 2.5 и 2.6.

8. Необходимое число единиц транспортных средств определяется по формуле

$$K_{\text{эк}} = \frac{K_T \sum_{j=1}^n N_j Q_j}{q K_{\text{ис}} F_{\text{э}} K_{\text{см}}} \left(\frac{2L_{\text{ср}}}{V_{\text{ср}}} + t_3 + t_p \right) \quad (2.7)$$

где K_m - число транспортных операций, осуществляемых над каждой деталью ($K_m=4$);

Q - масса единицы j -го типоразмера детали, кг (см. табл. 4.2);

q - грузоподъемность транспортных единиц, кг ($q=200$ кг);

$K_{\text{ис}}$ - коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств ($K_{\text{ис}}=0,6$);

$L_{\text{ср}}$ - среднее расстояние между двумя пунктами перевозки, м ($L_{\text{ср}}=80-200$ м);

$V_{\text{ср}}$ - средняя скорость движения транспортного средства, м/мин ($V_{\text{ср}}=50-100$ м/мин);

t_3 и t_p - время на загрузку и разгрузку транспортного средства, мин ($t_3=5-10$ мин, $t_p=10-5$ мин).

Необходимое число электрокар по базовому варианту и робоэлектрокар по проектируемому для перевозки заготовок со склада и готовых деталей на склад рассчитываем по формуле (2.7)

$$K_{\text{эк}} = \frac{3(20666 \cdot 0,8 + 20666 \cdot 1,5 + 20666 \cdot 2,9 + 20666 \cdot 3,3)}{200 \cdot 0,6 \cdot 1662 \cdot 2 \cdot 60} \left(\frac{2 \cdot 80}{60} + 5 + 5 \right) = 0,3$$

принимаем $K_{эк}=1$ электрокар;

$$K_{рэк} = \frac{4(20666 \cdot 0,8 + 20666 \cdot 1,5 + 20666 \cdot 2,9 + 20666 \cdot 3,3)}{200 \cdot 0,6 \cdot 1662 \cdot 3 \cdot 60} \left(\frac{2 \cdot 80}{60} + 5 + 5 \right) = 0,16$$

принимаем $K_{рэк}=1$ робоэлектрокар.

9. Расчет потребного количества промышленных роботов (ПР).

Из технологии изготовления деталей (см. табл. 2.3) и расчета потребного числа единиц оборудования (см. табл. 2.6) видно, что промышленные роботы нужны для обслуживания четырех станков на фрезерной и шлифовальной операциях.

Таблица 2.5

Расчет необходимого числа единиц оборудования (базовый вариант)

Расчетные показатели	Программа выпуска деталей (N_j), шт.	Трудоемкость работ по операциям, нормо-ч									
		Токарная 1		Токарная 2		Токарная 3		Фрезерная		Шлифовальная	
		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H1}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H2}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H3}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H4}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H5}^{\sigma}$	
Валик 16x172	20666	1377,73		1136,63		1377,73		2273,36		2479,92	
Валик 22x227	20666	1377,73		1136,63		1377,73		2411,03		2617,69	
Валик 30x226	20666	1377,73	122	1136,63	122	1377,73	122	2411,03	130	2617,69	133
Валик 32x264	20666	1481,06		1205,52		1481,06		2445,48		2686,58	
Итого		5736,25		4737,41		5736,25		9670,80		10534,88	
Годовой эффективный фонд времени работы оборудования (F_3), ч		3324		3324		3324		3324		3324	
Расчетное число единиц оборудования (C_p)		1,73		1,43		1,73		2,91		3,17	
Принятое число единиц оборудования ($C_{пр}$)		2		2		2		3		3	
Коэффициент загрузки оборудования ($K_{зо}$)		0,87		0,72		0,87		0,97		1,05	

Таблица 2.6

Расчет необходимого числа единиц оборудования (проектируемый вариант)

Расчетные показатели	Программа выпуска деталей (N_j), шт	Трудоемкость работ по операциям, нормо-ч									
		Токарная 1		Токарная 2		Токарная 3		Фрезерная		Шлифовальная	
		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H1}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H2}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H3}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H4}^{\sigma}$		$\frac{N_j t_{onj}}{60} + T_{H5}^{\sigma}$	
Валик 16x172	20666	1205,50		998,86		1205,50		2101,05		2273,3	
Валик 22x227	20666	1205,50	101,5	998,86	101,5	1205,50	101,5	2204,38	195	2411,0	199
Валик 30x226	20666	1205,50		998,86		1205,50		2204,38		2411,0	
Валик 32x264	20666	1268,00		1129,72		1268,00		2204,38		2433,5	
Итого		4986,5		4126,3		4986,5		8908,2		9727,8	

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования (F_3), ч	1662·3	1662·3	1662·3	1662·3	1662·3
Расчетное число единиц оборудования (C_p)	1,0	0,83	1,0	1,78	1,95
Принятое число единиц оборудования ($C_{пр}$)	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0
Коэффициент загрузки оборудования ($K_{зо}$)	1,0	0,83	1,0	0,89	0,97

Выбираем тип ПР «БРИГ-1 ОБ» - напольный робот, который работает в цилиндрической системе координат и выполняет все вспомогательные операции технологического процесса.

Сначала определяем, сколько станков может обслужить один промышленный робот, по формуле

$$C_{об} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{oj}}{\sum_{j=1}^m t_{ej}} + 1 \quad (2.8)$$

$$C_{об} = \frac{4,5 + 4,8 + 4,8 + 4,8 + 5 + 5,4 + 5,4 + 5,5}{1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6} + 1 = 4$$

Следовательно, для обслуживания четырех станков на фрезерной и шлифовальной операциях достаточно одного промышленного робота.

10. Длительность технологического цикла определяется по формуле

$$t_{uj} = P_j \sum_{i=1}^m t_{onij} - (P_j - 1) \sum_{j=1}^{m-1} t_{кор} \quad (2.9)$$

где P_j - размер партии деталей j -го наименования;

t_{onij} - оперативное время на выполнение i -й операции по изготовлению j -го типоразмера (см. табл. 2.3);

$t_{кор}$ - минимальное оперативное время, необходимое для каждой пары смежных операций (если операция выполняется на нескольких станках, то $t_{он}$ делится на число станков);

m - число операций, входящих в технологический процесс.

По базовому варианту:

$$t_{u1} = 51 \left(\frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,6}{3} + \frac{7,2}{3} \right) - (51 - 1) \left(\frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,6}{3} \right) = 157,75 \text{ мин} = 2,63 \text{ ч}$$

$$t_{u2} = 51 \left(\frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,7}{3} + \frac{7,6}{3} \right) - (51 - 1) \left(\frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,7}{3} \right) = 154,41 \text{ мин} = 2,57 \text{ ч}$$

$$t_{u3} = 51 \left(\frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{7}{3} + \frac{7,6}{3} \right) - (51 - 1) \left(\frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{7}{3} \right) = 154,51 \text{ мин} = 2,58 \text{ ч}$$

$$t_{u4} = 51 \left(\frac{4,3}{2} + \frac{3,5}{2} + \frac{4,3}{2} + \frac{7,1}{3} + \frac{7,8}{3} \right) - (51 - 1) \left(\frac{3,5}{2} + \frac{3,5}{2} + \frac{4,3}{2} + \frac{7,1}{3} \right) = 161,02 \text{ мин} = 2,68 \text{ ч}$$

По проектируемому варианту

$$t_{u1} = 34 \left(3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,1}{2} + \frac{6,6}{2} \right) - (34 - 1) \left(2,9 + 2,9 + \frac{6,1}{2} + \frac{6,1}{2} \right) = 159,8 \text{ мин} = 2,66 \text{ ч}$$

$$t_{u2} = 34 \left(3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,4}{2} + \frac{7}{2} \right) - (34 - 1) \left(2,9 + 2,9 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 161,8 \text{ мин} = 2,7 \text{ ч}$$

$$t_{u3} = 34(3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,4}{2} + \frac{7}{2}) - (34 - 1)(2,9 + 2,9 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2}) = 161,8 \text{ мин} = 2,7 \text{ ч}$$

$$t_{u4} = 34(3,7 + 3,0 + 3,7 + \frac{6,4}{2} + \frac{7,1}{2}) - (34 - 1)(3,0 + 3,0 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2}) = 173,9 \text{ мин} = 2,9 \text{ ч}$$

11. Величина незавершенного производства определяется по формуле

$$H_{cp.j} = \frac{N_j \cdot t_{uj}}{F_3 K_{cm}} \quad (2.10)$$

По базовому варианту

$$H_{cp.1} = \frac{20666 \cdot 2,63}{1662 \cdot 2} = 16 \text{ шт}$$

$$H_{cp.2} = \frac{20666 \cdot 2,57}{1662 \cdot 2} = 16 \text{ шт}$$

$$H_{cp.3} = \frac{20666 \cdot 2,58}{1662 \cdot 2} = 16 \text{ шт}$$

$$H_{cp.4} = \frac{20666 \cdot 2,68}{1662 \cdot 2} = 17 \text{ шт}$$

По проектируемому варианту

$$H_{cp.1} = \frac{20666 \cdot 2,66}{1662 \cdot 3} = 11 \text{ шт}$$

$$H_{cp.2} = \frac{20666 \cdot 2,7}{1662 \cdot 3} = 11 \text{ шт}$$

$$H_{cp.3} = \frac{20666 \cdot 2,7}{1662 \cdot 3} = 11 \text{ шт}$$

$$H_{cp.4} = \frac{20666 \cdot 2,9}{1662 \cdot 3} = 12 \text{ шт}$$

В нормо-часах величина незавершенного производства составляет: по базовому варианту

$$H_{cp} = 16(4+3,3+4+6,6+7,2) + 16(4+3,3+4+6,7+7,6) + 16(4+3,3+4+7+7,6) + 17(4,3+3,5+4,3+7,1+7,8) = 842,3$$

по проектируемому варианту

$$H_{cp} = 11(3,5+2,9+3,5+6,1+6,6) + 11(3,5+2,9+3,5+6,4+7) + 11(3,5+2,9+3,5+6,4+7) + 12(3,7+3+3,7+6,4+7,1) = 524 \text{ нормо-ч.}$$

12. Расчет численности производственного персонала.

Численность операторов, осуществляющих наблюдение за работой технологического оборудования, по проектируемому варианту определяется по формуле

$$Q_{on} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j t_{onij} (\lambda + \alpha + \beta)}{60 F_3 K_g}$$

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 - число операций технологического процесса;

n - номенклатура деталей;

F_3 - эффективный фонд времени работы оператора.

$$Q_{on} = \frac{20666(14,2 + 11,7 + 14,2 + 25,3 + 27,7)(0,05 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1} = \frac{20666 \cdot 93,1 \cdot 0,15}{60 \cdot 1808 \cdot 1} = 2,66 = 3 \text{ чел}$$

По базовому варианту численность данных операторов рассчитывается по формуле

$$Q_{on} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j t_{on} (1 + \alpha + \beta)}{60 F_{\text{э}} K_{\text{в}} H_{\text{об}}}$$

По данным табл. 2.3 определяем

$$Q_{on1} = \frac{20666(4 + 4 + 4 + 4,3)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел}$$

$$Q_{on2} = \frac{20666(3,3 + 3,3 + 3,3 + 3,5)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 2,8 = 3 \text{ чел}$$

$$Q_{on3} = \frac{20666(4 + 4 + 4 + 4,3)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел}$$

$$Q_{on4} = \frac{20666(6,6 + 6,7 + 7 + 7,1)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 5,7 = 6 \text{ чел}$$

$$Q_{on5} = \frac{20666(7,2 + 7,6 + 7,6 + 7,8)(1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 6,3 = 7 \text{ чел}$$

Для выполнения работы на оборудовании требуется всего 24 оператора.

Численность наладчиков рассчитывается по формуле:

$$Q_n = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ni}^* + T_{TC} F_{\text{э}}}{F_{\text{э}} K_{\text{в}}}$$

где t_{ni}^* - суммарное время на переналадку оборудования на каждой i -й операции при переходе от одной партии деталей к другой, ч (см таб. 2.4)

T_{TC} – время, затрачиваемое на тестопрограммы и профилактику, ч ($T_{TC}=1-1,5$ ч/день)

$F_{\text{э}}$ – эффективный фонд времени работы наладчика.

По формуле (2.13) определяем численность наладчиков:

по проектируемому варианту

$$Q_n = \frac{698,5 + 1,5 \cdot 203}{1808 \cdot 1} = 0,55 = 1 \text{ чел}$$

по базовому варианту

$$Q_n = \frac{629 + 1,5 \cdot 203}{1808 \cdot 1} = 0,52 = 1 \text{ чел}$$

Численность рабочих, выполняющих настройку инструмента, рассчитывается по формуле

$$Q_{n,u} = \frac{t_{un} \cdot h \Pi_{nep}}{F_{\text{э}} K_{\text{в}}}$$

где t_{un} – среднее время настройки единицы инструмента, мин ($t_{un}=0,5-1,5$ ч);

h – среднее число инструментов в наладке по операциям на одну партию деталей, шт. ($h=5$);

Π_{nep} – число переналадок оборудования при переходе от обработки одной партии продукции к другой.

Численность данных рабочих определяем по формуле (2.14):

по проектируемому варианту

$$Ч_{н.и} = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 2436}{1808 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел.}$$

по базовому варианту

$$Ч_{н.и} = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 1624}{1808 \cdot 1} = 2,3 = 3 \text{ чел.}$$

Численность сборщиков приспособлений определяется по формуле

$$Ч_{сб} = \frac{t_{сб} \cdot h\Pi_{неп}}{F_3 K_6} \quad (2.15)$$

где $t_{сб}$ - среднее время сборки-разборки одного приспособления ($t_{сб}=1-2,5$ ч), по проектируемому варианту

$$Ч_{сб} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 2436}{1808 \cdot 1} = 6,74 = 7 \text{ чел}$$

по базовому варианту

$$Ч_{сб} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 1624}{1808 \cdot 1} = 4,49 = 5 \text{ чел}$$

Численность транспортных рабочих рассчитывается по формуле

$$Ч_{мп} = \frac{HN_j mt_{мп}}{60 F_3 K_6} \quad (2.16)$$

По базовому варианту

$$Ч_{сб} = \frac{4 \cdot 20666 \cdot 6 \cdot 0,5}{60 \cdot 1808 \cdot 1,1} = 2,1 = 2 \text{ чел}$$

Расчет общей численности рабочих: по проектируемому варианту:

$$Ч_p = Ч_{он} + Ч_n + Ч_{н.и.} + Ч_{сб} = 3 + 1 + 4 + 7 = 15 \text{ чел.};$$

по базовому варианту

$$Ч_p = Ч_{он} + Ч_n + Ч_{н.и.} + Ч_{сб} + Ч_{мп} = 24 + 1 + 3 + 5 + 2 = 35 \text{ чел.}$$

Выбор экономически выгодного варианта организации производства

13. Расчет капитальных вложений. Размер капитальных вложений определяется по формуле

$$K = K_{об} + K_{мп} + K_3 + K_{ск} + K_{ин} + K_{пу} + K_{3д} + K_{нр} + O_c \quad (2.17)$$

Все составляющие капитальных затрат приведены в табл. 2.1.

По базовому варианту

$$K_1 = (46530 + 1580,8 + 6017,5 + 2000 + 1750 + 1123 + 62480 + 5000 + 1270)10^3 = 127751,3 \text{ тыс. руб.}$$

По проектируемому варианту

$$K_2 = (38655 + 5390 + 9521 + 12500 + 1580 + 1180 + 52480 + 25000 + 1170)10^3 = 147476 \text{ тыс. руб.}$$

14. Расчет себестоимости выпускаемой продукции.

Расчет затрат на основные материалы.

Затраты на основные материалы (табл. 2.7) за вычетом реализуемых отходов составляют по базовому и проектируемому вариантам одинаковую сумму

$$P_M^1 = P_M^2(21083,7+39487,1+76293,7+87369,3)10^3 = 224233,8 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 2.7

Расчет затрат на материалы

№ строки	Показатель	Номенклатура деталей			
		Валик 16x172	Валик 22x227	Валик 30x226	Валик 32x264
1	Программа выпуска, шт.	20666	20666	20666	20666
2	Наименование материала	Ст.45	Ст.45	Ст.45	Ст.45
3	Норма расхода на деталь, кг	0,8	1,5	2,9	3,3
4	Чистая масса детали, кг	0,6	1,1	2,1	2,7
5	Отходы на одну деталь, кг	0,2	0,4	0,8	0,6
6	Расход материала на программу(стр1хстр.3), кг	16 533	30999	59931	68198
7	Отходы на программу (стр.1хстр.5), кг	4133	8266	16533	12400
8	Оптовая цена 1кг материала, руб.	1235	1235	1235	1235
9	Оптовая цена отходов, руб.	86	86	86	86
10	Затраты на материалы на программу с учетом транспортно заготовительных расходов (стр.6хстр.8x1,05), тыс. руб.;	21439,2	40197,9	77715,5	88435,7
11	Стоимость реализуемых отходов (стр. 7хстр.9), тыс. руб.	355,4	710,9	1421,8	1066,4
12	Затраты на материалы за вычетом отходов (стр. 10-стр. 11), тыс. руб.	21083,7	39487,1	76293,7	87369,3
13	Затраты на одну деталь(стр.12:стр.1), руб.	1020	1911	3692	4228

Расчет основной заработной платы производственных рабочих: по базовому варианту

$$P_{з.о}^1 = C_m \cdot C_p \cdot F_3 \cdot K_{нр.ем} = 957,716 \cdot 35 \cdot 1808 \cdot 1,1 = 66664,7 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{з.о}^2 = 1015,76 \cdot 15 \cdot 1808 \cdot 1,15 = 31679,5 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы производственных рабочих: по базовому варианту

$$P_{з.д}^1 = P_{з.о}^1 \cdot H_{д.з} = 66664,700 \cdot 0,4 = 26666 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{з.д}^2 = P_{з.о}^2 \cdot H_{д.з} = 31679,500 \cdot 0,4 = 12671,8 \text{ тыс. руб.};$$

Расчет отчислений в фонд социальной защиты населения РБ

по базовому варианту

$$P_{с.з}^1 = (P_{з.о}^1 + P_{з.д}^1) H_{с.з} = (66664,7 + 26665,9) 10^3 \cdot 0,35 = 32665,7 \text{ тыс.руб}$$

по проектируемому варианту

$$P_{с.з}^2 = (P_{з.о}^2 + P_{з.д}^2) H_{с.з} = (31679,5 + 12671,8) 10^3 \cdot 0,35 = 15523 \text{ тыс.руб}$$

Расчет отчислений на чрезвычайный налог для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС: по базовому варианту

$$P^1_{аэс}=(P^1_{3.о}+P^1_{3.д})H_{аэс}=(66664,7+26665,9)10^3\cdot 0,12=11199,7\text{тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_{аэс}=(P^2_{3.о}+P^2_{3.д})H_{аэс}=(31679,5+12671,8)10^3\cdot 0,12=5322,2\text{тыс.руб.}$$

Расчет отчислений в фонд занятости населения РБ:

по базовому варианту

$$P^1_{ан}=(P_{3.о}^1+P_{3.д}^1)H_{зан}=(66664,7+26665,9)10^3\cdot 0,01=933,3\text{ руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_{зан}=(P_{3.о}^2+P_{3.д}^2)H_{зан}=(31679,5+12671,8)10^3\cdot 0,01=443,5\text{ тыс. руб.}$$

Расчет отчислений средств на содержание детских дошкольных учреждений: по базовому варианту

$$P^1_{дв}=(P^1_{3.о}+P^1_{3.д})H_{дв}=(66664,7+26665,9)10^3\cdot 0,05=4666,5\text{тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_{дв}=(P^2_{3.о}+P^2_{3.д})H_{дв}=(31679,5+12671,8)10^3\cdot 0,05=2217,6\text{тыс.руб}$$

Расчеты затрат на потребляемую силовую электроэнергию:

по базовому варианту

$$P^1_{э}=W_y F_{э} \Pi_{э} K_{эм} K_{эб} K_{эм} K_{эо} J / \eta = 128 \cdot 1662 \cdot 1390 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 1,15 / 0,75 = 195873,7 \text{тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_{э} = 76,5 \cdot 1662 \cdot 1390 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot 1,15 / 0,75 = 165842,3 \text{тыс. руб.};$$

Затраты на амортизацию основных фондов принимаем по табл. 2.1:

по базовому варианту

$$P^1_a = 4962,6 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_a = 4675,3 \text{ тыс. руб.};$$

Расчет затрат на ремонт и техническое обслуживание оборудования:

по базовому варианту

$$P^1_p = (H_m K_m + H_э K_э) M = (28090 \cdot 232 + 7050 \cdot 472) 1,1 = 10828,9 \text{тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_p = (28090 \cdot 189 + 7050 \cdot 313) 1,1 = 8267,2 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет затрат на содержание площади участка:

по базовому варианту

$$P^1_{с.у} = S^l_{уч} P^l_{на} = 8500 \cdot 337 = 2864,5 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_{с.у} = 8500 \cdot 281 = 2388,5 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет затрат на ремонт и обслуживание ЧПУ:

по базовому варианту

$$P^1_{чпу} = Z^l_{чпу} K^l_{чпу} = 187200 \cdot 12 = 2246,4 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P^2_{чпу} = 187200 \cdot 10 = 1872 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет налога на недвижимость:

по базовому варианту

$$P_{но}^1 = 121481300 \cdot 0,02 = 2429,6 \text{ тыс. руб.}$$

по проектируемому варианту

$$P_{но}^2 = 121306060 \cdot 0,02 = 2426,1 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчетов всех видов затрат сводим в табл. 2.8.

15. Расчет величины годового экономического эффекта. Расчет суммы приведенных затрат: по базовому варианту

$$З_1 = C_1 + E_n K_1 = 586235400 + 0,15 \cdot 127751300 = 605398,1 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$З_2 = C_2 + E_n K_2 = 477562800 + 0,15 \cdot 147476000 = 499684,2 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет величины годового экономического эффекта

$$\mathcal{E} = З_1 - З_2 = 605398100 - 499684200 = 105713,9 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 24.8

Расчет себестоимости обработки деталей годового выпуска, тыс. руб.

Статья затрат	Условное обозначение	Базовый вариант (1)	Проектируемый вариант (2)
Основные материалы за вычетом отходов	P_m	224233,8	124233,8
Основная заработная плата производственных рабочих	$P_{з.о}$	66664,7	31679,5
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$P_{з.д}$	26666	12671,8
Фонд социальной защиты населения РБ	$P_{с,з}$	32665,7	15523,0
Чрезвычайный налог для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС	$P_{аэс}$	11199,7	5322,2
Фонд занятости населения РБ	$P_{зан}$	933,3	443,5
Средства на содержание детских дошкольных учреждений	$P_{д,у}$	4666,5	2217,6
Затраты на потребляемую электроэнергию	$P_э$	195873,7	165842,3
Амортизация основных фондов	P_a	4962,6	4675,3
Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования	P_p	10828,9	8267,2
Затраты на содержание площади участка	$P_{с,у}$	2864,5	2388,5
Затраты на ремонт ЧПУ	$P_{чпу}$	2246,4	1872,0
Налог на недвижимость	$P_{нд}$	2429,6	2426,1
Итого	C_1, C_2	586235,4	477562,8

Расчет срока окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{147476000 - 127751300}{586235400 - 477562800} = 0,2 \text{ года}$$

ТЕМА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ И ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ХОЗЯЙСТВ

Работы по техническому обслуживанию производства на предприятиях выполняются вспомогательными цехами и обслуживающими хозяйствами производственного назначения. Из них наиболее важное значение имеют ремонтное, энергетическое, инструментальное, транспортное и складское хозяйства. Организация работы этих хозяйств непосредственно влияет на показатели производственно-хозяйственной деятельности предприятия и качество выпускаемой продукции.

Организация ремонтного хозяйства

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

Методические указания

Длительность межремонтного цикла для легких и средних металлорежущих станков определяется по формуле

$$T_{м.ц} = 24000\beta_n\beta_m\beta_y\beta_T \quad (3.1)$$

где 24000 - нормативный ремонтный цикл, станко-ч;

β_n - коэффициент, учитывающий тип производства (для массового и крупносерийного $\beta_n = 1$, для серийного - 1,3, мелкосерийного и единичного - 1,5);

β_m - коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала (при обработке конструкционных сталей $\beta_m = 1$, чугуна и бронзы - 0,8, высокопрочных сталей - 0,7);

β_y - коэффициент, учитывающий условия эксплуатации оборудования (при нормальных условиях работы в механических цехах $\beta_y = 1$, в запыленных цехах и с повышенной влажностью - 0,7);

β_m - коэффициент, отражающий группу станков (для легких и средних станков $\beta_m = 1$).

Длительность межремонтного периода рассчитывается по формуле

$$t_{мр} = \frac{T_{м.ц}}{P_c + P_T + 1} \quad (3.2)$$

где P_c и P_T - соответственно число средних и текущих (малых) ремонтов в течение межремонтного цикла.

Длительность межосмотрового периода для станков определяется по формуле

$$t_{м.о} = \frac{T_{м.ц}}{P_c + P_T + P_o + 1}$$

где P_o - число осмотров в течение межремонтного цикла.

Длительность межремонтного цикла может быть определена по формуле:

$$T_{м.ц} = t_{мр}(1 + P_c + P_T) \quad (3.4)$$

или

$$T_{м.ц} = t_{м.о}(1 + P_c + P_T + P_o) \quad (3.5)$$

Общий годовой объем ремонтных работ определяется по формуле:

$$T_{рем}^{общ} = \frac{T_k P_k + T_c P_c + T_T P_T + T_o P_o}{T_{м.ц}} \sum_{i=1}^m R_i C_{нpi} \quad (3.6)$$

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, нормо-ч;

R_i - количество единиц ремонтной сложности i -й единицы оборудования (механической части), р.е.;

$C_{нpi}$ - число единиц оборудования i -го наименования, шт.

Если объем работ определяют отдельно по видам (слесарные, станочные и прочие), то используют соответствующие нормы времени на одну ремонтную единицу по всем видам планово-предупредительных ремонтов.

Годовой объем работ по межремонтному обслуживанию определяется по формуле

$$T_{обсл} = \frac{F_э K_{см}}{H_{об}} \sum_{i=1}^m R_i C_{пр} \quad (3.7)$$

где $F_э$ - годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего, ч;

$K_{см}$ - число смен работы обслуживаемого оборудования;

$H_{об}$ - норма обслуживания ремонтных единиц при выполнении станочных ($H_{об.см}$), слесарных ($H_{об.сл}$), смазочных ($H_{об.см}$) и шорных ($H_{об.ш}$) работ на одного рабочего в смену.

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

$$P_{сл} = \frac{T_{рем}^{сл}}{F_э K_в} \quad (3.8)$$

$$P_{сл} = \frac{T_{обсл}^{сл}}{F_э K_в} \quad (3.9)$$

где $T_{рем}^{сл}$ и $T_{обсл}^{сл}$ - трудоемкость слесарных работ соответственно для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, норма-ч;

$K_в$ - коэффициент выполнения норм времени.

Аналогично производятся расчеты численности ремонтного и межремонтного персонала по станочным и прочим видам работ.

Число единиц оборудования (станков), необходимых для выполнения станочных работ по ремонтному и межремонтному обслуживанию, рассчитывается по формуле

$$C_{пр} = \frac{T_{рем}^{см} + T_{обсл}^{см}}{F_э K_{см} K_в} \quad (3.10)$$

где $F_э$ - годовой эффективный фонд времени работы одного станка в одну смену, ч.

Потребность цеха в материалах для ремонта определяется по формуле

$$O = \lambda H_i (\sum R_k + L \sum R_c + B \sum R_{мТ}) \quad (3.11)$$

где λ - коэффициент, учитывающий расход материала на осмотры и межремонтное обслуживание;

H_i - норма расхода материала на один капитальный ремонт оборудования на одну ремонтную единицу;

$\sum R_k + L \sum R_c + B \sum R_T$ - 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

$$H = C_{пр} D_D \frac{T_u}{t_{сл}} R_c$$

где D_D - число одного наименования деталей для данного типа оборудования, шт.;

T_u - длительность цикла изготовления партии однотипных деталей или получения партии деталей со стороны, дней;

$t_{сл}$ - срок службы деталей, дней;

R_c - коэффициент снижения запаса однотипных деталей, зависящий от их количества в одномодельных агрегатах (принимается по практическим данным службы главного механика предприятия).

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

Типовая задача с решением

Задача 3.1. В механообрабатывающем цехе установлены 44 металлорежущих станка (табл. 3.1). Режим работы цеха двухсменный. Продолжительность смены - 8 ч. Условия работы оборудования нормальные. Обрабатываются конструкционные стали, следовательно, все коэффициенты $\beta_n, \beta_m, \beta_y, \beta_m$ учитывающие соответственно тип производства, свойства обрабатываемого материала, условия эксплуатации, характеристику станков, принимаются равными единице. Нормативное время работы станка в течение межремонтного цикла $A=24000$ ч. Структура межремонтного цикла для установленных станков имеет вид:

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

Нормы времени для выполнения ремонтных работ представлены в табл.3.2. Годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего составляет 1835 ч. Нормы обслуживания на одного рабочего в смену по межремонтному обслуживанию составляют: $H_{об.см} = 1650$ р.е.; $H_{об.сл} = 500$ р.е.; $H_{об.см} = 1000$; р.е.; $H_{об.ш} = 3390$ р.е.

Коэффициент, учитывающий расход материала на осмотры и межремонтное обслуживание, $\lambda=1,12$. Норма расхода материала на один капитальный ремонт оборудования на одну ремонтную единицу составляет $H_i = 14$ кг конструкционной стали. Коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при среднем и капитальном ремонтах, $L = 0,6$; коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при текущем и капитальном ремонтах, $B = 0,2$.

Таблица 3.1

Состав станочного парка в цехе

№ п/п	Оборудование	Модель или марка	Категория ремонтной сложности (механическая часть)	Установленная мощность, W_y кВт	Оптовая цена единицы оборудования, $C_{об}$ руб.
1	Токарно-винторезные станки	1К62	11,0	10,0	3650
		1К62Б	12,5	11,0	6000
		1К62Д	14,5	11,5	6500
		1М63М	13,0	18,5	8290
		1М63Б	14,0	15,0	7870
		1М65	16,5	22,0	11160
2	Полуавтоматы токарно-револьверные	1М42Б	17,5	13,0	14500
		1А124М	14,5	12,5	12300
		1А136МЦ	14,0	13,0	15300
3	Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные	1Г140П	17,5	7,1	15500
		1Д112	18,0	5,5	2450
		1Е125	15,5	11,0	9500
4	Полуавтоматы токарные многошпиндельные	1Б265НП-8К	50,0	30,0	54100
		1Б290НП-6К	41,0	30,0	66300
5	Вертикально-фрезерные станки	692Р-1	12,5	2,2	5000
		ГФ2380	13,0	11,0	14000
6	Горизонтально-фрезерные станки	6Н13Ц	14,0	13,0	15000
		6Т82Г-1	12,5	7,5	6365
		6Р83Г	11,0	7,0	6300
		6Т83Г-1	11,5	7,5	7290
7	Вертикально-сверлильные станки	2С132	9,5	4,0	4570
		2Г125	4,5	3,5	3470
		2Н135-1	6,0	4,0	4750
		КД-26	5,5	1,6	3250
8	Радиально-сверлильные станки	2К52	7,0	4,5	3950
		2М55	20,0	5,5	4750
		2А576	17,5	7,5	18200
9	Круглошлифовальные станки	3У10В	15,5	2,1	12400
		3У10А	19,5	2,5	13750
		3М195	38,5	30,0	38900

10	Плоскошлифовальные станки	3Е711В-1	15,0	4,0	7129
		3Е711ВФ-1	17,5	10,0	14500
11	Внутришлифовальные станки	3К225В	17,5	2,5	9870
		3К225А	16,5	2,5	11860
		3К227В	12,5	4,5	14430
12	Универсально-заточные станки	3Е642	10,0	3,0	4450
		3Е642Е	12,5	3,0	6750
13	Горизонтально-расточные станки	2620В	28	10,2	20800
		2620Г	18	10,2	19730
14	Протяжные станки	7Б64	17,5	11,0	17924
		7Б67	24,5	40,0	29970
15	Отрезные станки	8Г662	16,0	3,2	8500
		8Г681	17,5	18,1	13170
		8Б66	8,0	2,5	3610
	Итого	44 станка	694	448,2	578058

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 рабочих 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 число станков для выполнения станочных работ для ремонтов и межремонтного обслуживания оборудования.

Таблица 3.2

Нормы времени для выполнения ремонтных работ на 1 ремонтную единицу для технологического оборудования, нормо-ч

Вид ремонта	Слесарные работы	Станочные работы	Прочие работы	Всего
Осмотр	0,75	0,1	-	0,85
Текущий	4,0	2,0	0,1	6,1
Средний	16,0	7,0	0,5	23,5
Капитальный	23,0	10,0	2,0	35,0

Решение

1. Длительность межремонтного цикла определяем по формуле (3.1):

$$T_{м.ц} = 24000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 24000 \text{ ч.}$$

При двухсменном режиме работы оборудования $T_{м.ц}$ составит 6 лет, или 72 месяца.

2. Длительность межремонтного периода рассчитываем по формуле (3.2):

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

3. Длительность периода между осмотрами станков определяем по формуле (3.3):

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

4. Расчет среднегодовой трудоемкости ремонтных работ общей и по видам (слесарным, станочным и прочим работам). Вначале определяем общую трудоемкость по формуле (3.6):

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

Затем по этой же формуле рассчитываем трудоемкость по видам работ:

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

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

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

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

5. Среднегодовую трудоемкость работ по межремонтному обслуживанию определяем по формуле (3.7) по видам работ:

$$\text{слесарные } T_{\text{осл}}^{\text{СЛ}} = \frac{1835 \cdot 2}{500} 694 = 5094 \text{ ч}$$

$$\text{станочные } T_{\text{осл}}^{\text{СТ}} = \frac{1835 \cdot 2}{1650} 694 = 1544 \text{ ч}$$

$$\text{смазочные } T_{\text{осл}}^{\text{СМ}} = \frac{1835 \cdot 2}{1000} 694 = 2547 \text{ ч}$$

$$\text{шторные } T_{\text{осл}}^{\text{Ш}} = \frac{1835 \cdot 2 \cdot 0,5}{3390} 694 = 378 \text{ ч}$$

Общий годовой объем работ по межремонтному обслуживанию составляет

$$T_{\text{обсл}}^{\text{общ}} = T_{\text{обсл}}^{\text{СЛ}} + T_{\text{обсл}}^{\text{СТ}} + T_{\text{обсл}}^{\text{СМ}} + T_{\text{обсл}}^{\text{Ш}} = 5094 + 1544 + 2547 + 378 = 9563 \text{ ч}$$

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

Численность рабочих $P_{\text{рем}}$, необходимых для ремонта оборудования, определяется исходя из соответствующей трудоемкости, годового эффективного фонда времени работы одного рабочего F , и коэффициента выполнения нормы времени K_v , равного 1,1, по формуле (3.8):

$$\text{слесарей } P_{\text{СЛ}} = \frac{9918}{1835 \cdot 1,1} = 4,9 = 5 \text{ чел}$$

$$\text{станочников } P_{\text{СТ}} = \frac{4268}{1835 \cdot 1,1} = 2,1 = 2 \text{ чел}$$

$$\text{прочих рабочих } P_{\text{СТ}} = \frac{417}{1835 \cdot 1,1} = 0,2 = 1 \text{ чел}$$

Общее количество ремонтных рабочих

$$P_{\text{рем}} = P_{\text{СЛ}} + P_{\text{СТ}} + P_{\text{пр}} = 5 + 2 + 1 = 8 \text{ чел}$$

Количество рабочих, необходимых для межремонтного обслуживания оборудования по видам работ, определяем по формуле (3.9):

$$\text{слесарей } P_{\text{СЛ}}^{\text{}} = \frac{5094}{1835 \cdot 1,1} = 2,5 = 3 \text{ чел}$$

$$\text{станочников } P_{\text{СТ}}^{\text{}} = \frac{1544}{1835 \cdot 1,1} = 0,8 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{смазчиков } P_{\text{СМ}} = \frac{2547}{1835 \cdot 1,1} = 1,2 = 1 \text{ чел}$$

$$\text{шорников } P_{\text{Ш}} = \frac{378}{1835 \cdot 1,1} = 0,2 = 0 \text{ чел}$$

Общее количество рабочих, необходимых для обслуживания оборудования,

$$P_{\text{обсл}} = P_{\text{СЛ}}^{\text{}} + P_{\text{СТ}}^{\text{}} + P_{\text{СМ}} + P_{\text{Ш}} = 3 + 1 + 1 + 0 = 5 \text{ чел.}$$

7. Число станков, необходимых для выполнения станочных работ для ремонтов и межремонтного обслуживания оборудования, определяем по формуле (3.10):

$$C_{\text{пр}} = \frac{4268 + 1544}{1835 \cdot 2 \cdot 1,05} = 1,6 = 2 \text{ станка}$$

8. Потребность цеха в материалах для ремонтных нужд рассчитываем по формуле (3.11) при ежегодном капитальном ремонте 10% станков

$$\sum R_k = 0,1 \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{пр}i} = 0,1 \cdot 694 = 69,4 \text{ п.е.}$$

при ежегодном текущем ремонте 25% станков

$$\sum R_c = 0,25 \sum_{i=1}^m R_i C_{нpi} = 0,25 \cdot 694 = 173,5 \text{ п.е.}$$

при ежегодном текущем ремонте 100% станков

$$\sum R_m = 1 \sum_{i=1}^m R_i C_{нpi} = 1 \cdot 694 = 694 \text{ п.е.}$$

Подставив полученные данные в формулу (5.11), получим величину потребности цеха в материалах для ремонтных нужд

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

Аналогично рассчитываем потребность в других материалах.

9. Величину установленной мощности оборудования принимаем по табл. 3.1

$$W_y = 448,2 \text{ кВт.}$$

Балансовую стоимость оборудования рассчитываем по формуле

$$K_{об} = K_{ТР} \sum_{i=1}^m C_{оби} = 1,15 \cdot 578058000 = 664766,7 \text{ тыс. руб}$$

где $K_{ТР}$ - коэффициент, учитывающий затраты предприятия на транспортировку, монтаж и пусконаладочные работы ($K_{ТР} = 1,15$);

$C_{об,i}$ - оптовая цена единицы i -го вида оборудования (см. табл. 3.1.).

Задачи для решения

Задача 3.2. 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 $t_{мр} = 1$ год, а время между осмотрами оборудования - 6 мес. Определить число малых (текущих) ремонтов и осмотров, используя формулы (5.4) и (5.5).

Задача 3.3 На заводе установлено 650 единиц оборудования. Средняя ремонтная сложность единицы оборудования — 11,3 п.е. Нормы времени для выполнения ремонтных работ приведены в табл.3.2. Станки легкие и средние. Условия работы оборудования нормальные. Тип производства - средний. 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:

$$H_{об.см} = 1650 \text{ п.е.}; H_{об.сл} = 500 \text{ п.е.}; H_{об.нр} = 3000 \text{ п.е.}$$

Удельная площадь, приходящаяся на один станок в ремонтно-механическом цехе, $S_{уд} = 16 \text{ м}^2$.

Определить длительность межремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов, объем ремонтных и межремонтных работ, численность рабочих по видам работ (слесарным, станочным и пр.) для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, число станков для ремонтно-механического цеха общее и исходя из типажа ремонтно-механического цеха, установленного по Единой системе ППР (табл. 3.3).

Рассчитать площадь ремонтно-механического цеха.

На заводе применяется централизованная форма организации ремонта.

Таблица 3.3

Состав оборудования в ремонтно-механическом цехе		
Группы станков	Доля группы станков, %	Количество единиц
Токарные и револьверные	45	
Расточные	4	
Универсальные горизонтально-фрезерные	8	
Зуборезные	7	
Шлифовальные	11	

Строгальные	8	
Вертикально-сверлильные	7	
Радиально-сверлильные	2	
Прочие	8	
Итого	100	

Задача 3.4. На предприятии насчитывается 520 единиц технологического оборудования. Средняя ремонтная сложность единицы оборудования составляет 13,7 р.е. Структура межремонтного цикла включает один капитальный ремонт, три средних и четыре текущих (малых) ремонтов и ряд периодических осмотров. Длительность межремонтного периода -1 год, а межосмотрового периода – 3 мес. Нормы времени для выполнения ремонтных работ приведены в табл.3.2. Годовой эффективный фонд времени одного рабочего-ремонтника - 1830 ч.

Определить число осмотров, суммарное число 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 3.5. На участке установлено 16 токарно-револьверных станков одной модели. Длительность межремонтного периода - 9 мес. В структуре межремонтного цикла, Кроме капитального ремонта имеются два средних и пять текущих (малых) ремонтов. При среднем и капитальном ремонтах на станке заменяют по две втулки. Длительность цикла изготовления двух втулок -2 мес. Коэффициент снижения числа запасных втулок.- 0,9.

Определить длительность межремонтного цикла по формуле (3.4). Срок службы сменной втулки («сходя из длительности межремонтного цикла и числа капитальных средних ремонтов) и норму запаса сменных втулок по формуле (3.12).

Организация энергетического хозяйства

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

Методические указания

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

$$Q_{ин} = \frac{qN}{K_3}, \quad (3.13)$$

где q - норма расхода условного топлива на единицу выпускаемой продукции;
 N - объем выпуска продукции за расчетный период времени в соответствующих единицах измерения (т., шт. и т.д.);
 K_3 - калорийный эквивалент применяемого вида топлива.

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

$$Q_{от} = \frac{q_T t_o F_D V_{зд}}{1000 K_y \eta_k}, \quad (3.14)$$

где q_T - норма расхода тепла на 1 м³ здания при разности между наружной и внутренней температурами в

1°С, ккал/ч (1 ккал = 4,1868 · 10³ Дж);

t_o - разность между наружной и внутренней температурами отопительного периода, °С;

F_D - продолжительность отопительного периода, ч;

$V_{зд}$ - объем здания (по наружному его обмеру), м³;

K_y - теплота сгорания условного топлива (7000 ккал/кг);

η_k - коэффициент полезного действия котельной установки ($\eta_k = 0,75$).

Расход электроэнергии $P_{эл}$ (кВт · ч) для производственных целей (плавка, термообработка, сварка и т.д.) рассчитывается по формуле

$$P_{эл} = \frac{W_y F_3 K_3 K_o}{K_c \eta_D}$$

где W_y - суммарная установленная мощность электромоторов оборудования, кВт;

$F_{\text{э}}$ - эффективный фонд времени работы потребителей электроэнергии за плановый период {месяц, квартал, год}, ч;

$K_{\text{з}}$ - коэффициент загрузки оборудования;

$K_{\text{о}}$ - средний коэффициент одновременной работы потребителей электроэнергии;

$K_{\text{с}}$ - коэффициент полезного действия питающей электрической сети;

$\eta_{\text{д}}$ - коэффициент полезного действия установленных электромоторов.

Расход электроэнергии для производственных целей можно определить также по формулам:

$$P_{\text{эл}} = W_{\text{у}} \eta_{\text{с}} F_{\text{э}};$$

$$P_{\text{эл}} = F_{\text{э}} \sum_{j=1}^M W_{\text{у}} \cos \varphi K_{\text{м}}$$

где $\eta_{\text{с}}$ - коэффициент спроса потребителей электроэнергии;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности установленных электродвигателей;

$K_{\text{м}}$ - коэффициент машинного времени электроприемников (машинное время работы оборудования)

Коэффициент спроса потребителей электроэнергии определяется по формуле

$$\eta_{\text{с}} = \frac{K_{\text{з}} K_{\text{о}}}{K_{\text{с}} \eta_{\text{д}}} \quad (3.18)$$

Расход электроэнергии для освещения помещений рассчитывается по формулам:

$$P_{\text{эл}}^{\text{осв}} = \frac{C_{\text{св}} P_{\text{сп}} F_{\text{э}} K_{\text{о}}}{1000} \quad (3.19)$$

$$P_{\text{эл}}^{\text{осв}} = \frac{h S F_{\text{э}}}{1000} \quad (3.20)$$

где $C_{\text{св}}$ - число светильников (лампочек) на участке, в цехе, на предприятии, шт.;

$P_{\text{сп}}$ - средняя мощность одной лампочки, Вт;

h - норма освещения 1 м² площади (по ГОСТу), Вт;

S - площадь здания, м².

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

Расход пара для отопления здания определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{q_{\text{п}} t_{\text{о}} F_{\text{д}} V_{\text{зд}}}{1000 i} \quad (3.21)$$

где $q_{\text{п}}$ - расход пара на 1 м³ объема здания при разности между наружной и внутренней температурами 1 °С;

i - теплосодержание пара (принимается 540 ккал/кг).

Расход сжатого воздуха для производственных целей $Q_{\text{в}}$ (м³) определяется по формуле:

$$Q_{\text{в}} = 1,5 \sum_{i=1}^m d K_{\text{у}} F_{\text{э}} K_{\text{з}} \quad (3.22)$$

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

d - расход сжатого воздуха при непрерывной работе воздухоприемника, м³/ч;

$K_{\text{у}}$ - коэффициент использования воздухоприемника во времени;

m - число наименований воздухоприемников.

Расход 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

$$Q_{\text{вод}} = \frac{q_{\text{в}} C_{\text{пр}} F_{\text{э}} K_{\text{з}}}{1000} \quad (3.23)$$

где $q_{\text{в}}$ - часовой расход воды на один станок, л.

Типовые задачи с решениями

Задача 3.6. По механическому цеху мощность установленного оборудования - 448,2 кВт; средний коэффициент полезного действия электромоторов $h_o = 0,9$; средний коэффициент загрузки оборудования $K_3 = 0,8$; средний коэффициент одновременной работы оборудования $K_o = 0,7$;

Коэффициент полезного действия питающей электрической сети $K_c = 0,96$; плановый коэффициент спроса потребителей электроэнергии по цеху $h_c = 0,6$. Режим работы цеха - двухсменный по 8 ч. Потери времени на плановые ремонты составляют 5%. Определить экономию (перерасход) силовой электроэнергии по цеху за год.

Решение

1. Расчет эффективного фонда времени оборудования.
Номинальный фонд времени работы оборудования составляет

$$F_n = F_k - F_n = 365 - 111 = 254 \text{ дня}$$

или

$$F_n = F_n^n t_{cm} + F_n^{np} t_{cm}^{np} = 249 \cdot 8 + 5 \cdot 7 = 2027 \text{ ч,}$$

где F_k , F_n , F_n^{np} , F_n^n - соответственно число календарных, выходных и праздничных, предпраздничных и полных дней ($F_k = 365$ дней; $F_n = 111$; $F_n^n = 249$; $F_n^{np} = 5$ дней); t_{cm} и t_{cm}^{np} - продолжительность полной и предпраздничной рабочей смены.

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме

$$F_o = F_n K_{л.о} K_{cm} = 2027 \cdot 0,95 \cdot 2 = 3851 \text{ ч.}$$

2. Величину планового потребления силовой электроэнергии определяем по формуле (3.16):

$$P_{эл}^{nl} = 448,2 \cdot 0,6 \cdot 3851 = 1035611 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

3. Величину фактического потребления силовой электроэнергии рассчитываем по формуле (3.15):

$$P_{эл}^{\phi} = \frac{448,2 \cdot 3851 \cdot 0,8 \cdot 0,7}{0,96 \cdot 0,9} = 1118715 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

4. Таким образом, перерасход силовой электроэнергии составит

$$P = P_{эл}^{\phi} - P_{эл}^{nl} = 1118715 - 1035611 = 83104 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Задача 3.7. Определить потребность в силовой электроэнергии для участка механического цеха за год на основе данных, приведенных в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Состав оборудования участка

Станки	Установленная мощность моторов, кВт	$\cos\varphi$ электромоторов	Коэффициент машинного времени работы станков (Км)
Токарно-винторезные	40	0,8	0,7
Токарно-револьверные	36	0,7	0,8
Вертикально-фрезерные	25	0,8	0,8
Горизонтально-фрезерные	15	0,8	0,8
Вертикально-сверлильные	20	0,6	0,7
Радиально-сверлильные	18	0,6	0,4
Круглошлифовальные	20	0,7	0,7
Плоскошлифовальные	24	0,8	0,7
Шлифовально-полировальные	12	0,6	0,6
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 составляют 5%.

Решение

1. Рассчитываем эффективный фонд времени работы оборудования

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

2. Величину потребности в силовой электроэнергии за год определяем по формуле (3.17):

$$P_{эл} = 3952(40 \cdot 0,8 \cdot 0,7 + 36 \cdot 0,7 \cdot 0,8 + 25 \cdot 0,8 \cdot 0,8 + 15 \cdot 0,8 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,6 \cdot 0,7 + 18 \cdot 0,6 \cdot 0,4 + 20 \cdot 0,7 \cdot 0,7 + 24 \cdot 0,8 \cdot 0,7 + 12 \cdot 0,6 \cdot 0,6 + 18 \cdot 0,7 \cdot 0,6) = 4584320 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Задача 3.8. Определить потребность в осветительной электроэнергии для механического цеха, если в нем установлено 50 люминесцентных светильников, средняя мощность каждого из которых 100 Вт. Время горения светильников в сутки - 15 ч. Коэффициент одновременного горения светильников - 0,75. Число рабочих дней в месяце - 22 дня.

Решение

1. Рассчитываем эффективный фонд времени работы светильников

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

2. Величину потребности в осветительной электроэнергии определяем по формуле (3.19):

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

Задача 3.9. Определить расход пара на отопление здания механического цеха, имеющего объем $V_{зд} = 8000 \text{ м}^3$. Норма расхода пара $q_n = 0,5 \text{ ккал/ч}$ на 1 м^3 объема здания. Средняя наружная температура за отопительный период $t_n = -5^\circ\text{C}$. Внутренняя температура в здании цеха за отопительный период поддерживается на уровне $t_{вн} = +18^\circ\text{C}$. Отопительный период в Республике Беларусь $F_c = 200$ дней.

Решение

1. Переводим величину отопительного периода в часы

$$F_o = F_c K_{ч} = 200 \cdot 24 = 4800 \text{ ч,}$$

где $K_{ч}$ - количество часов в сутках.

2. Разность температур за отопительный период составит

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

3. Расход пара за отопительный период рассчитываем по формуле (3.21):

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

Задача 3.10. 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 составляют 6%.

Решение

1. Эффективный фонд времени работы оборудования составляет

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

2. Удельный расход сжатого воздуха всеми воздухоприемниками:

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

3. Величину потребности цеха в сжатом воздухе за месяц определяем по формуле (3.22):

$$Q_в = 1,5 \cdot 350 \cdot 0,85 \cdot 316 \cdot 0,75 = 105761 \text{ м}^3.$$

Задача 3.11. Определить расход воды на приготовление охлаждающей эмульсии для металлорежущего инструмента за год по механическому цеху. Вода употребляется на 40 станках, средний часовой расход, которой 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 составляют 5%.

Решение

1. Эффективный фонд времени работы оборудования составляет

$$F_3 = 255 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,95 = 3876 \text{ ч.}$$

2. Величину потребности воды для приготовления охлаждающей эмульсии определяем по формуле (3.23):

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

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

Расход режущего инструмента определенного типоразмера K_p (шт.) рассчитывается по формуле

$$K_p = \frac{N t_m n_n}{60 T_{изн} (1 - R)} \quad (3.24)$$

где N - число деталей, обрабатываемых данным инструментом по годовой программе, шт.;

t_m - машинное время на 1 деталиеоперацию, мин;

n_n - 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

$$T_{изн} = \left(\frac{L}{l} + 1\right)t_{СТ} \quad (3.25)$$

где L - допустимая величина стачивания рабочей части инструмента при заточках, мм;

l - средняя величина снимаемого слоя при каждой заточке, мм;

$t_{СТ}$ - стойкость инструмента, 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):

$$K_p = \frac{NH_p}{n_p} \quad (3.26)$$

где H_p - норма расхода инструмента на расчетную единицу;

n_p - число деталей, принятое за расчетную единицу, шт.

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

$$K_p = \frac{F_s K_M K_{уч}}{T_{изн} (1 - R)} \quad (3.27)$$

где K_M - коэффициент машинного времени;

$K_{уч}$ - коэффициент участия данного инструмента в обработке деталей.

Потребность в мерительном инструменте $K_{м.и}$ (шт.) рассчитывается по формуле

$$K_{м.и} = \frac{Na_s n_{вк}}{n_{пр.и} (1 - R)} \quad (3.28)$$

где a_s - число измерений на одну деталь;

$n_{в.к}$ - выборочность контроля, дес. долей;

$n_{пр.и}$ - количество измерений, выдерживаемых данным инструментом до полного износа.

Для калибров и скоб норма износа определяется по формуле

$$n_{пр.и} = Va_g Ba_p \quad (3.29)$$

где V - коэффициент допустимого средневероятного износа мерителя ($V \approx 0.7$);

a_g - величина допустимого износа мерителя по ГОСТу, мкм;

B - норма стойкости мерителя (число измерений на 1 мкм износа мерителя);

a_p - допустимое число ремонтов мерителя до полного износа ($a_p = 2$).

Величина потребности матриц штампа определяется по формуле

$$K_{ш} = \frac{N}{n_{ш}} \quad (3.30)$$

$$n_{ш} = \left(\frac{L}{l} + 1\right)Uk_{ш} \quad (3.31)$$

где $n_{ш}$ - норма износа матрицы штампа;

L - величина допустимого стачивания матрицы, мм;

l - средний слой металла, снимаемого при переточке, мм;

U - число ударов между двумя переточками;

$k_{ш}$ - коэффициент, учитывающий снижение стойкости штампа после переточки.

Размер цехового оборотного фонда инструмента $Z_{ц}$ определяется по формуле

$$Z_{ц} = Z_{р.м} + Z_{р.з} + Z_{р} \quad (3.32)$$

где $Z_{р.м}$ - количество инструментов, находящихся на рабочих местах, шт.;

$Z_{р.з}$ - количество режущих инструментов, находящихся в заточке и на восстановлении, шт.;

$Z_{р}$ - количество режущих инструментов, находящихся в инструментально-раздаточных кладовых, шт.

Количество инструментов на рабочих местах при их периодической подаче определяется по формуле

$$Z_{р.м} = \frac{T_m}{T_c} C_{пр} n_n + C_{пр} \cdot (1 + k_z) \quad (3.33)$$

где T_m - период между подачами инструмента к рабочим местам, ч;
 T_c - период между сменами инструмента на станке, ч;
 n_n - число инструментов, одновременно применяемых на одном рабочем месте;
 k_3 - коэффициент резервного запаса инструмента на каждом рабочем месте (как правило, $k_3 = 1$, а на многолезцовых станках $k_3 = 2 - 4$).

Периодичность смены инструмента определяется по формуле

$$T_c = \frac{t_{um}}{t_m} \cdot t_{ст}, \quad (3.34)$$

где t_{um} - штучное время на операцию, мин.

Количество инструментов, находящихся в заточке, рассчитывается по формуле

$$Z_{p.з} = \frac{T_3}{T_m} C_{np} n_n \quad (5.35)$$

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 режущих инструментов, находящихся в запасе в инструментально-раздаточной кладовой, определяется по формуле

$$Z_k = Q_p t_n (1 + k_3), \quad (3.36)$$

где Q_p - среднесуточный расход инструментов за период между очередными поступлениями их из центрального инструментального склада, шт. ($Q_p = K_p : 360$);

k_3 - коэффициент резервного (страхового) запаса инструмента в инструментально-раздаточной кладовой (принимается $k_3 = 0,1$);

t_n - период между поставками инструмента из центрального инструментального склада в инструментально-раздаточную кладовую цеха (как правило, поставки производят два раза в месяц, т.е. $t_n = 15$ дней).

Норма запаса инструментов на центральном инструментальном складе устанавливается в соответствии с системой "минимум - максимум" (рис. 5.1).

По этой системе создаются три нормы запаса:

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

$$Z_{min} = Z_{cmp}, \quad (3.37)$$

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

$$Z_{m.з} = Z_{min} + T_0 Q_p, \quad (3.38)$$

где T_0 - период времени между моментом выдачи заказа и поступлением инструмента на центральный инструментальный склад, дней;

Q_p - среднесуточный расход инструмента за период исполнения заказа;

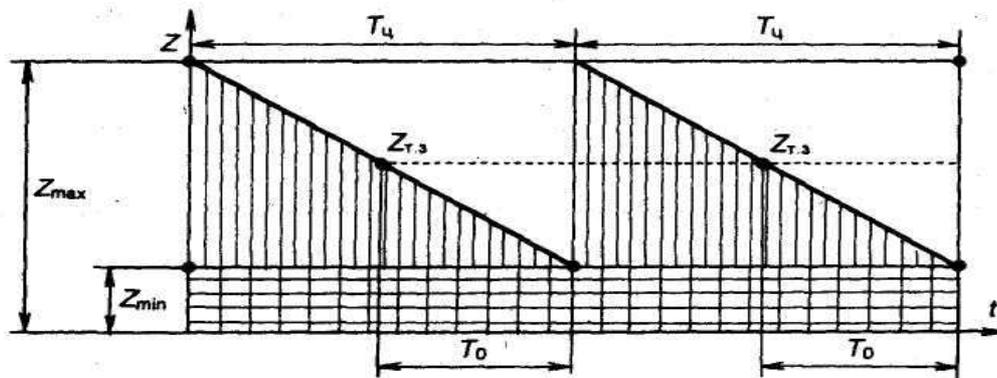


Рис. 3.1. График изменения запаса инструментов на центральном инструментальном складе по системе "минимум - максимум"

- 3) максимальная норма запаса Z_{max} достигается в момент поступления заказа инструмента и определяется по формуле

$$Z_{max} = Z_{min} + T_u Q_p \quad (3.39)$$

где T_u - время между двумя поступлениями партий инструмента (длительность цикла), дней.

Типовая задача с решением

Задача 3.12. Определить потребное количество режущих и измерительных инструментов на годовую программу. Произвести расчет цехового фонда режущего инструмента.

Исходные данные. Годовая программа обрабатываемых ступенчатых шлицевых валиков

$N = 500$ тыс. шт. Режим работы цеха - двухсменный. Эффективный фонд работы оборудования в одну смену $F_s = 1975$ ч. Материал заготовки - сталь 20Х. Технологический процесс механической обработки валиков представлен в табл. 5.5.

Решение

1. Машинное время работы инструмента до полного его износа определяем по формуле (3.25), подставив в нее данные из табл. 3.6 по первому резцу,

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим типоразмерам режущего инструмента, а результаты сводим в табл. 3.6.

2. Потребное количество режущих инструментов рассчитываем по формуле (3.24), подставив в нее данные из табл. 3.7 по проходным резцам черновой обработки,

$$K_p = \frac{500000 \cdot 1,85 \cdot 3}{60 \cdot 19 \cdot (1 - 0,05)} = 2562 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим типоразмерам режущего инструмента, а результаты сводим в табл. 3.7.

3. Нормы износа для скоб и калибров проходных определяем по формуле (3.29), подставив в нее соответствующие данные из табл. 5.8 по скобе $87^{-0,5}$,

$$n_{пр.и} = 0,7 \cdot 10 \cdot 2630 \cdot 2 = 36820 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам и типоразмерам измерительного инструмента, а результаты сводим в табл. 3.8.

Таблица 3.5

Технологический процесс механической обработки валиков

Содержание операции	Оборудование	Инструмент		Время,	
		режущий	измерительн	t_m	$t_{ум.}$
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 многорезцовый станок	Резцы проходные черновые 16x25 (3 шт.)	Скобы: $87^{-0,5}$; $72^{-0,5}$; $57^{-0,5}$	1,85	3,64
	То же	Резцы подрезные черновые 16x25 (4 шт.)	Скоба $152^{-0,5}$	1,96	3,48
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	”	Резцы проходные чистовые (3 шт.)	Скобы: $85^{-0,2}$; $70^{-0,2}$; $55^{-0,2}$	1,43	2,47
	”	Резцы подрезные чистовые 16x25 (4 шт.)	Скоба $150^{-0,2}$	1,35	2,53
Шлифовать ступень диаметром 85 мм	Круглошлифовальный станок	Шлифовальный круг	Скоба $85^{-0,1}$	1,82	2,64
Фрезеровать шлицы на ступени диаметром 85 мм	Фрезерный станок	Фреза червячная 90 мм	Проходной калибр	7,38	12,42

Таблица 3.6

Расчет времени работы инструмента до полного износа по всем типоразмерам

Инструмент	L , мм	l , мм	$L/l+1$	$t_{см.}$, ч	$T_{изм.}$, ч
Резец проходной черновой	5,1	0,7	8	2,4	19

Резец подрезной черновой	2,8	0,4	8	2,4	19
Резец проходной чистовой	5,1	0,7	8	2,4	19
Резец подрезной чистовой	2,8	0,4	8	2,4	19
Шлифовальный круг	25	1,0	26	1,0	26
Фреза червячная	7,3	0,6	13	4,0	52

Таблица 3.7

Расчет потребности режущих инструментов всех типоразмера

Инструмент	$T_{изм.}, ч$	$t_m, мин$	$n_{ц}, шт.$	$K_p, шт.$
Резец проходной черновой	19	1,85	3	2562
Резец подрезной черновой	19	1,96	4	3619
Резец проходной чистовой	19	1,43	3	1980
Резец подрезной чистовой	19	1,35	4	2249
Шлифовальный круг	26	1,82	1	614
Фреза червячная	52	7,38	1	1245

4. Потребное количество измерительных инструментов рассчитываем по формуле (3.28), подставив в нее соответствующие данные из табл. 3.9 по скобе $87^{-0,5}$,

$$K_m = \frac{500000 \cdot 5 \cdot 0,3}{36820 \cdot (1 - 0,05)} = 22 шт$$

Таблица 3.8.

Расчет норм износа измерительного инструмента

Измерительный инструмент	$a_0, мкм$	B	$n_{пр.и} шт.$
Скобы	10	2630	36820
Калибры проходные для шлицов	12	900	15120

* Нормативы износа инструмента a_0 и B принимаются по справочникам.

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам и типоразмерам измерительного инструмента, а результаты сводим в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Расчет потребного количества измерительных инструментов каждого типоразмера

Измерительный инструмент	$a_0, шт.$	$n_{в.к}$	$n_{пр.и}, шт.$	$K_m, шт.$
Скобы:				
87 ^{-0,5}	5	0,3	36820	22
72 ^{-0,5}	4	0,2	36820	12
57 ^{-0,5}	3	0,2	36820	9
152 ^{-0,5}	2	0,1	36820	4
85 ^{-0,2}	4	0,3	36820	17
70 ^{-0,2}	5	0,2	36820	14
55 ^{-0,2}	4	0,2	36820	12
150 ^{-0,2}	2	0,1	36820	4

85 ^{-0,1}	4	0,5	36820	28
Калибры проходные для шлицов	1	0,7	15120	24

5. Число рабочих мест на каждой операции определяем по формуле (2.6), подставив в нее соответствующие данные по первой операции (обточить начерно передний суппорт) из табл. 3.10,

$$C_{np} = \frac{Nt_{um}}{F_p K_{cm} 60} = \frac{500000 \cdot 3,64}{1975 \cdot 2 \cdot 60} = 8 \text{ рабочих мест}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим операциям, а результаты сводим в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Расчет числа рабочих мест

Содержание операции	Оборудование	t_{um} , мин	C_{np}
1. Обточить начерно: передний суппорт задний суппорт	Токарный многолезцовый станок	3,64	8
		3,48	7
2. Обточить начисто: передний суппорт задний суппорт	Тоже	2,47	5
		2,53	6
3. Шлифовать ступень диаметром 85 мм	Круглошлифовальный станок	2,64	6
4. Фрезеровать шлицы на ступени диаметром 85 мм	Фрезерный станок	12,42	26
Итого			58

6. Продолжительность периода между съемами инструмента со станка определяем по формуле (3.34), подставляя в нее соответствующие данные по резцам проходным черновым на первой операции из табл. 3.11,

$$T_c = \frac{3,64}{1,85} 2,4 = 4,7 \approx 5 \text{ ч.}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Расчет периодичности съема инструментов со станков

Инструмент	T_m , ч	t_{um} , мин	t_m , мин	t_{cm} , ч	T_c , ч
Резец проходной черновой	8	3,64	1,85	2,4	5
Резец проходной чистовой	4	2,47	1,43	2,4	4
Резец подрезной черновой	8	3,48	1,96	2,4	4
Резец подрезной чистовой	4	2,53	1,35	2,4	5
Шлифовальный круг	4	2,64	1,82	1,0	2
Фреза червячная шлицевая	8	12,42	7,38	4,0	7

7. Количество инструментов, находящихся на рабочих местах, рассчитываем по формуле (3.33), подставляя в нее соответствующие данные по резцам проходным черновым на первой операции из табл. 3.12,

$$Z_{p.m} = \frac{8}{5} 8 \cdot 3 + 8(1 + 2) = 62 \text{ шт}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 3.12

Таблица 3.12

Расчет количества инструментов на рабочих местах

Инструмент	T_m , ч	T_c , ч	$C_{np} n_n$, шт.	C_{np} , шт.	n_n , шт.	$(1+k_3)$	$Z_{p.m}$, шт.
Резец проходной черновой	8	5	24	8	3	3	62

Резец проходной чистовой	4	4	15	5	3	4	35
Резец подрезной черновой	8	4	28	7	4	3	77
Резец подрезной чистовой	4	5	24	6	4	4	43
Шлифовальный круг	4	2	6	6	1	2	24
Фреза червячная шлицевая	8	7	26	26	1	2	82

8. Количество инструментов, находящихся в ремонте, заточке и на проверке, определяем по формуле (3.35), подставляя в нее данные из табл. 3.13 для инструментов всех видов, цикл заточки у которых равен 8 ч, а для фрезы червячной -16ч,

$$Z_{p.z} = \frac{8}{8} \cdot 8 \cdot 3 = 24 \text{ шт}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 3.13.

Таблица 3.13

Расчет количества инструментов в заточке, ремонте и на проверке

Инструмент	T_3	T_M , ч	C_{np} , ШТ.	n_n , шт.	$Z_{p.z}$, шт.
Резец проходной черновой	8	8	8	3	24
Резец проходной чистовой	8	4	5	3	30
Резец подрезной черновой	8	8	7	4	28
Резец подрезной чистовой	8	4	6	4	48
Шлифовальный круг	8	4	6	1	12
Фреза червячная шлицевая	16	8	26	1	52

9. Количество инструментов, находящихся в инструментально-раздаточной кладовой, рассчитываем по формуле (3.36), подставляя в нее соответствующие данные по резцам проходным черновым из табл. 3.14,

$$Z_k = \frac{2562}{360} 15(1+0,1) = 118 \text{ шт}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 3.14.

Таблица 3.14

Расчет количества инструментов в инструментально-раздаточной кладовой

Инструмент	Q_p , шт.	t_n , дней	$(1+k_3)$	Z_k , шт.
Резец проходной черновой	7,1	15	1,1	118
Резец проходной чистовой	5,5	15	1,1	91
Резец подрезной черновой	10,0	15	1,1	165
Резец подрезной чистовой	6,2	15	1,1	102
Шлифовальный круг	1,7	15	1,1	28
Фреза червячная шлицевая	3,5	15	1,1	58

10. Цеховой оборотный фонд режущего инструмента рассчитываем по формуле (3.32), подставляя в нее соответствующие данные по резцам проходным черновым из табл. 3.12-3.14,

$$Z_y = Z_{p.m.} + Z_{p.z} + Z_k = 62+24+118=204 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 3.15.

Расчет цехового оборотного запаса инструмента

Инструмент	$Z_{p.m.}$, шт.	$Z_{p.,3}$, шт.	Z_k , шт.	Z_{ii} , шт.
Резец проходной черновой	62	24	118	204
Резец проходной чистой	35	30	91	156
Резец подрезной черновой	77	28	165	270
Резец подрезной чистой	43	48	102	193
Шлифовальный круг	24	12	28	64
Фреза червячная шлицевая	82	52	58	192

Организация транспортного хозяйства

В этом параграфе приведены задачи по расчету необходимого количества транспортных средств, используемых внутри и между цехами предприятия, а также их технико-экономические показатели.

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. 3.16).

Как известно, на предприятиях используют различные схемы маршрутов: маятниковые односторонние, двусторонние, смешанные, маятниковые центробежные и центростремительные, кольцевые. В зависимости от выбранной схемы маршрута определяют 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.

Для маятниковых перевозок:

при одностороннем маршруте движения

$$K_{т.с.} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_{э} F_{см} 60} \left(\frac{2L}{V_{ср}} + t_3 + t_p \right); \quad (3.40)$$

при двустороннем маршруте движения

$$K_{т.с.} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_{э} K_{см} 60} \left(\frac{2L}{V_{ср}} + 2(t_3 + t_p) \right); \quad (3.41)$$

где N_j - количество изделий j -го типоразмера (наименования), перевозимых в течение расчетного периода, шт.;

$Q_{штj}$ - масса единицы изделия j -го типоразмера, кг;

q - грузоподъемность единицы транспортных средств, кг;

$K_{ис}$ - коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства;

$F_{э}$ - 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;

$V_{ср}$ - средняя скорость движения транспортного средства, м/мин;

t_3 и t_p - соответственно время на одну погрузочную и разгрузочную операции за каждый рейс, мин;

n - номенклатура транспортируемых изделий.

Таблица 3.16 Шахматная ведомость грузопотоков

Место назначения \ Место отправления	Железнодорожная станция	Заводская станция	Цех № 1	Цех №2	Цех №3	Отвал (отходы)	Итого
Железнодорожная станция	-	10 000	-	-	-	-	10000
Заводская станция	7500	-	2000	8000	-	-	17500
Цех № 1	-	-	-	1500	-	500	2000
Цех № 2	-	-	-	-	7500	2000	9500
Цех № 3	-	7500	-	-	-	-	7500
Отвал (отходы)	-	-	-	-	-	-	-
Итого	7500	17500	2000	9500	7500	2500	46500

Для кольцевых перевозок: с нарастающим грузопотоком

$$K_{T.C.} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_{э} K_{см} 60} \left(\frac{L'}{V_{CP}} + k_{пп} t_3 + t_p \right); \quad (3.42)$$

с затухающим грузопотоком

$$K_{T.C.} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j Q_{умj}}{q K_{ис} F_{э} K_{см} 60} \left(\frac{L'}{V_{CP}} + t_3 + k_{пп} t_p \right); \quad (3.43)$$

с равномерным грузопотоком

$$K_{T.C.} = \frac{\sum_{j=1}^H N_j Q_{умj}}{q K_{ис} F_{э} K_{см} 60} \left(\frac{L'}{V_{CP}} + k_{пп} (t_3 + t_p) \right) \quad (3.44)$$

где L' - длина всего кольцевого маршрута, м;

$K_{пп}$ - число погрузочно-разгрузочных пунктов.

Масса груза $Q_{см}$ (кг, т), перевозимого за смену, определяется по формуле

$$Q_{см} = \frac{Q_{г}}{D_p K_{см} k_H} \quad (3.45)$$

где $Q_{г}$ - годовой грузооборот на данном маршруте, кг (т);

D_p - число рабочих дней в году;

k_H - коэффициент неравномерности перевозок (принимается к., = 0,85).

Время пробега транспортного средства по заданному маршруту определяется по формуле

$$T_{проб} = L : V_{CP} \quad (3.46)$$

Время, затрачиваемое транспортным средством на один рейс, рассчитывается по формуле

$$T_p = 2T_{проб} + t_3 + t_p \quad (3.47)$$

Число рейсов, совершаемых единицей транспортного средства за сутки, определяется по формуле

$$P = \frac{t_{см} K_{см} k_B}{T_p} \quad (3.48)$$

где k_B - коэффициент использования фонда времени работы транспортного средства. Масса груза, перевозимого за один рейс, определяется по формуле

$$П = Q_{см} : P \quad (3.49)$$

Число конвейеров определяется по формулам: для штучных грузов (изделий, деталей и т.д.)

$$K_{шт} = \frac{Q_c l_o}{3.6 Q_{шт} V t_{см} K_{см} k_B} \quad (3.50)$$

для сыпучих грузов

$$K_c = \frac{Q_c}{3.6 q_{п} V t_{см} K_{см} k_B} \quad (3.51)$$

где Q_c - суммарный транспортируемый груз в течение суток, кг;

l_o - шаг конвейера (расстояние между двумя изделиями), м;

3,6 - постоянный коэффициент;

$Q_{шт}$ - масса (вес) одного транспортируемого изделия, кг;

V - скорость движения конвейера, м/с;

q_{II} - нагрузка (масса груза) на 1 м² конвейера, кг.

Число грузовых крюков на подвесном конвейере рассчитывается по формуле

$$A_K = \frac{N_C L_P}{n_{II} V t_{CM} K_{CM} k_B} \quad (3.52)$$

где N_C - количество транспортируемых изделий в течение суток, шт.;

L_P - длина рабочей части конвейера, м;

n_{II} - количество изделий, навешиваемых на один крюк, шт.

Число электрокаров определяется по формуле

$$K_{ЭК} = \frac{T_P N_C}{t_{CM} K_{CM} k_B} \quad (3.53)$$

Потребное число электро- и автокаров для внутрицеховых перевозок определяется укрупнено по формуле

$$K_{Т.С.} = \frac{Q_{CM} (k_n + 1)}{q K_{ИС} t_{CM} k_B} \left(\frac{2L}{V} + t_3 + t_P \right), \quad (3.54)$$

где $(k_n + 1)$ - среднее число передач партии деталей между операциями на склад и со склада за смену.

Часовая пропускная способность конвейера рассчитывается по формулам: при перемещении сыпучих грузов

$$q_{ч} = 3,6 q_M V \quad (3.55)$$

при перемещении штучных грузов на подвесном круговом конвейере

$$q_{ч} = 3,6 Q_{шт} V / l_0 \quad (3.56)$$

при перемещении штучных грузов в специальной таре пор Штук на поточной линии цеха

$$q_{ч} = 3,6 Q_{шт} p V / l_0 \quad (3.57)$$

где q_M - масса груза, приходящаяся на 1 м длины конвейера, кг/м;

p - величина транспортной партии, шт.

Типовые задачи с решениями

Задача 3.13. Согласно шахматной ведомости (см. табл. 3.16) на завод со станции железной дороги необходимо перевезти 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. Число рабочих дней в году - 255. Режим работы - двухсменный. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Потери времени на плановые ремонты автомашин составляют 4%. Коэффициент использования грузоподъемности автомашины - 0,8.

Определить время пробега автомашины по заданному маршруту, длительность рейса, необходимое число транспортных средств и коэффициент их загрузки, число рейсов в сутки и массу груза, перевозимого за один рейс.

Решение

1. Время пробега автомобиля в одну сторону рассчитывается по формуле (3.46):

$$T_{проб} = \frac{5,6}{42} = \frac{5600 \cdot 60}{42000} = 8 \text{ мин.}$$

2. Длительность одного рейса определяется по формуле (3.47):

$$T_p = 2 \cdot 8 + 40 + 25 = 81 \text{ мин.}$$

3. Эффективный фонд времени работы единицы транспортного средства составляет

$$F_s = 255 \cdot 8 \cdot 0,96 = 1958 \text{ ч.}$$

Необходимое число автомашин определяем по формуле (3.40):

$$K_{Т.С.} = \frac{10000}{5 \cdot 0,8 \cdot 1958 \cdot 2 \cdot 60} \left(\frac{2 \cdot 5600 \cdot 60}{42000} + 40 + 25 \right) = 0,81$$

Принимаем $K_{Т.С.} = 1$ машине.

4. Число рейсов, совершаемых транспортными средствами за сутки, рассчитываем по формуле (3.48):

$$P = \frac{8 \cdot 2 \cdot 0,94 \cdot 60}{81} = 11 \text{ рейсов.}$$

5. Массу груза, перевозимого за одни сутки, определяем исходя из формулы (3.45):

$$Q_c = \frac{Q_{ц}}{D_p k_H} = \frac{10000}{255 \cdot 0.85} = 46 \text{ т}$$

6. Производительность автомашины рассчитываем по формуле (3.49):

$$\Pi = Q_c : P = 46 : 11 = 4,2 \text{ т/рейс.}$$

7. Коэффициент загрузки транспортных средств рассчитываем исходя из формулы (3.13):

$$K_{3.T.C.} = K_{T.C.PACЧ} : K_{T.C.IIP} = 0,81 : 1 = 0,81.$$

Задача 3.14. Суточный грузооборот двух цехов $Q_c = 14$ т. Маршрут пробега автокара двусторонний. Средняя скорость движения автокара по маршруту $V_{cp} = 60$ м/мин. Грузоподъемность автокара $q = 1$ т. Расстояние между цехами $L = 300$ м. Время погрузки-разгрузки автокара в первом цехе $t_2 = 16$ мин и во втором $t_3 = 18$ мин. Коэффициент использования грузоподъемности автокара $k_{ис} = 0,8$; коэффициент использования времени работы автокара $k_в = 0,85$. Режим работы автокара - двухсменный. Определить необходимое число автокаров и производительность автокара за один рейс.

Решение

1. Время пробега автокара по маршруту в одну сторону определяем по формуле (3.46):

$$T_{проб} = 300 : 60 = 5 \text{ мин.}$$

2. Длительность одного рейса рассчитываем по формуле (3.47):

$$T_p = 2 \cdot 5 + 16 + 18 = 44 \text{ мин.}$$

3. Необходимое число транспортных средств определяем исходя из формулы (3.41):

$$K_{T.C.} = \frac{Q_c}{q K_{ис} F_{э} K_{см} 60} \left(\frac{2L}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right) = \frac{14}{1 \cdot 0.8 \cdot 8 \cdot 0.85 \cdot 2 \cdot 60} \left(\frac{2 \cdot 300}{60} + 16 + 18 \right) = 0.94$$

Принимаем $K_{T.C.} = 1$ автокар.

4. Число рейсов, совершаемых транспортными средствами за сутки, определяем по формуле (3.48):

$$P = \frac{480 \cdot 2 \cdot 0.85}{44} \approx 18.5$$

Принимаем $P = 19$ рейсов.

5. Производительность автокара рассчитываем по формуле (3.49):

$$\Pi = 14 : 19 = 0,74 \text{ т/рейс.}$$

Задача 3.15. Ежедневный завоз из центрального склада завода Ют металлов в пять цехов производится электрокаром грузоподъемностью 1 т. Кольцевой маршрут с затухающим грузопотоком составляет 1000 м. Скорость движения электрокара - 40 м/мин. Время погрузки каждого электрокара на складе - 10 мин, разгрузки в каждом цехе - 5 мин (в среднем). Склад работает в одну смену. Коэффициент использования времени работы электрокара - 0,85, средний коэффициент использования номинальной грузоподъемности - 0,8. Определить необходимое количество электрокаров и средний коэффициент их загрузки, число рейсов за смену.

Решение

1. Необходимое количество электрокаров определяем исходя из формулы (3.43):

$$K_{T.C.} = \frac{Q_c}{q K_{ис} F_{э} K_{см} 60} \left(\frac{L'}{V_{cp}} + t_3 + k_{пп} t_p \right) = \frac{10}{1 \cdot 0.8 \cdot 8 \cdot 0.85 \cdot 1 \cdot 60} \left(\frac{1000}{40} + 10 + 5 \cdot 5 \right) = 1.94$$

Принимаем $K_{T.C.} = 2$ электрокара.

2. Коэффициент загрузки транспортных средств рассчитываем исходя из формулы (3.13):

$$K_{э.T.C.} = K_{T.C.PACЧ} : K_{T.C.IIP} = 1,95 : 2 = 0,98.$$

3. Число рейсов за смену определяем исходя из формул (3.47) и (3.48):

$$P = \frac{t_{см} K_{см} k_{в}}{\frac{L}{V_{cp}} + t_3 + k_{пп} t_p} = \frac{8 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 0.85}{\frac{1000}{40} + 10 + 5 \cdot 5} = 6.8 \text{ рейса}$$

Принимаем $P = 7$ рейсов.

Задача 3.16. Доставка деталей из цехов (литейного, механообрабатывающего и термического) в сборочный осуществляется электрокаром номинальной грузоподъемностью 1 т. Суточный грузооборот

- 15 т. Кольцевой маршрут с возрастающим грузопотоком составляет 1200 м. Скорость движения электрокара - 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, коэффициент использования времени работы электрокара - 0,85. Определить необходимое количество транспортных средств, коэффициент их загрузки и число рейсов за сутки.

Решение

1. Необходимое количество электрокаров определяем по формуле (3.42):

$$K_{T.C.} = \frac{15}{1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 2 \cdot 60} \left(\frac{1200}{40} + 3 \cdot 5 + 15 \right) = 1,38$$

Принимаем $K_{T.C.} = 2$ электрокара.

2. Коэффициент загрузки оборудования рассчитываем исходя из формулы (3.13):

$$K_{3.T.C.} = K_{T.C.ПАСЧ} : K_{T.C.ПР} = 1,38 : 2 = 0,69.$$

3. Число рейсов за сутки определяем исходя из формул (3.47) и (3.48):

$$P = \frac{t_{CM} K_{CM} k_B}{\frac{L}{V_{CP}} + t_3 k_{ПР} + t_P} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 0,85 \cdot 60}{\frac{1200}{40} + 3 \cdot 5 + 15} = 13,6 \text{ рейса}$$

Принимаем $P = 14$ рейсов.

Задача 3.17. Электромостовой кран механосборочного цеха за смену транспортирует 28 изделий. На погрузку и разгрузку одного изделия требуется 10 мин. Кран движется со скоростью 30 м/мин. Протяженность 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

1. Время одного рейса рассчитываем исходя из формулы (3.47):

$$T_P = \frac{2L}{V_{CP}} + t_{3.P.} = \frac{2 \cdot 80}{30} + 10 = 15,3 \text{ мин.}$$

2. Необходимое число кранов определяем по формуле (3.53):

$$K_{ЭК} = \frac{15,3 \cdot 28}{8 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,99$$

Принимаем $K_{ЭК} = 1$ электрокран.

3. Коэффициент загрузки крана составляет

$$K_{3.ЭК} = K_{ЭК.ПАСЧ} : K_{ЭК.ПР} = 0,99 : 1 = 0,99.$$

Задача 3.18. Подача деталей на сборку осуществляется напольным конвейером. Суточный грузопоток составляет 36,2 т при массе одной детали (в среднем) - 2 кг. Шаг конвейера - 0,75 м. Скорость движения конвейера - 0,25 м/с. Режим работы цеха - двухсменный. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Потери рабочего времени на плановые ремонты составляют 5%. Определить необходимое количество конвейеров и их пропускную способность.

Решение

1. Необходимое число конвейеров определяем по формуле (3.50):

$$K_{Ш} = \frac{36,2 \cdot 0,75}{3,6 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,95} = 0,99$$

Принимаем $K_{Ш} = 1$ конвейер.

2. Пропускную способность конвейера рассчитываем по формуле (3.57):

$$q_{Ц} = 3,6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \frac{0,25}{0,75} = 2,4 \text{ т/ч}$$

Задача 3.19. Подвесной транспортный конвейер подает ежемесячно для механообработки 432 заготовки. Масса одной заготовки (средняя) - 5 кг. Конвейер движется со скоростью 3 м/мин. Длина рабочей ветви конвейера - 78 м. На каждый грузовой крюк навешивают по две заготовки. Режим работы - односменный. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Коэффициент использования фонда времени работы конвейера - 0,9. Определить число грузовых крюков конвейера, его шаг и часовую производительность.

Решение

1. Число грузовых крюков на конвейере определяем по формуле (3.52):

$$A_k = \frac{432 \cdot 78}{2 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 9 \cdot 60} = 13 \text{ крюков}$$

2. Такт поточной линии рассчитываем по формуле (3.4):

$$r = \frac{F_{\text{эсм}}}{N_{\text{см}}} = \frac{8 \cdot 60 \cdot 0,9}{432} = 1 \text{ мин/шт.}$$

3. Ритм поточной линии определяем по формуле (3.5):

$$R = r \cdot p = 1 \cdot 2 = 2 \text{ мин/партию.}$$

4. Шаг конвейера определяем исходя из формулы (3.15):

$$l_0 = VR = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м.}$$

5. Пропускную способность конвейера рассчитываем по формуле

$$q_u = Q_{\text{шт}} p \frac{60V}{l_0} = 5 \cdot 2 \frac{60 \cdot 3}{6} = 300 \text{ кг/ч}$$

или

$$q_u = \frac{1 \cdot 60}{r} p = 60 \cdot 5 = 300 \text{ шт/ч}$$

Задания для решения

Задание 3.20. Суточный выпуск деталей на механическом участке составляет 80 шт. Каждая деталь транспортируется электромостовым краном на расстояние 75 м. Скорость движения крана -40 м/мин. На каждую деталь массой 30 кг при ее погрузке и разгрузке производится по 4 операции, каждая длительностью по 3 мин. Режим работы участка - двухсменный. Продолжительность рабочей смены -8 ч. Время, затрачиваемое на плановые ремонты, составляет 15%. Определить время, затрачиваемое на один рейс крана, число электрокранов и их часовую производительность.

Задание 3.21. 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. Число рабочих дней в месяце -21. Определить необходимое количество автокаров, число ежедневных рейсов и часовую производительность автокара.

Задание 3.22. Сменный грузооборот механического и термического цехов составляет 10 т. Маршрут движения электрокаров между цехами - маятниковый двусторонний. Расстояние между цехами - 600 м. Номинальная грузоподъемность электрокара -1т, скорость его движения- 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 число электрокаров, коэффициент их загрузки и число рейсов каждого электрокара за смену.

Задание 3.23. Центральный инструментальный склад завода каждые два дня снабжает инструментом шесть цехов завода. Завоз инструментов суммарной массой 2 т производится на электрокарах, грузоподъемность каждого из которых - 1 т. Маршрут движения - кольцевой с затухающим грузопотоком протяженностью 1500 м. Скорость движения электрокаров - 50 м/мин. На сортировку и погрузку инструмента в инструментальном складе требуется 30 мин, на разгрузку же в каждом цехе затрачивается (в среднем) 6 мин. Коэффициент использования номинальной грузоподъемности электрокара - 0,7; коэффициент использования фонда времени работы электрокаров - 0,85. Режим работы склада - односменный. Определить необходимое число электрокаров, число рейсов и коэффициент загрузки электрокаров.

Задание 3.24. 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 - 20 т. Скорость движения электрокара - 50 м/мин. Время погрузки в каждом цехе (в среднем) составляет 8 мин, а время разгрузки в сборочном цехе - 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 число электрокаров, коэффициент их загрузки, число ежесуточных рейсов, производительность одного рейса.

Задание 3.25. Сборка изделия А производится на напольных конвейерах. Пропускная способность конвейера - 16 т/сут. при работе в две смены с двумя регламентированными перерывами по 10 мин. в каждую смену. Средняя масса изделия - 6 кг. Скорость движения конвейера - 0,3 м/с. Шаг

конвейера - 1 м. Определить необходимое число конвейеров и коэффициент их загрузки, часовую пропускную способность конвейера.

Задание 3.26. Формовочная смесь в литейном цехе подается конвейером, движущимся со скоростью 0,25 м/с. Суточный объем подаваемой смеси составляет 65 т. Средняя плотность смеси - 1,4 т/м³. Ширина ленты конвейера - 35 см. Высота нагружаемой смеси - 10 см. Режим работы конвейера - односменный, продолжительность смены - 7 ч. Коэффициент использования фонда времени - 0,85. Определить необходимое число конвейеров и коэффициент их загрузки.

Организация складского хозяйства

В этом параграфе приведены задачи по расчету площадей складских помещений и других технико-экономических показателей.

Методические указания

Общая площадь склада S (м²) определяется по формуле

$$S = S_{\text{ПОЛ}} : K_{\text{ИСП}} \quad (3.58)$$

где $S_{\text{ПОЛ}}$ - полезная площадь склада, непосредственно занятая хранимыми материалами, м²;

$K_{\text{ИСП}}$ - 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 следующим формулам:

при напольном хранении в штабелях

$$S_{\text{ПОЛ}} = Z_{\text{МАХ}} : q_g ; \quad (3.59)$$

при хранении в стеллажах

$$S_{\text{ПОЛ}} = S_{\text{СТ}} n_{\text{СТ}} , \quad (3.60)$$

где $Z_{\text{МАХ}}$ - величина максимального складского запаса материалов, определяемого по формуле (3.39);

q_g - допустимая масса груза на 1 м² площади пола (согласно справочным данным), т (кг);

$S_{\text{СТ}}$ - площадь, занимаемая одним стеллажом, м²;

$n_{\text{СТ}}$ - расчетное количество стеллажей, определяемое по выражению

$$n_{\text{СТ.Р}} = \frac{Z_{\text{МАХ}}}{V_0 k_{\text{ЗП}} q_y} \quad (3.61)$$

$$V_0 = abh \quad (3.62)$$

где V_0 - объем стеллажа, м³ (см³);

$k_{\text{ЗП}}$ - коэффициент заполнения объема стеллажа;

q_y - плотность хранимого материала, т/м³ (г/см³);

ab и h - соответственно длина, ширина и высота стеллажа, м.

Принятое количество стеллажей устанавливается после проверки соответствия их числа допустимой нагрузке по формуле

$$n_{\text{СТ.ПР.}} = \frac{Z_{\text{МАХ}}}{S_{\text{СТ}} q_g} \quad (3.63)$$

Типовые задачи с решениями

Задача 3.27. Токарные резцы хранятся на инструментальном складе в клеточных стеллажах. Размеры двустороннего стеллажа 1,2 x 4 м, высота - 2 м. Годовой расход резцов достигает $N = 100$ тыс. шт. Средние размеры токарного резца 30 x 30 мм длиной 250 мм при плотности стали 8 г/см³. Инструмент поступает ежеквартально партиями со специализированного завода. Страховой запас установлен 20 дней. Коэффициент заполнения стеллажей по объему - 0,3. Вспомогательная площадь составляет 50% общей площади склада. Склад работает 250 дней в году. Допустимая масса груза на 1 м² площади пола - 2 т. Определить необходимую складскую площадь для хранения токарных резцов.

Решение

1. Среднюю массу одного резца рассчитываем по формуле

$$Q_{\text{шт}} = \frac{a'b'h'q_y}{1000 \cdot 1000} = \frac{30 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 8}{1000 \cdot 1000} = 1.8 \text{ кг}$$

где $a'b'$ - средние торцевые размеры резца, мм;

h' - средняя длина резца, мм;

q_y - плотность стали, из которой изготовлены токарные резцы, г/см³.

2. Общую массу токарных резцов в объеме их годового расхода определяем по формуле

$$Q_G = Q_{шт} N = 1,8:100000 = 180000 \text{ кг.}$$

3. Среднесуточную потребность в токарных резцах определяем по формуле

$$Q_C = Q_G : D_p = 180000:250=720\text{кг,}$$

где D_p - число рабочих дней в году.

4. Объем квартальных поставок токарных резцов составляет

$$Q_{KB} = Q_G : 4 = 180000 : 4 = 45000 \text{ кг.}$$

5. Максимальный запас токарных резцов на складе определяем по формуле (3.39):

$$Z_{MAX} = Q_{KB} + Q_C T_C = 45000 + 720 \cdot 20 = 59400 \text{ кг.}$$

6. Объем стеллажа рассчитываем по формуле (5.62):

$$V_0 = 1,2 \cdot 4 \cdot 2 = 9,6 \text{ м}^3.$$

7. Необходимое число стеллажей для хранения максимального запаса резцов определяем по формуле (3.61):

$$n_{ст.р} \approx \frac{59400}{9,6 \cdot 0,38 \cdot 1000} = 2,6$$

Принимаем $n_{ст.р} = 3$ стеллажа.

8. Полезную площадь, занимаемую стеллажами, определяем по формуле (3.60):

$$S_{пол} = 1,2 \cdot 4 \cdot 3 = 14,4 \text{ м}^2.$$

9. Проверку соответствия принятого числа стеллажей допустимой нагрузке осуществляем по формуле (3.63):

$$n_{ст.р} \approx \frac{59400}{1,2 \cdot 4 \cdot 2000} = 6 \text{ стеллажей}$$

Проверка соответствия принятого числа стеллажей расчетному показывает, что для хранения такого объема материальных ценностей необходимо иметь 6 стеллажей, следовательно, $S_{пол} = 28,8 \text{ м}^2$.

10. Общую площадь склада, необходимую для хранения токарных резцов, определяем по формуле (3.58):

$$S = \frac{1,2 \cdot 4 \cdot 6}{0,5} = 57,6 \text{ м}^2$$

Задача 3.28, Годовая программа выпуска изделия А составляет 50 тыс. 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). Допустимая масса груза на 1 м² площади пола - 2 т. Определить общую площадь склада, если коэффициент ее использования составляет 0,65.

Решение

1. Годовую потребность в меди рассчитываем по формуле

$$Q_G = Q_{шт} N = 0,8 \cdot 50\ 000 = 40\ 000 \text{ кг.}$$

2. Среднесуточную потребность предприятия в меди определяем по формуле:

$$Q_C = \frac{Q_G}{D_p} = 40000:255 = 156,9 \text{ кг.}$$

3. Объем квартальных поставок меди составляет

$$Q_{KB} = Q_G : 4 = 40000:4 = 10000 \text{ кг.}$$

4. Максимальный запас меди на складе определяем по формуле (3.39):

$$Z_{MAX} = 10000 + 156,9 \cdot 20 = 13138 \text{ кг.}$$

5. Полезную площадь склада рассчитываем по формуле (3.59):

$$S_{пол} = 13\ 138 : 2000 = 6,57 \text{ м}^2.$$

6. Общую площадь склада определяем по формуле (3.58):

$$S = 6,57 : 0,65 = 10,1 \text{ м}^2.$$

Задачи для решения

Задача 3.29. Завод потребляет в год 60 т листового свинца (плотность $11,4 \text{ кг/дм}^3$), который поступает на завод через каждые 2 мес. Гарантийный запас свинца - 20 дней. Склад работает 255 дней в году. Листы свинца хранятся на полочных стеллажах размером $1,8 \times 1,5$ м и высотой 2 м. Коэффициент заполнения стеллажей по объему - 0,5. Допустимая масса груза на 1 м^2 площади пола - 2 т. Определить необходимую общую площадь склада, если коэффициент ее использования равен 0,7.

Задача 3.30. Годовой расход черных металлов на заводе составляет 500 т. Металл поступает периодически в течение года шесть раз. Страховой запас - 15 дней. Склад работает 260 дней в году. Хранение металла на складе - напольное. Допустимая масса груза на 1 м^2 площади пола - 2 т. Определить необходимую общую площадь склада, если коэффициент ее использования равен 0,7.

Задача 3.31. В центральном инструментальном складе строгальные резцы хранятся на клеточных двусторонних стеллажах размером $1,2 \times 4$ и высотой 1,8 м. Средние размеры резца - 35×35 мм, длина - 300 мм. Плотность материала резца - $7,8 \text{ г/см}^3$. Годовой расход резцов принят 50 тыс. шт. Инструментальный склад снабжается резцами ежеквартально. Гарантийный запас инструмента составляет 15 дней. Коэффициент заполнения стеллажей по объему - 0,4. Склад работает 260 дней в году. Допустимая масса груза на 1 м^2 площади пола - 1,8 т. Определить необходимую площадь для хранения строгальных резцов, если вспомогательные площади составляют 40% общей площади.

Задача 3.32. Годовой расход листовой стали на заводе составляет 380 т. Сталь поступает на завод ежеквартально партиями и хранится на центральном складе. Страховой (резервный) запас предусмотрен в размере 15-дневной потребности. Стальные листы (плотность $7,8 \text{ кг/дм}^3$) хранятся на полочных стеллажах размером $1,8 \times 1,5$ м, высотой 2 м. Объем стеллажей используется на 65%. Определить расчетное и принятое количество стеллажей, если склад работает 260 дней в году, а допускаяемая нагрузка на 1 м^2 пола составляет 2 т.

ТЕМА 4. САПР и АСТПП - основа СОНТ

В этой теме приведена задача, в которой рассматривается использование альтернативных вариантов проектирования новой техники - традиционное ручное проектирование и автоматизированное проектирование, основанное на использовании электронно-вычислительной техники и экономико-математических методов.

При автоматизированном проектировании новой техники можно получить более высокие показатели, чем при традиционном ручном методе. САПР и АСТПП, как правило, обеспечивают: сокращение сроков проектирования и снижение стоимости разработки; выбор вариантов проектных решений; создание новой конструкции, оптимально учитывающей предъявляемые к ней требования; повышение качества конструкторской и технологической документации; использование более точных расчетов, что сводит к минимуму подстрочные операции и внесение корректировок в конструкторскую и технологическую документацию; значительное расширение класса принципиально осуществимых по сложности проектов; получение необходимой информации для автоматизации изготовления изделий (использование станков с ЧПУ и ГПС); снижение, а в некоторых случаях и полное исключение из процессов проектирования трудоемких и рутинных операций; замену физических макетов исследованиями математических моделей на ЭВМ. Методические указания приводятся по ходу решения задачи.

Задача с решением

Задача 4.1. Перед проектной организацией поставлена задача: спроектировать новое изделие А. Проектные работы можно осуществить традиционными методами, т.е. вручную, или с применением САПР. Необходимо определить экономически выгодный вариант проектирования и производства нового изделия А при исходных данных, приведенных в табл. 4.1 - 4.3.

Таблица 4.1

Исходные и нормативные данные для расчета

Показатели	Условное обозначение	Базовый вариант	Новый вариант
Среднегодовой фонд рабочего времени, ч	F_{Σ}	1815	1815
Годовой расход потребляемого материала, кг:			
углеродистой стали	$M_{У}$	1680	2016
нержавеющей стали	$M_{Н}$	700	840
Коэффициент, учитывающий экономию металла	K_m	-	0,5
Стоимость 1 кг потребляемого металла, тыс. руб.:			
углеродистой стали	$C_{У}$	100	100
нержавеющей стали	$C_{Н}$	1000	1000
Стоимость 1м ² служебно-бытовых помещений, тыс. руб.	$C_{сл}$	100	100
Средняя площадь служебно-бытовых помещений, приходящихся на одного работающего, м ²	$S_{сл}$	7	7
Средняя стоимость оснащения одного рабочего места проектировщика и рабочего, тыс. руб.	$C_{р.м.}$	7	7
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_H	0,5	0,5
Стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.	C_{Σ}	280	280
Среднегодовая основная заработная плата разработчика технической документации, тыс. руб.	$P_{з.о.}$	5000	5000
Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату	$H_{д.з.}$	0,4	0,4
Коэффициент, учитывающий отчисления:			
в фонд социальной защиты населения РБ	$H_{с.з.}$	0,35	0,35
чрезвычайного налога для ликвидации последствий аварии наЧАЭС	$H_{АЭС}$	0,12	0,12
на содержание детских дошкольных учреждений	$H_{д.д.у}$	0,05	0,05
в фонд занятости населения РБ	$H_{зан}$	0,01	0,01

Предпроизводственные затраты, тыс. руб. <i>Продолжение таблицы 4.1</i>	$K_{ПР}$	-	20000
Машинное время для решения задач САПР и АСТПП, ч/год	$F_{\text{маш}}$	-	640
Годовой эффективный фонд времени работы ЭВМ и других ТС, ч	$F_{\text{Э.о}}$	-	5445
Численность работников, обслуживающих ТС, САПР и АСТПП, чел.	$Ч_{РАБ}$	-	23
Коэффициент использования электродвигателя:			
по времени	$K_{ЭВ}$	-	0,6
по мощности	$K_{ЭМ}$	-	0,4
Коэффициент загрузки оборудования	$K_{З.О.}$	-	0,9
Потери электроэнергии в сети	δ	-	1,05
Коэффициент полезного действия оборудования	η	-	0,75
Годовые затраты на ремонт и содержание одного ЧПУ, тыс. руб.	$Z_{\text{ЧПУ}}$	-	1793
Число установленных ЧПУ, шт.	$K_{\text{ЧПУ}}$	-	1
Норматив затрат на единицу ремонтной сложности, тыс. руб.:			
механической части	H_M	-	28,09
электрической части	$H_{\text{Э}}$	-	7,05
Установленное число единиц ремонтной сложности, р.е.:			
механической части	R_M	-	29,1
электрической части	$R_{\text{Э}}$	-	37,5
Коэффициент, учитывающий класс точности технических средств	M	-	1,1
Норматив отчислений на амортизацию и содержание 1 м ² площади, тыс. руб.	$P_{\text{ПЛ}}$	-	50
Площадь, занимаемая техническими средствами, м ²	$S_{\text{Т.С.}}$	-	6
Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь	$K_{\text{д.пл}}$	-	1,3
Количество технических средств, шт.	$K_{\text{ОБ}}$	-	40
Капитальные вложения в программы управления, тыс. руб.	$K_{\text{ПЦ}}$	-	4800
Коэффициент, учитывающий корректировку программы	$K_{\text{КП}}$	-	1,1
Продолжительность выпуска программы, лет	Z	-	5
Численность конструкторско-технологических работников, чел	$Ч_P$	163	30
Цена единицы продукции, тыс. руб.	$Ц_{nj}$	150	150
Себестоимость единицы продукции, тыс. руб., по годам:			
1995	C_{nj}	105	100
1996	C_{nj}	100	95
1997	C_{nj}	90	90
1998	C_{nj}	85	85
1999	C_{nj}	80	80
Годовой объем выпуска продукции, шт. Коэффициент приведения денежной единицы к расчетному году:	N_i	30000	30000
1995	L_t	1,1	1,1
1996	L_t	0,9	0,9
1997	L_t	0,82	0,82
1998	L_t	0,75	0,75
1999	L_t	0,68	0,68

Примечание. Средняя площадь служебно-бытовых помещений и стоимость ее, средняя стоимость оснащения одного рабочего места и коэффициент эффективности капитальных вложений принимаются по нормативам, стоимость 1 кВт ч электроэнергии - по прейскуранту, а остальные показатели - по данным предприятия.

Таблица 4.2

Нормативные и исходные данные

Содержание работы По САПР и АСТПП	Плановый объем, шт.	Трудоемкость, нормо-ч			
		Базовый вариант		Проектируемый вариант	
		Норма ручной выработки	На плановый объем (гр. 2хгр. 3)	Норма автоматизированной выработки	На плановый объем (гр. 2хгр. 5)
Разработка техпроцессов	37513	1,8	37523	0,5	18775,65
Проектирование техоснастки:					
расчеты	14	0,8	11,2	0,3	4,2
чертежи	1414	1,6	2262	0,5	707
Разработка управляющих программ: для СПЧУ	2400	12,0	28500	1,0	2400
для участка типа "Кристалл"	2000	3,0	6000	1,0	2000
Расчеты раскройных карт	200	3,6	720	1,0	200
Расчет норм на материалы и трудовые ресурсы	21000	2,5	55000	0,5	10500
Инженерные расчеты	280	4,0	1120	2,0	560
Получение чертежей	9660	8,0	77280	0,5	4830
Разработка вспомогательной документации	17002	0,4	6800,8	0,2	13601,6
Итого	91483	-	$T_6=173217$	-	$T_{II}=53559$

Таблица 4.3

Расчетные и нормативные данные по затратам на технические средства

Оборудование САПР и АСТПП	Количество шт.	Цена за единицу оборудования, тыс. руб.	Стоимость оборудования тыс. руб. (гр. 2хгр. 3)	Монтажные и наладочные работы, транспортировка, тыс. руб. (по ценнику № 2)	Затраты на оборудование, тыс. руб. (гр.4+гр.5)	Потребляемая мощность (всего), кВт (паспортные данные)
1	2	3	4	5	6	7
ЭВМЕС-1046АРМ	1	3000	3000	460	3460	42
СМ-1700-07	1	1000	1000	170	1170	10
СМ-1700-08	1	1000	1000	170	1170	10
"Автограф-В40"	4	100	400	170	570	20
ПЭВМЕС-1840	5	200	1000	30	1030	25
Периферийное оборудование:						
ПТД-ЗЕС8378М	1	400	400	240	640	1,5
модем 2400КМ устройства на микрофишах	10	100	1000	60	1060	0,2
ПФМ2-11	5	300	1500	10	1510	0,35
ПФМ1-20	6	300	1800	157	1957	7,7
модуль связи с модемом	2	200	400	20	420	-
Итого	40	-	-	-	12987	116,75

Решение

1. Расчет единовременных (капитальных) вложений в САПР и АСТПП. Единовременные (капитальные) вложения на разработку системы, а также на приобретение и наладку оборудования определяются по формуле

$$K_{II} = K_{IP} + K_{OB} t_{МАШ} : F_{Э.О.} \quad (4.1)$$

где K_{IP} - единовременные (предпроизводственные) затраты на НИР и ОКР, определяемые по смете затрат (см. табл. 4.1);

$K_{об}$ - капитальные вложения на приобретение, транспортировку и монтаж технических средств САПР и АСТПП (см. табл. 4.3).

$$K_{п} = 20000000 + 12987000 \cdot 640 : 5445 = 21526,5 \text{ тыс. руб.}$$

2. Расчет годовых эксплуатационных затрат на выполнение проектно-конструкторских и технологических работ.

Затраты на основную и дополнительную заработную плату работников по разработке проектно-конструкторской и технологической документации определяются по формуле

$$P_{з.п.} = P_{з.о.} (1 + H_{д.з.}) T_{п} : F_3 \quad (4.2)$$

где $P_{з.о.}$ - среднегодовая основная заработная плата работника проектно-конструкторской и технологической подготовки производства, руб.;

$H_{д.з.}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату разработчиков нового изделия;

$T_{п}$ - трудоемкость разработки годового объема проектно-конструкторской и технологической документации по проектируемому или базовому варианту, чел.-ч (см. табл. 4.2);

F_3 - годовой эффективный фонд времени работы одного работника, ч (см. табл. 4.1).

По базовому варианту

$$P_{з.п.}^{\text{б}} = 5000000(1+0,4) \cdot 173217 : 1815 = 477182 \text{ тыс. руб.}$$

По проектируемому варианту

$$P_{з.п.н.}^{\text{б}} = 5000000(1+0,4) \cdot 53559 : 1815 = 206563 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на основную и дополнительную заработную плату работников, обслуживающих ТС САПР и АСТПП, по проектируемому варианту рассчитываются по формуле

$$P_{з.п.р.}^{\text{п}} = P_{з.о.} (1 + H_{д.з.}) K_{РАБ} = 5000000 \cdot 1,4 \cdot 23 = 161000 \text{ тыс. руб.}$$

Общие затраты на основную и дополнительную заработную плату работников по проектируемому варианту составляют

$$P_{з.п.р.}^{\text{п}} = P_{з.п.н.}^{\text{п}} + P_{з.п.р.}^{\text{п}} = 206563000 + 161000000 = 367564 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления в фонд социальной защиты населения РБ рассчитываются по формуле

$$P_{с.з.} = P_{з.п.} H_{с.э.}$$

где $H_{с.э.}$ - коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социальной защиты населения РБ.

По базовому варианту

$$P_{с.з.}^{\text{б}} = 477181820 \cdot 0,35 = 167013 \text{ тыс. рублей}$$

По проектируемому варианту

$$P_{с.з.}^{\text{п}} = 367563000 \cdot 0,35 = 128647 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления на чрезвычайный налог для ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС составляют:

по базовому варианту

$$P_{ас}^{\text{б}} = P_{з.п.} H_{ас} = 477181820 \cdot 0,12 = 57262 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{ас}^{\text{п}} = 367563000 \cdot 0,12 = 44108 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления в фонд занятости населения РБ составляют: *

по базовому варианту

$$P_{зан}^{\text{б}} = P_{э.п.} H_{зан} = 477181820 \cdot 0,01 = 4772 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{зан}^{\text{п}} = 367563000 \cdot 0,01 = 3676 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления средств на содержание детских дошкольных учреждений составляют: по базовому варианту

$$P_{д.у.}^{\text{б}} = P_{з.п.} H_{д.д.у.} = 477181820 \cdot 0,05 = 23859 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{д.у.}^{\text{п}} = 367563000 \cdot 0,05 = 18378 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на использование листового материала определяются по формуле

$$P_{м} = K_{м} (M_{у} Ц_{у} + M_{н} Ц_{н}) \quad (4.3)$$

где $K_{м}$ - коэффициент, учитывающий экономию материала за счет использования оптимальных карт раскрыя;

M_V и M_H - годовой расход углеродистой и нержавеющей стали, кг;

C_V и C_H - оптовая цена углеродистой и нержавеющей стали, руб./кг.

По базовому варианту

$$P^6_M = 1(1680 \cdot 100000 + 700 \cdot 1000000) = 868000 \text{ тыс. руб.}$$

По проектируемому варианту

$$P^II_M = 0,5(2016 \cdot 100000 + 840 \cdot 1000000) = 520800 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на потребляемую силовую электроэнергию по проектируемому варианту рассчитываются по формуле

$$P^II_{\text{Э}} = W_V F_{\text{Э}} C_{\text{Э}} K_{\text{СМ}} K_{\text{ЭВ}} K_{\text{ЭМ}} K_{\text{Э.О.}} i / \tau = 116,75 \cdot 1815 \cdot 280 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 1,05 / 0,75 = 53826 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание ЧПУ по проектируемому варианту составляют

$$P^II_{\text{ЧПУ}} = Z_{\text{ЧПУ}} K_{\text{ЧПУ}} = 1793000 \cdot 1 = 1793 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание технических средств по проектируемому варианту составляют

$$P^II_P = (H_M R_M + H_{\text{Э}} R_{\text{Э}}) M = (28090 \cdot 29,1 + 7050 \cdot 37,5) \cdot 1,1 = 1190 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на амортизацию и содержание площадей, занимаемых техническими средствами, по проектируемому варианту определяются по формуле

$$P^II_{\text{С.П.}} = P_{\text{ПЛ}} S_{\text{Т.С.}} K_{\text{Д.ПЛ}} K^X_{\text{ОБ}} = 50000 \cdot 6 \cdot 1,3 \cdot 40 = 15600 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на амортизацию технических средств по проектируемому варианту составляют

$$P^II_{\text{а}} K_{\text{об}} H_{\text{а}} = 12987000 \cdot 0,14 = 1818 \text{ тыс. руб.},$$

где $H_{\text{а}}$ - норма амортизации ($H_{\text{а}} = 14\%$).

Затраты на подготовку и возобновление программ управления по проектируемому варианту составляют

$$P^II_{\text{П.У.}} = K_{\text{П.У.}} K_{\text{К.П.}} : Z = 4800000 \cdot 1,1 : 5 = 1056 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на амортизацию и содержание служебно-бытовых помещений проектной организации рассчитываются по формуле:

по проектируемому варианту

$$P^II_{\text{С.СП}} = P_{\text{ПЛ}} S_{\text{СЛ}} C_P = 50000 \cdot 7 \cdot 30 = 10500 \text{ тыс. руб.};$$

по базовому варианту

$$P^6_{\text{С.СП}} = 50000 \cdot 7 \cdot 163 = 57050 \text{ тыс. руб.}$$

Сумма эксплуатационных затрат по вариантам составляет: по базовому варианту

$$U_1 = 477182000 + 167013000 + 57262000 + 4772000 + 23859000 + 868000000 + 57050000 = 1655138 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$U_2 = 367564000 + 128647000 + 44108000 + 3676000 + 18378000 + 520800000 + 53826000 + 1793000 + 1190000 + 15600000 + 1818000 + 1056000 + 10500000 = 1168956 \text{ тыс. руб.}$$

3. Расчет экономического эффекта от использования САПР и АСТПП и производства продукции
Величина экономического эффекта за период проектирования нового изделия определяется по формуле

$$\text{Э} = \sum_{i_n}^{i_k} C_{ni} N_j L_i - \sum_{i_n}^{i_k} (U + C_{nj} N_j + K_n) L_i \quad (4.4)$$

где C_{ni} - цена единицы продукции j-го наименования, руб.;

N_j - годовой объем выпуска продукции, шт.;

L_i - коэффициент приведения денежной единицы к расчетному периоду;

U - сумма эксплуатационных затрат на выполнение проектно-конструкторских и технологических работ, руб.;

C_{nj} - себестоимость единицы продукции, руб.;

K_n - единовременные (капитальные) вложения на САПР и АСТПП, руб.

По базовому варианту величину Z рассчитываем по годам:

$$\text{Э}_{1995} = 150000 \cdot 30000 \cdot 1,1 - (1655138000 + 105000 \cdot 30000) 1,1 = -335652 \text{ тыс. руб.};$$

$$\text{Э}_{1996} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,9 - (1655138000 + 100000 \cdot 30000) 0,9 = -184624 \text{ тыс. руб.};$$

$$\text{Э}_{1997} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,82 - (1655138000 + 90000 \cdot 30000) 0,82 = +118787 \text{ тыс. руб.};$$

$$\text{Э}_{1998} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,75 - (1655138000 + 85000 \cdot 30000) 0,75 = +221146 \text{ тыс. руб.};$$

$$\text{Э}_{1999} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,68 - (1655138000 + 80000 \cdot 30000) 0,68 = +302506 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект за 5 лет составит

$$\mathcal{E}^{\sigma}_{II} = \sum_1^5 \mathcal{E} = 122163 \text{ тыс. руб.}$$

По проектируемому варианту величину \mathcal{E} также рассчитываем по годам:

$$\mathcal{E}_{1995} = 150000 \cdot 30000 \cdot 1,1 - (1168956000 + 100000 \cdot 30000 + 21526500)1,1 = +340469 \text{ тыс.руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1996} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,9 - (1168956000 + 95000 \cdot 30000 + 21526500)0,9 = +413566 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1997} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,82 - (1168956000 + 90000 \cdot 30000 + 21526500)0,82 = +499805 \text{ тыс.руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1998} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,75 - (1168956000 + 85000 \cdot 30000 + 21526500)0,75 = +569638 \text{ тыс.руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1999} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,68 - (1168956000 + 80000 \cdot 30000 + 21526500)0,68 = +618472 \text{ тыс.руб.}$$

Экономический эффект за 5 лет составит

$$\mathcal{E}^{\sigma}_{II} = \sum_1^5 \mathcal{E} = 2441950 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от внедрения проектируемого варианта составляет

$$\mathcal{E} = 2441950000 - 122163000 = 2319787 \text{ тыс. руб.}$$

ТЕМА 5. 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 положения.

В основу системы сетевого планирования и управления (СПУ) положена модель, описывающая объект управления в виде сетевого графика. Благодаря этому система и получила свое название - система сетевого планирования и управления.

I Сетевой график по сравнению с ленточным (все еще широко применяемым) имеет ряд преимуществ, в частности: на нем широко просматриваются взаимосвязи между работами. В график легко вводятся ранее не предусмотренные работы; на графике может быть легко выявлена технологическая последовательность работ, которая определяет конечные сроки всей разработки - критический путь. По сетевому графику можно определять резервы времени работ, не лежащих на критическом пути, что позволяет наиболее рационально перераспределять наличные людские, материальные и финансовые ресурсы; этот график дает возможность оптимизировать план предстоящих работ.

Сетевой график (сеть) представляет собой план работ по созданию сначала промежуточной продукции с определенной степенью готовности, а в конце - полному его завершению, т.е. достижению конечной цели.

Наиболее распространенный способ изображения плана работ - это сетевой график в терминах работ и событий.

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 (процессы старения металла, охлаждения деталей после термообработки и т.д.);
3. зависимость (фиктивная работа) - условный элемент, который вводится для отражения взаимосвязи между работами. Зависимость не требует ни затрат времени, ни ресурсов.

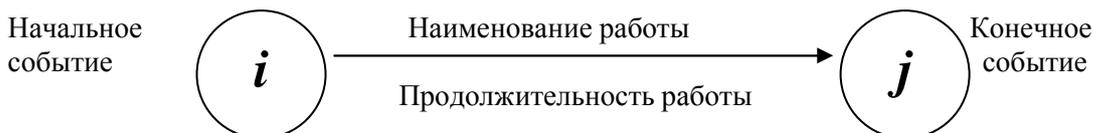
Действительная работа и ожидание изображаются в сети сплошными стрелками, а зависимость - пунктирными.

Термин "событие" обозначает 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:

график должен быть простым, без лишних пересечений;

стрелки (работы) должны быть направлены слева направо;
 между двумя событиями может быть изображена только одна работа (рис. 5.1)



4) для параллельно выполняемых работ вводятся дополнительное событие и зависимость (рис. 5.2)

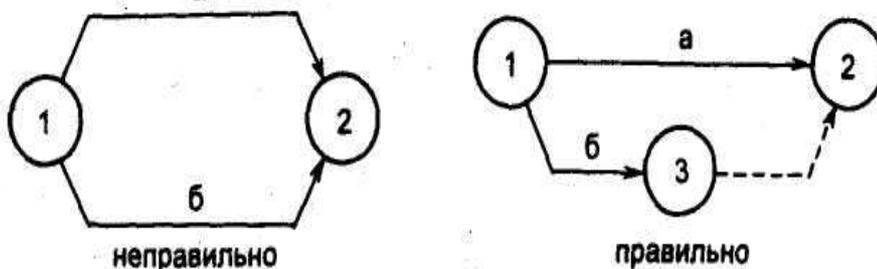


Рис. 7.2

5) в сетевом графике не должно быть тупиков, т.е. событий, из которых не выходит ни одной работы (за исключением завершающих событий) или в которые не входит ни одна работа (за исключением исходных событий), например на рис. 5.3 событие 4 является тупиковым, а в событие 2 не входит ни одна работа

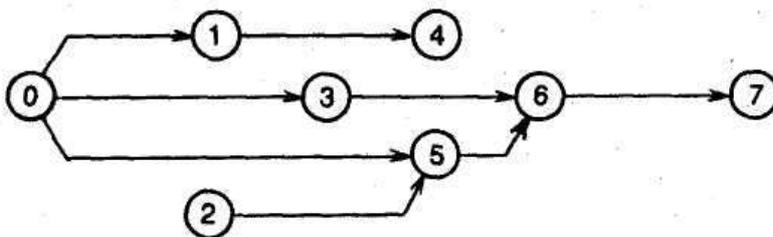


Рис. 7.3

6) в сетевом графике не должно быть замкнутых контуров (на рис. 5.4 работы 1-2, 2-3, 3-1 образуют замкнутый контур)

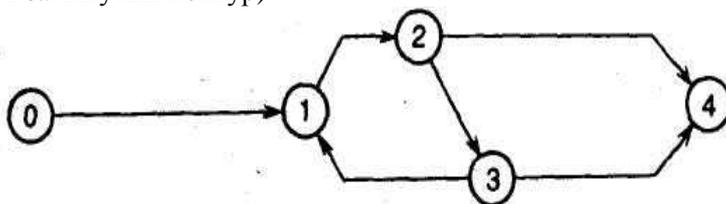


Рис. 7.4

7) в сетевом графике не должно быть событий, обозначенных одинаковыми кодами (на рис. 5.5 одинаково закодированы два события)

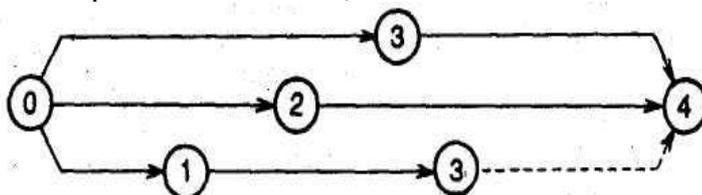


Рис. 7.5

8) сетевой график должен кодироваться так, чтобы стрелка (работа) выходила из события, закодированного меньшим числовым значением; и входила в событие с большим числовым значением.

Параметры сетевого графика рассчитываются одним из способов: аналитическим, табличным, методом расчета на самом графике, с применением ЭВМ и др.

Наиболее широко применяют метод расчета сетевого графика на самом графике и табличный метод. В них полностью используются формулы аналитического метода.

Методические указания по расчету и оптимизации параметров сетевого графика приводятся по ходу решения задач.

Задача с решением

Задача 5.1. Разработать план выполнения ОКР по созданию нового образца телевизора в виде сетевого графика на основе перечня работ и трудоемкости их выполнения, приведенных в табл. 5.1, гр. 1, 3-6.

Произвести расчет продолжительности каждой работы($i-j$) исходя из заданной трудоемкости и установленной численности (см. табл. 5.1, гр. 5 и 6); построить сетевой график на данный комплекс работ; закодировать построенный график; рассчитать параметры данного 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".

Таблица 5.1

Перечень работ для выполнения ОКР

п/п	Код работ	Работа	Номера предшествующих работ	Трудоемкость, чел.-недель	Численность 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	Блочное проектирование макета нового телевизора	3,4	20	4	5
8	5-7	Разработка и расчет конструкторской документации для изготовления макета	2,6,7	24	6	4
9	5-6	Проектирование технологии и специальной оснастки	2,6,7	20	4	5
10	6-7	Изготовление оснастки	9	30	6	5
11	2-7	Обработка данных расчета скелетной схемы и подготовка к макетированию	3	8	2	4
12	7-8	Изготовление макета нового телевизора	8, 10, 11	40	8	5
13	8-9	Испытание макета нового телевизора, изучение свойств и параметров, корректировка схем, расчетов, документации	12	15	5	3

Решение

1. Продолжительность выполнения каждой работы ($i-j$) определяется по формуле

$$t_{(i-j)} = \frac{T_{(i-j)}}{C_{(i-j)} K_B} \quad (5.1)$$

где $T_{(i-j)}$ - трудоемкость работы ($i-j$), чел.-недель;

$C_{(i-j)}$ - численность исполнителей работы ($i-j$) чел.;

K_B - коэффициент выполнения норм времени (принимается равным=1).

Подставив в формулу (7.1) соответствующие данные по первой работе из табл. 5.1, получим

$$t_{(0-1)} = \frac{9}{3 \cdot 1} = 3 \text{ недели}$$

Аналогично производим расчеты по всем остальным работам, а результаты заносим в гр. 7.табл. 5.1.

2. Построение сетевого графика осуществляется на основании данных, приведенных в гр. 1,3 и 4 табл. 5.1 и на рис. 5.6.

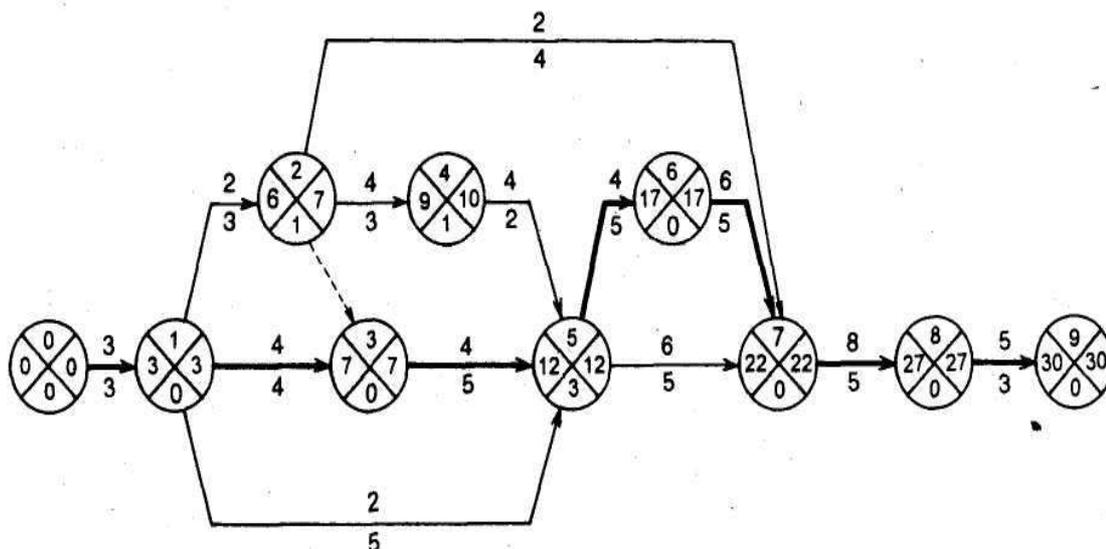


Рис. 7.6. Сетевой график на выполнение ОКР по созданию нового образца телевизора

3. Кодирование сетевого графика выполняется в соответствии с правилом № 8. Коды событий проставляются в возрастающем порядке от i до j (см. рис. 5.6), а также в гр. 2 табл. 5.1.

4. Расчет параметров сетевого графика.

Для пояснения методики расчета рассмотрим два метода:

1) расчет параметров сетевого графика на самом графике;

2) табличный метод расчета.

Первый метод предусматривает расчет следующих параметров:

ранних сроков свершения событий (t^P_i);

поздних сроков свершения событий (t^n_i),

резервов времени свершения событий (R_i).

Для расчета параметров сетевого графика по первому методу все события (кружки) делятся на четыре сектора (см. рис. 5.6). В верхних секторах проставляют коды событий. В левые секторы в процессе расчета вписывают наиболее ранние сроки свершения событий (t^P_i), а в правые - наиболее поздние сроки свершения событий (t^n_i). В нижних секторах проставляют календарные даты или резервы событий (R_i).

Расчет наиболее ранних сроков свершения событий ведется слева направо, начиная с исходного события и заканчивая завершающим событием. Ранний срок свершения исходного события принимается равным нулю ($t^P_i = 0$). Ранний срок свершения j -го события определяется суммированием продолжительности работы ($t_{(i-j)}$), ведущей j -му событию, и раннего срока предшествующего ему i -го события [$t^P_j = t^P_i + t_{(i-j)}$]. Это при условии, если j -е событие входит одна работа (например, для события № 2 $t^P_2 = 3 + 3 = 6$), а если j -му событию предшествует несколько работ, то определяют ранние сроки выполнения каждой работы и из них выбирают максимальный по абсолютной величине и записывают в левом секторе события [$t^P_j = \max t^{P.O.}_{(i-j)}$].

Например, $t^{P.O.}_{(1-5)} = 3 + 5 = 8$; $t^{P.O.}_{(3-5)} = 7 + 5 = 12$; $t^{P.O.}_{(4-5)} = 9 + 2 = 11$. Из этих значений выбирают максимальное - 12 и вписывают в левый сектор события № 5. Аналогично расчет ведется до завершающего события.

Расчет наиболее поздних сроков свершения событий ведется справа налево, начиная с завершающего события и заканчивая исходным. Поздний срок свершения завершающего события принимается равным раннему сроку этого события ($t^n_j = t^P_j$). Например $t^n_9 = t^P_9 = 30$. Это значение записывают в правый сектор события.

Наиболее поздний срок свершения i -го события определяется как разность между сроком последующего j -го события, записанным в правом секторе, и продолжительностью работы, ведущей из i -го события к j -му событию, т.е. $t^n_i = t^n_j - t_{(i-j)}$. Это значение вписывают в правый сектор i -го события, если из этого события выходит одна работа, а если из i -го события выходит несколько работ,

то выбирают минимальное значение и записывают в правый сектор i -го события, это и будет поздним сроком свершения i -го события.

Например, из события № 2 выходят три работы с поздними сроками свершения событий: $t^{P.H.}_{(2-7)} = 22 - 4 = 18$; $t^{P.H.}_{(2-4)} = 10 - 3 = 7$; $t^{P.H.}_{(2-3)} = 7 - 0 = 7$. Из трех значений выбирают минимальное, равное 7, и вписывают его в правый сектор события № 2. Аналогично расчет ведется до исходного события.

Расчет резервов времени на свершение событий

Резерв времени i -го события определяется непосредственно на сетевом графике вычитанием величины раннего срока свершения i -го события из величины позднего срока свершения i -го события ($R_i = t^n_i - t^P_i$).

Следует отметить, что все события, которые не имеют резервов времени, лежат на критическом пути, однако этого недостаточно, чтобы выделить работы, находящиеся на критическом пути. Например, несмотря на то, что у работы (5-7) ранние и поздние сроки свершения событий равны, она не лежит на критическом пути. Для выделения критических работ необходимо, чтобы $t^P_j - t^P_i = t_{(i-j)}$. Например, для работы (5-7): $22-12=10$, а $t_{(5-7)}=4$, следовательно, данная работа имеет резерв и потому не является критической. Критический путь проходит по работам (0-1), (1-3), (3-5), (5-6), (6-7), (7-8), (8-9).

Второй метод расчета параметров сетевого графика (табличный) предусматривает расчет следующих параметров:

наиболее ранних сроков начала $i-j$ работ ($t^{P.H.}_{(i-j)}$);

наиболее ранних сроков окончания $i-j$ работ ($t^{P.O.}_{(i-j)}$);

наиболее поздних сроков начала $i-j$ работ ($t^{П.H.}_{(i-j)}$);

наиболее поздних сроков окончания $i-j$ работ ($t^{П.O.}_{(i-j)}$);

общих резервов времени $i-j$ работ ($R_{(i-j)}$);

частных резервов времени первого $r'_{(i-j)}$ и второго $r''_{(i-j)}$ вида работы $i-j$.

Все указанные параметры сетевого графика определяются в табличной форме (табл. 5.2).

Таблица 7

2 Расчет параметров сетевого графика табличным методом

Код		$t_{(i-j)}$	$t^{P.H.}_{(i-j)}$	$t^{P.O.}_{(i-j)}$	$t^{П.H.}_{(i-j)}$	$t^{П.O.}_{(i-j)}$	$R_{(i-j)}$	$r_{(i-j)}$	$r'_{(i-j)}$
i	j								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	3	0	3	0	3	0	0	0
1	2	3	3	6	4	7	1	0	1
1	3	4	3	7	3	7	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 начинают с заполнения первых трех граф таблицы. В гр. 1 и 2 записывают коды событий, строго по их возрастанию, а в гр. 3 проставляют продолжительность выполнения работ. Далее рассчитывают наиболее ранние сроки начала и окончания работ (см. табл.5.2, гр. 4 и 5). Расчет ведется сверху вниз.

Для работ, опирающихся на исходное событие, наиболее раннее начало принимают равным нулю ($t^{P.H.}_{(i-j)} = 0$) и проставляют в гр. 4 табл. 5.2. Ранний срок окончания работ получается в результате

сложения $t^{P.H.}_{(i-j)}$ и $t_{(i-j)}$ в каждой строке [$t^{P.O.}_{(i-j)} = t^{P.H.}_{(i-j)} + t_{(i-j)}$]. Полученный результат записывают в гр. 5 табл. 7.2.

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 $t^{P.O.}_{(i-j)}$ из этой строки (гр. 5) переносят в гр. 4 $t^{P.H.}_{(i-j)}$ строки рассчитываемой работы.

Если начальному событию рассматриваемой работы предшествует несколько работ, то в качестве $t^{P.H.}_{(i-j)}$, выбирают наибольшее значение [$t^{P.H.}_{(i-j)} = \max t^{P.O.}_{(i-j)}$]. Например, $t^{P.H.}_{(5-6)} = 12$, так как работе (5-6) предшествуют три работы: (1-5), (3-5) и (4-5), из которых работа (3-5) имеет максимальное раннее окончание, равное 12, а работы (1-5) и (4-5) соответственно имеют $t^{P.O.}_{(i-j)}$, равное 8 и 11.

Расчет наиболее поздних сроков начала и окончания работ ведется снизу вверх в гр. 6 и 7 табл. 5.2.

Для завершающего события наиболее ранний срок свершения равен наиболее позднему сроку и равен продолжительности критического пути, т.е. $t^{P.O.}_{(j-k)} = t^{П.О.}_{(j-k)} = t_{KP}$

Для нашего случая $t^{P.O.}_{(8-9)} = t^{П.О.}_{(8-9)} = 30$. Это значение записывают в гр. 7 табл. 5.2. Позднее начало определяется как разность между $t^{П.О.}_{(i-j)}$ и ее продолжительностью, т.е. $t^{П.Н.}_{(i-j)} = t^{П.О.}_{(i-j)} - t_{(i-j)}$.

Позднее окончание для каждой работы $(i-j)$ определяется путем отыскания поздних начал работ - последующих за данной работой. Если за ней следует одна работа, то $t^{П.Н.}_{(i-j)}$ будет являться $t^{П.О.}_{(i-j)}$, для рассматриваемой работы и ее значение из гр. 6 переносят в гр. 7 табл. 7.2. Например, данная работа (5-7), за ней следует одна работа (7-8), у которой $t^{П.Н.}_{(7-8)} = 22$, следовательно, $t^{П.О.}_{(5-7)} = 22$. Если за данной работой следует несколько работ, то выбирают минимальное значение позднего их начала. Например, за работой (4-5) следуют две работы: (5-6) и (5-7), т.е. $t^{П.Н.}_{(5-6)} = 12$ и $t^{П.Н.}_{(5-7)} = 18$. Выбирают минимальное значение, равное 12, и переносят из гр. 6 в гр.7 для работы (4-5), т.е. $t^{П.О.}_{(4-5)} = 12$.

Полный (общий) резерв времени работы $(i-j)$ определяют как разность между наиболее поздним (гр. 7) и наиболее ранним (гр. 5) окончанием работы $(i-j)$ а результат записывают в гр. 8 табл. 5.2. Например, $R_{(1-5)} = t^{П.О.}_{(1-5)} - t^{P.O.}_{(1-5)} = 12 - 8 = 4$.

Расчет частных резервов времени работы $(i-j)$ ведется в табличной форме снизу вверх с использованием формул для определения частного резерва времени первого вида (результат записывают в гр. 10 табл. 7.2)

$$r'_{(i-j)} = t^{П.О.}_{(i-j)} - t^{П.О.}_{(h-j)} - t_{(i-j)}$$

Например, $r'_{(2-7)} = 22 - 7 - 4 = 11$.

Частный резерв времени второго вида рассчитывается по формуле (результат заносят в гр. 9 табл. 5.2)

$$r''_{(i-j)} = t^{P.H.}_{(j-k)} - t^{P.O.}_{(i-j)}$$

Например, $r'' = 22 - 10 = 12$.

5. Оптимизация сетевого графика по параметру "время - ресурсы".

Эта оптимизация производится эвристическим методом. Сначала график оптимизируют по параметру "время", а затем, если он удовлетворяет длительности критического пути, - по ресурсам (людским, материальным и др.). По параметру "время" существует несколько способов приведения графика в соответствие с заданными сроками, например, пересмотр топологии сети, сокращение продолжительности работ, лежащих на критическом пути, и др.

В нашем случае $t_{KP} = 30$ 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 наносят на календарную сетку (рис. 5.7, а), при этом работы изображаются стрелками в масштабе времени их свершения по наиболее ранним срокам, а резервы времени работ (частные резервы времени работ второго вида) изображают пунктирными линиями со стрелкой.

После построения графика в масштабе времени над стрелками (работами) проставляют числа исполнителей, которые затем суммируют по календарным периодам, и результаты сравнивают с располагаемой численностью. Под сетевым графиком строят график загрузки людских ресурсов по плановым периодам (рис.5.7, б). Если расчетные числа превышают располагаемую численность исполнителей в каком-либо периоде (в нашем случае располагаемая численность – 8 человек), то начало работ сдвигают на более ранние или более поздние сроки в пределах имеющихся резервов времени выполнения работ с таким расчетом, чтобы сумма людских ресурсов по календарным периодам не превышала наличную численность работников. В нашем случае имеются превышение численности в отдельные плановые периоды (см. рис. 5.7, б) и недогрузка исполнителей в отдельные недели.

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; время выполнения работы (5-7) увеличено с 4 до 6 недель с сокращением численности исполнителей; срок выполнения завершающей работы (8-9) сокращен с 3 до 2 недель с увеличением численности исполнителей.

Сетевой график и график загрузки людских ресурсов после оптимизации представлены на рис.5.8. Приоритет передвижения работ по оси времени отдавался работам с наибольшими резервами времени.

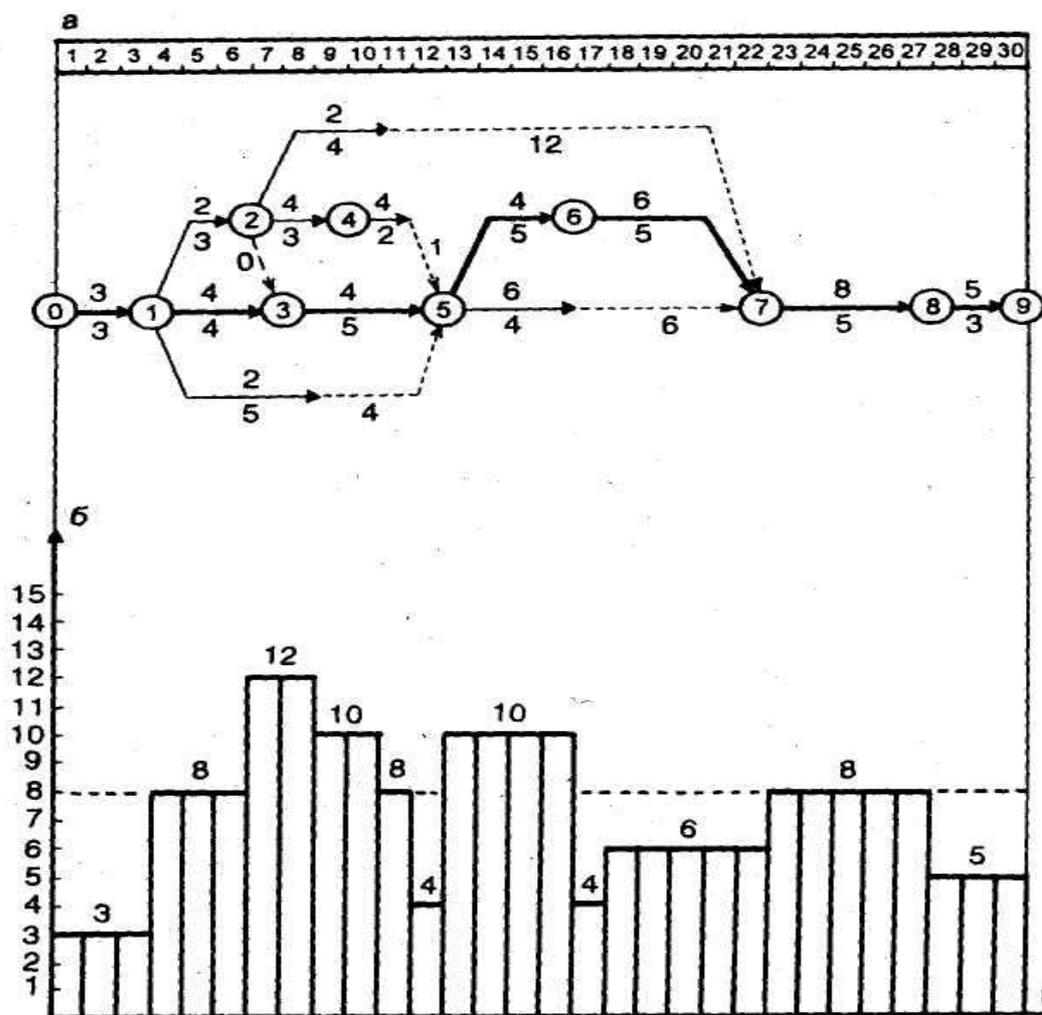


Рис. 7.7. Сетевой график и график движения людских ресурсов до оптимизации по параметру “время – ресурсы”

Задания для курсовых работ

Задание 5.2. Построить сетевой график по данным, приведенным в карточке-определителе (табл. 5.3), 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. Введено ограничение по числу конструкторов - 7 человек.

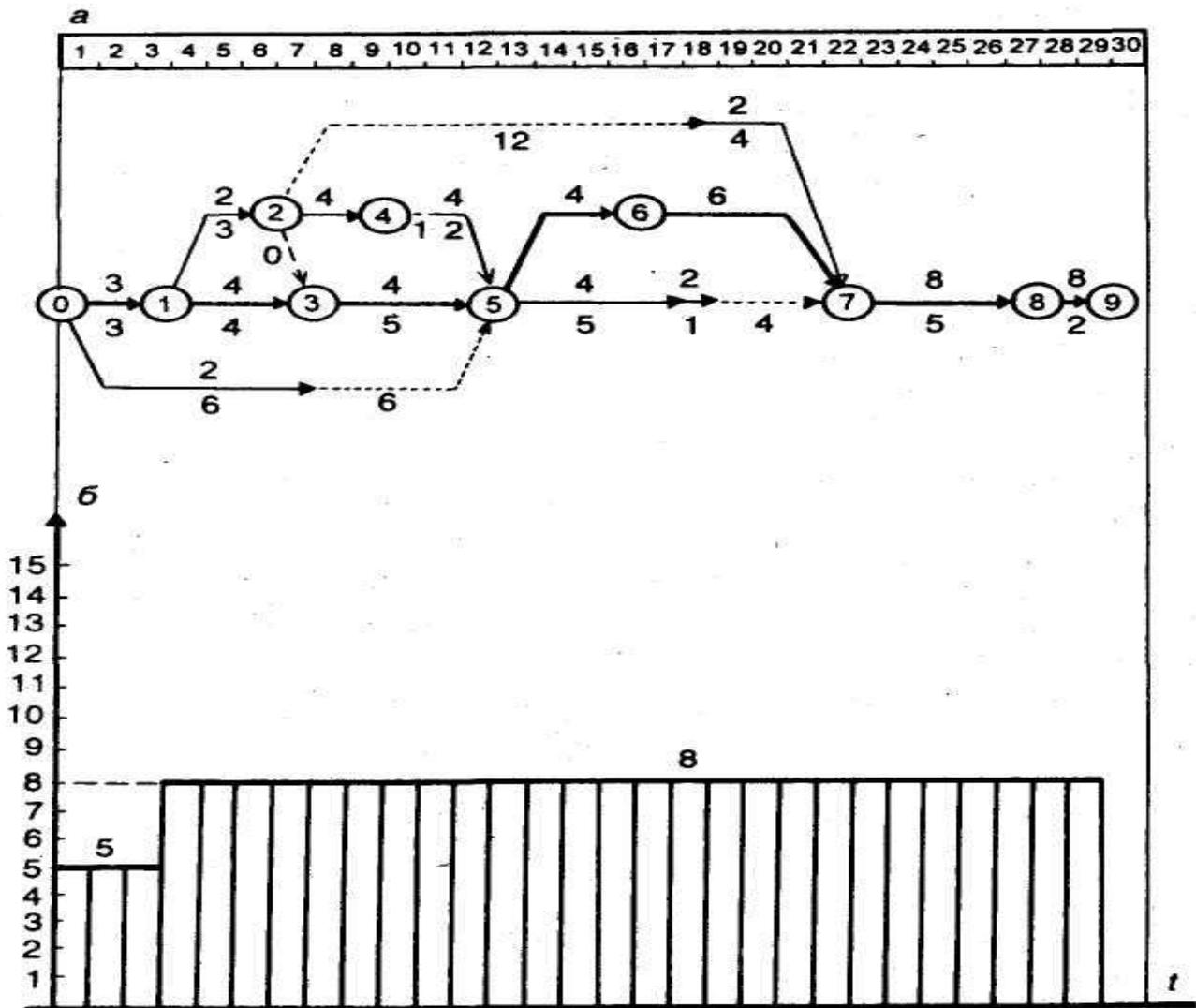


Рис. 7.8. Сетевой график движения людских ресурсов после оптимизации по параметру “время – ресурсы”

Таблица 5.3

Карточка - определитель работ

№ п/п	Код работ*	Работа	Номер работы, предшествующей данной работе	Продолжительность выполнения работы, недель	Численность исполнителей, чел.
1	0-1	Разработка ТЗ на РТМ	0	1,5	2
2	1-2	Доработка и уточнение ТЗ на РТМ	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

Продолжение таблицы 7.3

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

Задача 5.3. Построить сетевой график конструкторской подготовки производства нового изделия, выполняемой 12 конструкторами; рассчитать параметры сетевого графика; провести оптимизацию по параметру "время - ресурсы".

Исходные данные приведены в карточке - определителе работ и событий (табл.5.4).

Задача 5.4. Даны работы А, Б, В, Г и Д. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно, начиная из одного события. Выполнение работы Г можно начать после окончания работ А и Б, а работы Д - после окончания работ Б и В. Построить график.

Задача 5.5. Даны работы А, Б, В, Г и Д. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно. Выполнение работы Г может начаться после окончания работ А, Б и В, а работы Д - после окончания работ Б и В. Построить график.

Задача 5.6. Даны работы А, Б, В, Г, Д и Е. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно. Выполнение работ Г и Д может начаться после окончания работ А и Б, а работы Е - после окончания работ В и Г. Построить график.

Задача 5.7. Даны работы А, Б, В, Г, Д и Е. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно, начиная из одного события. Выполнение работы Г может начаться после окончания работ А и Б, работы Д - после окончания работы Б, а работы Е - после окончания работ Б и В. Построить график.

Таблица 5.4

Определитель работ и событий

Код работ		Работа	$t_{ож}$ недель	Численность исполнителей	Код события	Событие
<i>i</i>	<i>j</i>					
0	1	Разработка технического задания Составление спецификации на изделие	2	53	0	Задание на разработку технического задания
0	2		1			
11	2	Размещение заказа на покупку комплектующих изделий Разработка ТПР	2	5	1	Техническое задание разработано
	3		6	12		
2	7	Приемка комплектующих изделий	1	3	2	Заказы на приемку комплектующих изделий приняты
3	4	Отливка заготовок Штамповка заготовок	3	3	3	ТПР разработан
3	5		2	2		
4	6	Обработка деталей	4	5		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 6. ОПЕРАТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЕДИНИЧНОГО И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В условиях единичного и мелкосерийного производства, как правило, находит применение позаказная система оперативного планирования.

Номенклатура на таких предприятиях, как правило, велика, поэтому планирование и контроль за исполнением плановых показателей ведутся в укрупненных масштабах. Планово-

учетной единицей считается заказ, в большинстве случаев включающий одно изделие или небольшое их число.

За плано-учетный период принимается месяц, декада, неделя.

Основными календарно-плановыми нормативами являются: цикловые графики на заказы; длительность 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.

Плано-учетными документами являются позаказный цикловой график и задание на изготовление изделия. Методические указания по расчету календарно-плановых нормативов приводятся по ходу решения задач.

Задача с решением

Задача 6.1. Построить цикловой график и определить длительность производственного цикла по выполнению заказа на изготовление изделия А. 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 Д21 имеет цикл обработки 15 рабочих дней при двухсменной работе и подается на сборку узла № 1, а вторая ведущая деталь Д35 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 А - конец II квартала.

Исходные данные. Схема сборки изделия А приведена на рис. 6.1. Нормативная трудоемкость сборки узлов и общей сборки изделия А, а также численность рабочих, занятых выполнением каждой операции, приведены в табл. 6.1.

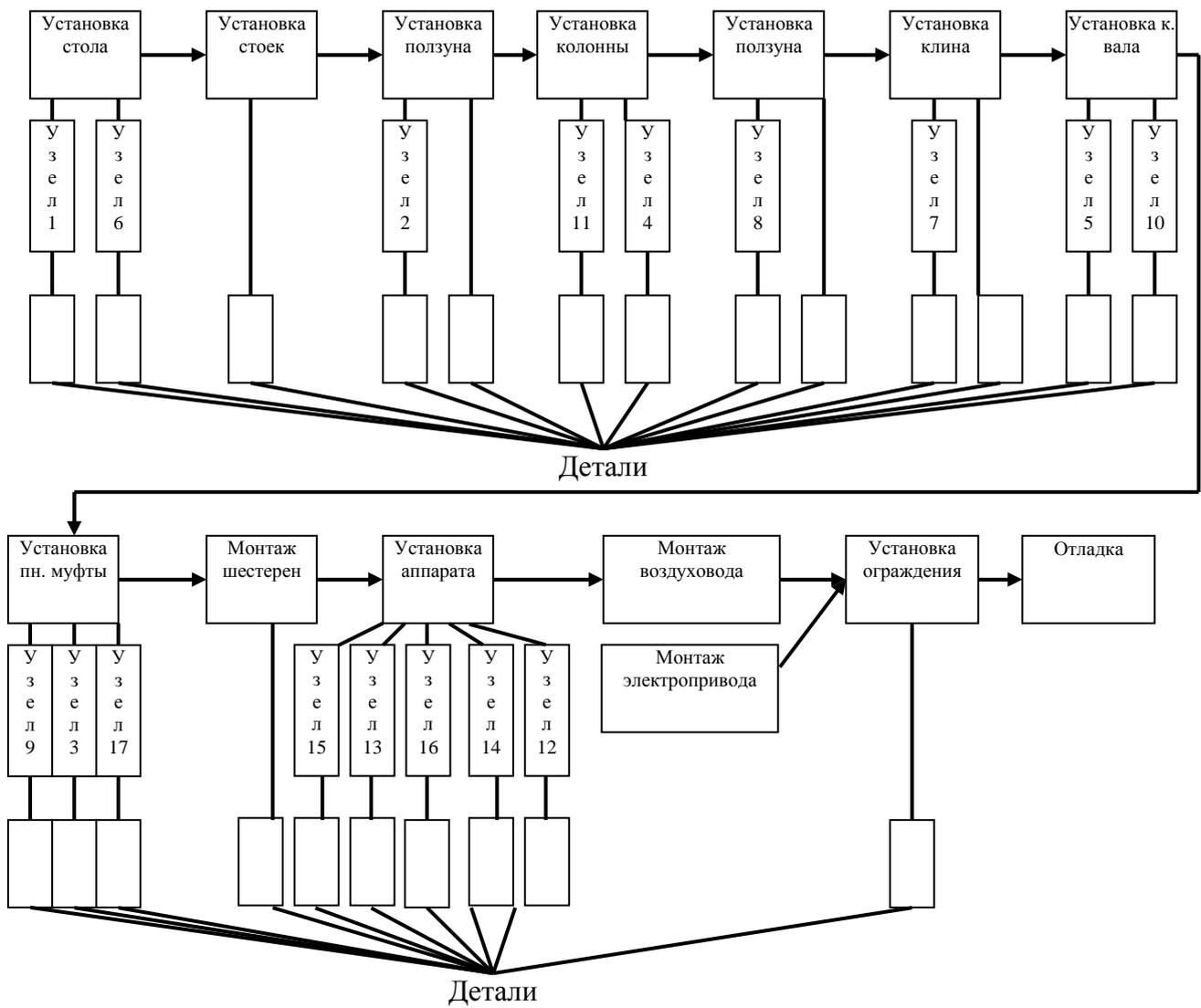


Рис. 6.1 Схема сборки изделия А

Решение

1. Продолжительность выполнения операции рассчитывается по формуле

$$t_{оп} = \frac{t_k}{\chi_{сб} K_B}$$

где t_k - трудоемкость выполняемой операции, нормо-ч;

$\chi_{сб}$ - количество рабочих, одновременно занятых выполнением операции, чел.;

K_B - коэффициент выполнения норм времени.

Например, для узла № 1

$$t_{on} = \frac{212}{2 \cdot 1,2} = 88 \text{ ч.}$$

Расчеты выполняем для всех операций, а результаты записываем в гр. 7 табл. 6.1.

2. Первоначальный вариант циклового графика сборки изделия А (рис.6.2) строим в порядке, обратном ходу технологического процесса, начиная с общей сборки справа налево и снизу вверх и соблюдая последовательность, установленную схемой сборки (см. рис. 6.1).

Таблица 6.1

Исходные данные по сборке изделия А

Операция	Номер операции	Трудоемкость выполнения операции, нормо-ч	Уровень выполнения норм времени, %	Число 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
То же	2	154,0	120	2	Установка ползуна	64
„	3	105,0	120	2	Установка пневматической муфты	44
„	4	19,2	120	1	Установка колонны	16
„	5	10,0	120	1	Установка коленчатого вала	8
„	6	38,4	120	2	Установка стола	16
„	7	72,0	120	2	Установка клиньев	30
„	8	23,0	120	1	Монтаж ползуна	19
„	9	7,7	120	1	Установка пневматической муфты	6
„	10	20,0	120	1	Установка коленчатого вала	17
„	11	25,0	120	1	Установка колонны	21
„	12	6,8	120	1	Установка аппаратуры	6
„	13	15,0	120	1	То же	13
„	14	5,0	120	1	„	4
„	15	7,7	120	1	„	6
„	16	5,0	120	1	„	4
„	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 ползуна	8
Монтаж шестерен ползуна	26	28,8	120	2	Установка аппаратуры	12

Продолжение таблицы 8.1

Установка аппаратуры	27	19,2	120	2	Монтаж воздухопровода	8
Монтаж воздухопровода	28	77,0	120	4	Установка ограждения	16
Монтаж электропривод»	29	308,0	120	2	Тоже	128
Установка ограждения	30	38,5	120	2	Отладка	16
Отладка	31	38,5	120	2	-	16
Механическая обработка детали Д ₂₁	1	-	-	1	Сборочный узел в цехе №1	240
Механическая обработка детали Д ₃₅	2	-	-	1	Сборочный узел №4	208
Другие детали	-	-	-	1	К узлам и блокам не приводятся	

После построения графика общей сборки откладываем на циклограмме продолжительность сборки узлов (гр. 7 табл. 6.1) таким образом, чтобы сборка узла заканчивалась к моменту начала соответствующей операции общей сборки (согласно рис. 6.1).

3. График загрузки рабочих-сборщиков строим в нижней части циклового графика в виде столбиковой диаграммы, показывающей, сколько рабочих занято в каждой смене.

Для его построения над каждой операцией (прямой) циклового графика указываем число рабочих, выполняющих данную операцию. Численность рабочих, занятых в данной смене, суммируем и изображаем в принятом масштабе на графике загрузки. Полученный график загрузки может показывать неравномерную занятость рабочих. Для выравнивания численности рабочих по сменам график корректируется путем переноса выполнения отдельных сборочных операций на более ранние сроки их начала так, чтобы общая продолжительность цикла изготовления изделия не менялась. Так, начало сборки узла №3 переносим с 10.06 на 23.05, начало сборки узла №5 - с 12.06 на 10.06, начало сборки узла №14 - с 19.06 на 18.06, начало сборки узла №15 - с 19.06 на 17.06, начало сборки узла №16 - с 19.06 на 17.06 и т.д. В результате получаем второй вариант циклограммы сборки. Исходя из этого циклового графика, корректируем график загрузки рабочих-сборщиков (см. график загрузки рабочих на рис. 6.2; по второму варианту численность выравнивается и не превышает 6 человек).

4. После построения циклового графика сборки изделия строим график обработки деталей и определяем время опережения запуска-выпуска по всем операциям производственного процесса. Расчет ведется в гр. 3-4 рис. 8.2.

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 (см. рис. 6.2).

Таблица 6.2

Исходные данные для расчета

№ заказа	Срок подачи деталей на сборку	Длительность производственного цикла ($T_{ц}$), мес.	Трудоемкость обработки деталей ($T_{ТР}$), ч, на станках		
			сверлильных	токарных	фрезерных
1021	I/III	2	1280	1240	560
1022	I/IV	1	960	1620	640
1023	15/III	1	80	180	60
1024	I/III	2	680	1960	748

Задание 6.3. 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. Исходные данные для расчета приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Производственная программа завода на III квартал

Изделие	Число изделий по программе, шт.	Срок выпуска	Длительность производственного цикла ($T_{ц}$), мес		Нормативная площадь, необходимая для сборки изделия, м ²
			сборки изделия	механической обработки (по ведущей детали)	
1	2	3	4	5	6
А	1	15/VII	1	0,5	12,5
Б	1	15/VII	1,5	1	14,5
В	1	30/VII	1	0,5	12
Г	1	30/VII	1,5	1	11,5
Д	1	15/VIII	1,5	1	8,5
Е	1	15/VIII	1	0,5	7,5
Ж	2	30/VIII	1,5	1,5	7
З	1	15/IX	1,5	1	13
И	1	15/IX	1	1	7
К	1	30/IX	1,5	1,5	10
Л	1	30/IX	2	1,5	14,5
М	1	15/X	1,5	1,5	12,5
Н	1	15/X	1	1,5	11
О	1	30/X	1,5	1,5	10
П	1	30/X	1	1,5	12
Р	1	15/XI	1,5	1	14
С	1	15/XI	1	1	7,5
Т	1	30/XI	1,5	2	14

Производственная площадь сборочного отделения - 60 м². Данные о площади, потребной для сборки каждого вида изделия, приведены в табл. 8.3. Режим работы механосборочного цеха - двухсменный, продолжительность смены - 8 ч.

Число станков по ведущим группам оборудования в механическом отделении: токарных - 7, револьверных - 2, расточных - 2, фрезерных - 4, строгальных - 3, зуборезных - 2, сверлильных - 3.

Суммарная трудоемкость механической обработки комплекта деталей каждого изделия по программе III квартала по группам оборудования приведена в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Суммарная трудоемкость механической обработки комплекта деталей каждого изделия

Изделие	Трудоемкость, нормо-ч, по группам оборудования						
	токарные	револьверные	расточные	фрезерные	строгальные	сверлильные	зуборезные
А	615	100	90	260	160	260	160
Б	520	150	135	390	200	300	210
В	630	50	227	490	114	140	40
Г	610	155	140	365	210	285	200
Д	910	105	95	255	180	235	155
Е	153	40	87	140	146	103	53
Ж	550	105	90	205	150	202	105
З	401	150	127	134	70	50	25
И	602	230	160	204	100	75	81
К	392	60	177	372	278	153	76
Л	805	225	210	495	315	415	310
М	735	225	205	615	687	450	255
Н	435	75	213	243	120	81	141
О	615	100	90	260	219	260	160
П	520	350	140	410	260	310	250
Р	610	155	140	365	410	285	200
С	910	105	95	394	180	235	155
Т	1210	305	600	605	320	485	310

ТЕМА 7. Оперативное планирование серийного производства

Краткие теоретические положения

В условиях серийного производства, как правило, применяется покомpleктная 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, групповой комплект, машино- 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 в основном в мелкосерийном и среднесерийном производствах. Групповой комплект формируется из деталей разных конструктивных узлов, но имеющих одинаковый или схожий технологический маршрут. При этом используются однотипные оборудование и оснастка, одинаковая периодичность запуска-выпуска или очередность подачи на сборку деталей. Система эффективно применяется в производстве с устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, как правило, при среднесерийном типе производства.

Машино-комплект формируется по каждому цеху из "заготовок или узлов изделия конкретного наименования, которые изготавливаются в данном цехе. Например, в машино-комплект по кузнечному цеху входят все детали штамповки для конкретного изделия. Система с такой планово-учетной единицей применяется практически при всех типах производства, кроме массового.

Разновидностью данной планово-учетной единицы является условный машино-комплект. Он включает детали, входящие во все изделия, предусмотренные производственной программой завода, в размере суточной потребности в них. За основу условного комплекта принимается изделие, имеющее наибольший удельный 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 детали всех наименований для всех изделий, подлежащих изготовлению в плановом периоде из расчета среднесуточной потребности в них.

Преимущество покомpleктной системы планирования перед другими 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 принимают неделю или сутки.

Основными календарно-плановыми нормативами являются:

- 1) размеры серии выпускаемых изделий;
- 2) размеры партии обрабатываемых деталей, сборки узлов;
- 3) периодичность (ритмичность) запуска-выпуска деталей, узлов;
- 4) длительность производственного цикла обработки партии деталей, сборки узлов;
- 5) время опережения запуска-выпуска партии деталей, узлов, изделий;
- 6) величина уровня заделов;
- 7) нормативные планы-графики (цикловые графики и стандарт-планы).

Планово-учетными документами являются цикловые графики и задания на установленный период времени. Методические указания по расчету календарно-плановых нормативов приводятся по ходу решения задач.

Задача с решением

Задача 7.1. Рассчитать минимальный размер партии деталей и периодичность запуска-выпуска этой партии в обработку. Определить оптимальный размер партии и потребное количество станков для обработки деталей "а", "б", "в", "г", "д", "е" изделия А, месячный выпуск которого в сборочном цехе составляет 1000 шт. Число рабочих дней в месяце - 20. Режим работы механо-обрабатывающего 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, если межоперационное пролеживание партий деталей составляет 1 смену. Рассчитать длительность операционного цикла, опережение запуска-выпуска партии деталей между смежными цехами и технологическое опережение между смежными операциями в механообрабатывающем цехе. Определить величину цикловых заделов в механообрабатывающем цехе и 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 А.

Состав операций технологического процесса обработки Деталей и нормы штучного времени приведены в табл. 7.1, а группировка комплекта деталей по однородности внутрицеховых технологических маршрутов и очередность их прохождения в цехе механической обработки деталей - в табл. 7.2.

Таблица 7.1

Состав операций и нормы штучного времени обработки деталей

Операция	Норма штучного времени детали (t), мин						Подготовительное-заключительное время (t _{пз}), мин	Допустимые потери времени на переналадку оборудования (a _{об}), %
	а	б	в	г	д	е		
Фрезерная	6	10	25	2	6	6	20	4
Сверлильная	10	3	6	2	4	4	20	4
Шлифовальная	4	2	6	3	2	2	20	4
Строгальная	-	4	10	-	2	2	20	4
Зуборезная	-	9	9	-	-	-	60	5
Токарная	-	-	-	8	4	2	20	4

Таблица 7.2

Группировка комплекта деталей МС-4М4 по однородности технологического маршрута прохождения по участку

Наименование деталей, имеющих одинаковый технологический маршрут	Маршрут обработки деталей по участку механической обработки деталей
а	C(2,6)-Φ(1,6)-Ш(1,1)
б	Φ(2,6)-C(0,8)-C _т (1,1)-З(2,5)-Ш(0,6)
в	Φ(6,6)-C(1,6)-C _т (2,6)-З(2,5)-Ш(1,6)
д	Φ(3,2)-C(2,1)-Т(2,1)-C _т (1,1)-Ш(1,1)
е	Φ(3,2)-C(2,1)-Т(1,1)-C _т (1,1)-Ш(1,1)
г	Т(4,2)-C(1,1)-Φ(1,1)-Ш(1,6)

Примечания: 1. Условные обозначения: Φ - фрезерный, C - сверлильный, Ш - шлифовальный, C_т - строгальный, З - зуборезный, Т - токарный станки. В скобках после расчета проставляется длительность обработки партии деталей в сменах.

Решение

1. Расчет минимального размера партии деталей. Для определения размера партии может быть использован метод постепенного подбора, согласно которому сначала определяют 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, когда для обработки деталей применяется оборудование, требующее значительного времени на переналадку. Применительно к нашей задаче этому требованию отвечает зуборезная операция, для выполнения которой требуется 60 мин подготовительно-заключительного времени. В данном случае для выполнения деталей "б" и "в" минимальный размер партии определяется по формуле

$$n_{\min} = \frac{t_{п.з.}}{ta_{об}} \quad (7.1)$$

где $t_{п.з.}$ - подготовительно-заключительное время, мин;

t - норма штучного времени (с учетом выполнения норм), мин;

$a_{об}$ - допустимые потери времени на переналадку оборудования, %.

Второй способ, когда для обработки деталей применяется оборудование, не требующее значительного времени на переналадку. Применительно к нашей задаче этому требованию отвечают все остальные операции технологического процесса, требующие 20 мин подготовительно-заключительного времени. В данном случае для деталей "а", "г", "д" и "е" минимальный размер партии рассчитывается по формуле

$$n_{\min} = t_{см} : t, \quad (7.2)$$

где $t_{см}$ - продолжительность смены, мин;

t - норма штучного времени (минимальная из всех выполняемых операций), мин.

Расчет минимального размера партии деталей ведем в табличной форме (для деталей "б" и "в" применяем первый способ, а для всех остальных - второй способ). Результаты расчета сводим в гр., 2 и 3 табл. 7.3.

2. Периодичность запуска-выпуска партии деталей определяется по формуле

$$R_{з.в.} = n_{\min} : N_{срд}, \quad (7.3)$$

где $N_{срд}$ - среднедневная потребность деталей, которую рассчитывают по формуле

$$N_{ср} = N_M : D_P, \quad (7.4)$$

где N_M - месячный выпуск изделий, шт.;

D_P - число рабочих дней в месяце.

Таблица 7.3

Расчет минимального размера партии деталей

Деталь	Расчетный минимальный размер партии деталей (n_{\min}), шт.		Кратность минимального размера партий деталей месячному заданию ($N_M : n_{\min}$)	Периодичность запуска деталей, раб. дней		Принятый размер партии деталей (n_H)
	1-й способ	2-й способ		расчетная ($R^P_{з.в.}$)	принятая ($R^P_{з.в.}$)	
1	2	3	4	5	6	7
а	-	480:4=120	1000:120=8,3	2,4	2,5	125
б	60:9·0,05=133	-	1000:133=7,5	2,66	2,5	125
в	60:9·0,05=133	-	1000:133=7,5	2,66	2,5	125
г	-	480:2=240	1000:240=4,2	4,8	5,0	250
д	-	480:2=240	1000:240=4,2	4,8	5,0	250
е	-	480:2=240	1000:240=4,2	4,8	5,0	250

Подставив в формулу (7.4) соответствующие данные, получим

$$N_{срд} = 1000:20=50 \text{ шт.}$$

Подставляем в формулу (7.3) соответствующие данные по детали "а" и получаем периодичность запуска-выпуска для этой детали

$$R^a_{з.в.} = 120:50=2,4 \text{ дня.}$$

Аналогично проводим расчет по всем деталям в табличной форме (см. табл. 7.3., гр. 5), а в гр. 6 проставляем удобно планируемые ритмы.

3. Оптимальный размер партии деталей определяется по формуле

$$n_H = R^a_{з.в.} \cdot N_{срд} \quad (7.5)$$

Для детали "а" оптимальный размер партии

$$n_H = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ шт.}$$

Аналогично ведем расчет по всем остальным деталям в табличной форме (см. табл. 7.3., гр. 7).

4. Определяем количество партий деталей в месяц по деталям "а", "б", "в"

$$n = N_m : n_H = 1000:125=8 \text{ партий;}$$

по деталям "г", "д", "е"

$$n=1000:250=4 \text{ партии.}$$

5. Потребное количество станков на месячную программу выпуска деталей рассчитывается по формуле

$$C_P = \frac{N_M \sum_{i=1}^m t_i + t_{П.З.} \cdot m}{60 F_{\text{Э}} K_B} \quad (7.6)$$

где m - число запусков партий деталей в производство;

$F_{\text{Э}}$ - месячный эффективный фонд времени работы одного станка определяется по формуле

$$F_{\text{Э}} = K_{CM} t_{CM} D_P \left(1 - \frac{a_{p.об}}{100}\right) = 2 \cdot 8 \cdot 20 \left(1 - \frac{6}{100}\right) = 301 \text{ ч}$$

Подставив в формулу (7.6) соответствующие значения по фрезерным станкам, получим

$$C^{\phi}_P = \frac{1000 \cdot (6 + 10 + 25 + 2 + 6 + 6) + 20 \cdot 6}{60 \cdot 301 \cdot 1} = 3,05$$

Принимаем 3 станка.

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам оборудования. Результаты этих расчетов сводим в табл. 7.4

Таблица 7.4

Расчет потребного количества станков и их загрузки

Оборудование (станки)	Штучное время по деталям (t), мин						t _{П.З.} мин	Число запусков в месяц	Количество станков		Коэффициент загрузки оборудования (K _з)
	а	б	в	г	д	е			C _р	C _{пр}	
Фрезерные	6	10	25	2	6	6	20	6	3,05	3	1,02
Сверлильные	10	3	6	2	4	4	20	6	1,61	2	0,80
Шлифовальные	4	2	6	3	2	2	20	6	1,06	1	1,02
Строгальные	-	4	10	-	2	2	20	4	1,00	1	1,00
Зуборезные	-	9	9	-	-	-	60	2	1,00	1	1,00
Токарные	-	-	-	8	4	2	20	3	0,77	1	0,77
Итого	20	28	56	15	18	16	-	-	8,49	9	0,94

6. Длительность производственного цикла обработки партии деталей определяется по формуле

$$T_{ци} = [n_i \sum_{i=1}^m t_i / C_{пр_i} + \sum_{i=1}^m t_{П.З.} + (m-1)t_{МО}] K_{ПАР}$$

где n_i - оптимальный размер партии деталей i -го наименования, шт.;

t_i - норма штучного времени обработки детали i -го наименования на соответствующей операции, мин;

$C_{пр_i}$ - принятое количество станков i -го наименования, шт.;

m - число операций по обработке деталей i -го наименования;

$t_{МО}$ - межоперационное пролеживание деталей, мин;

$K_{ПАР}$ - коэффициент параллельности (условно принимаем $K_{ПАР} = 0,6$).

Подставляя в формулу (7.7) соответствующие данные, получаем величины длительностей производственных циклов обработки партий деталей всех наименований:

$$T_{ц.а.} = [125 \cdot (\frac{6}{3} + \frac{10}{2} + \frac{4}{1}) + 3 \cdot 20 + (3-1) \cdot 480] \frac{0,6}{60} = [125 \cdot 11 + 3 \cdot 20 + 2 \cdot 480] \cdot 0,01 = 24 \text{ ч, или 3 смены}$$

$$T_{ц.б.} = [125 \cdot (\frac{10}{3} + \frac{3}{2} + \frac{2}{1} + \frac{4}{1} + \frac{9}{1}) + 4 \cdot 20 + 60 + (5-1) \cdot 480] \frac{0,6}{60} = [125 \cdot 19,83 + 140 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 24,8 \text{ ч, или 3,1 смены}$$

$$T_{ц.в.} = [125 \cdot (\frac{25}{3} + \frac{6}{2} + \frac{6}{1} + \frac{10}{1} + \frac{9}{1}) + 4 \cdot 20 + 60 + (5-1) \cdot 480] \frac{0,6}{60} = [125 \cdot 36,33 + 140 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 660 \text{ ч. или 8,2 смены}$$

$$T_{ц.г.} = [250 \cdot (\frac{2}{3} + \frac{2}{2} + \frac{3}{1} + \frac{8}{1}) + 4 \cdot 20 + (4-1) \cdot 480] \frac{0,6}{60} = [250 \cdot 12,67 + 80 + 3 \cdot 480] \cdot 0,01 = 46,9 \text{ ч. или 5,9 смены}$$

$$T_{ц.д.} = [250 \cdot (\frac{6}{3} + \frac{4}{2} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} + \frac{4}{1}) + 5 \cdot 20 + (5-1) \cdot 480] \frac{0,6}{60} = [250 \cdot 12 + 100 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 50,2 \text{ ч. или 6,3 смены}$$

$$T_{ц.е.} = [250 \cdot (\frac{6}{3} + \frac{4}{2} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1}) + 5 \cdot 20 + (5-1) \cdot 480] \frac{0,6}{60} = [250 \cdot 10 + 100 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 45,2 \text{ ч. или } 5,7 \text{ смены}$$

7. Расчет опережений запуска-выпуска партии деталей.

Различают общее и частное опережения запуска-выпуска. Под общим опережением запуска понимают 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 опережением понимают время между запуском-выпуском партии деталей в предыдущем цехе и запуском-выпуском этой же партии в последующем цехе.

Величина опережения состоит из двух элементов - времени технологического опережения и времени резервного опережения.

Время технологического опережения определяется продолжительностью производственного цикла обработки партии деталей в данном цехе. Если по ходу технологического процесса величина партии не изменяется или уменьшается в кратное число раз, то время технологического опережения равно суммарной длительности производственного цикла во всех цехах, т.е.

$$T_{т.о.} = \sum_{i=1}^{K_{ц}} T_{ц_i} \quad (7.8)$$

где $K_{ц}$ - число цехов, в которых обрабатывается данная партия деталей.

Применительно к нашей задаче известна только длительность производственного цикла по всем партиям деталей, обрабатываемым в механическом цехе. Поэтому, прежде всего, необходимо выбрать максимальную периодичность запуска-выпуска. По расчету она составляет 5 дней (см. табл. 7.3). В сборочный цех детали поступают из механического цеха партиями по 250 шт., из которых будет собрано 250 изделий за 5 дней, так как суточная производительность цеха равна 50 шт. изделий. Следовательно, длительность производственного цикла сборочного цеха составляет $T_{ц.сб} = 5$ дней. Для заготовительного цеха длительность производственного цикла примем $T_{ц.з} = 1$ день, а для механообрабатывающего цеха по детали "в" - максимальную продолжительность, т.е. $T_{ц.в} = 8,2$ смены, или 4,1 дня.

Время 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.

Исходя из вышеизложенного строим график производственного процесса по детали "в" (рис. 7.1) и определяем опережение запуска-выпуска по этому рисунку.

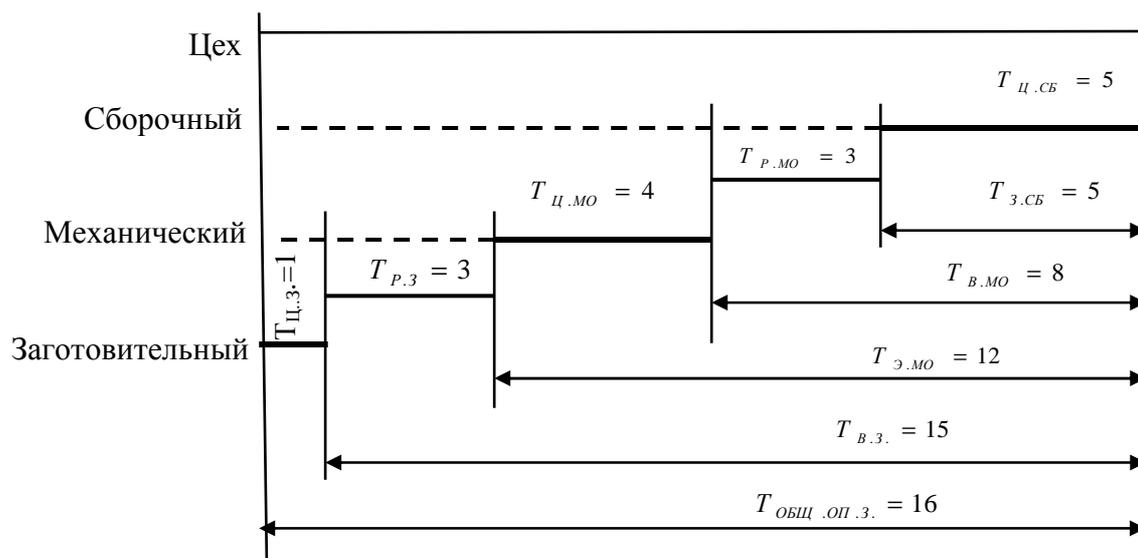


Рис.7.7 Схема производственного процесса и опережений запуска-выпуска партий изделий

$T_{ц.з.}, T_{ц.мо}, T_{ц.сб}$ - длительность циклов заготовительных работ, механообработки и сборки соответственно; $T_{р.з.}$ и $T_{р.мо}$ - резервное время между заготовительными и механообрабатывающими и между механообрабатывающими и сборочными работами соответственно; $T_{з.сб}$ и $T_{з.мо}$ - время опережения запуска в сборочный и механический цехи соответственно; $T_{в.мо}$ и $T_{в.з.}$ - время опережения выпуска изделий из механического цеха и выпуска заготовок соответственно; $T_{общ.оп.з.}$ - общая длительность цикла и опережения запуска

Из рисунка видно, что общая длительность производственного процесса и опережения запуска составляет 16 дней.

Время технологического опережения определяем по формуле (7.8):

$$T_{ТО} = 1 + 4 + 5 = 10 \text{ дней.}$$

Время резервного опережения

$$T_p = T_{р.з.} + T_{р.мо} = 3 + 3 = 6 \text{ дней.}$$

Технологическое опережение определяется и пооперационно. Для этого необходимо рассчитать длительность цикла обработки партии деталей по операциям по формуле

$$T_{ц.оп.i} = \frac{n_H t + t_{п.з.}}{60} \quad (7.9)$$

Подставляем в эту формулу соответствующие данные по партии деталей "а" и получаем

$$T'_{ц.оп.а} = \frac{125 \cdot 6 + 20}{60} = 12,83 \approx 1,6 \text{ смены}$$

$$T''_{ц.оп.а} = \frac{125 \cdot 6 + 20}{60} = 21,16 \approx 2,6 \text{ смены}$$

$$T'''_{ц.оп.а} = \frac{125 \cdot 6 + 20}{60} = 8,7 \approx 1,1 \text{ смены}$$

Графически это показано на рис.7.2.

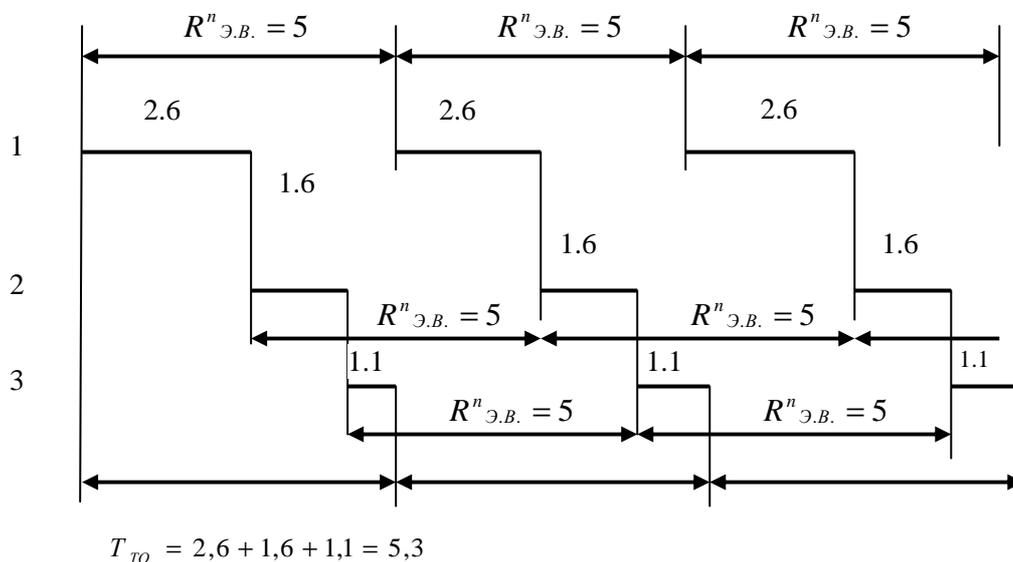


Рис. 7.2 График опережений при обработке партии деталей «а» в механообрабатывающем цехе: 1,2,3- операции.

Аналогично производим расчеты по всем видам деталей, строим графики и определяем время опережения запуска-выпуска. Расчет длительности цикла обработки партии деталей по операциям и технологического опережения приведен в табл. 7.5.

Расчет длительности цикла обработки партии деталей и технологического опережения запуска-выпуска

Операция	Длительность цикла обработки партий деталей по операциям, смен					
	а	б	в	г	д	е
Фрезерная	1,6	2,6	6,6	1,1	3,2	3,2
Сверлильная	2,6	0,8	1,6	1,1	2,1	2,1
Шлифовальная	1,1	0,6	1,6	1,6	1,1	1,1
Строгальная	-	1,1	2,6	-	1,1	1,1
Зуборезная	-	2,5	2,5	-	-	-
Токарная	-	-	-	4,2	2,1	1,1
Итого $T_{ТО}$	5,3	7,6	14,9	8,0	9,6	8,6

8. Определение нормативной величины цикловых и складских заделов.

Цикловые заделы - это внутрицеховые, в частности технологические, транспортные, оборотные и страховые, а складские - это заделы, создаваемые между цехами.

Величина технологического задела в механообрабатывающем цехе определяется по формуле

$$Z_M = n_H T_{ц.опi} : R^H_{э.в.} \quad (7.10)$$

где n_H - оптимальный размер партии деталей, шт.;

$T_{ц.опi}$ - длительность цикла обработки партии деталей i -го наименования на рабочем месте, смен;

$R^H_{э.в.}$ - принятая периодичность запуска-выпуска деталей, смен.

Подставляя в эту формулу соответствующие данные по детали "а", обрабатываемой на фрезерном станке, получаем

$$Z'_{M.B.} = 125 \cdot 1,6 : 5 = 40 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняем расчеты по другим операциям и деталям и результаты вписываем в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Расчет технологических и страховых заделов в механообрабатывающем цехе, шт.

Операция	Технологический задел						Страховой задел					
	а	б	в	г	д	е	а	б	в	г	д	е
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
Итого	132	190	373	201	240	216	75	125	125	100	125	125

Величина страхового задела в механообрабатывающем цехе рассчитывается по формуле

$$Z_{СТР.А} = t_{МО} N_M : T_{ПЛ} \quad (7.11)$$

$t_{МО}$ - время ожидания партии деталей между выпуском ее на предыдущем месте и запуском на последующее рабочее место, смен;

N_M - программа выпуска деталей в планируемом периоде, шт.;

$T_{ПЛ}$ - плановый период времени, смен.

Подставив в эту формулу соответствующие данные, получим размер страхового запаса каждой детали на каждом рабочем месте

$$Z'_{СТР.А} = 1 \frac{1000}{20 \cdot 2} = 25 \text{ шт.}$$

Результаты расчета приведены в табл. 7.6.

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 суточной потребности сборочного цеха. Формирование и движение оборотных заделов представлены на рис. 7.3. При этом средняя величина оборотного задела определяется по формуле

$$Z_{об} = (n^{об}_H - n^{сб}_H) : 2 \quad (7.12)$$

где $n^{об}_H$ и $n^{сб}_H$ - соответственно оптимальный размер партии деталей в механообрабатывающем (подающем) цехе и сборочном (потребляющем) цехе, шт.

Подставляя в формулу (7.12) соответствующие данные, получаем величину складского оборотного задела по каждой детали. Расчет выполняем в табличной форме (табл. 7.7).

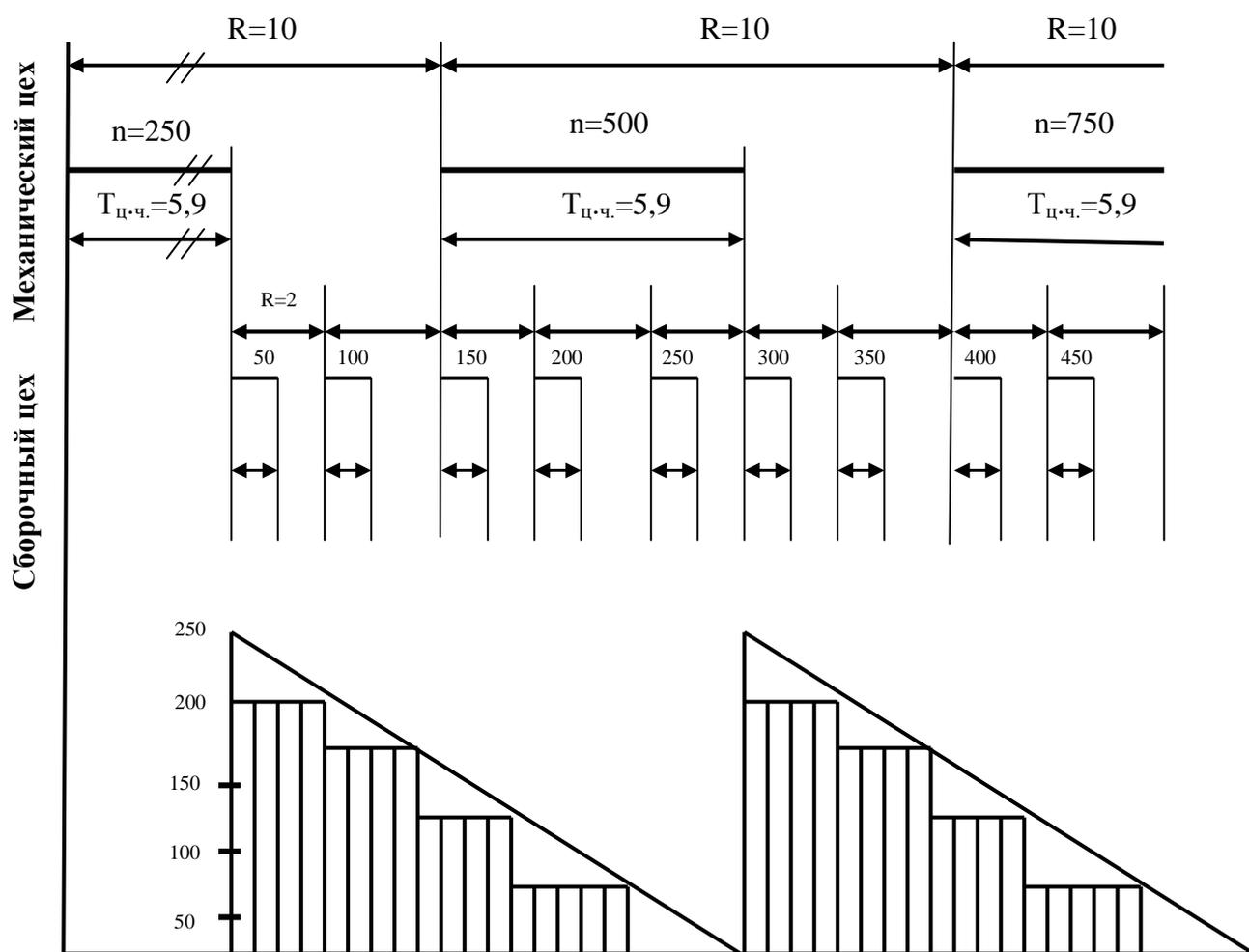


Рис. 7.3 График образования и движения заделов оборотных средств между механообрабатывающим и сборочными цехами по изготовлению изделия «Г».

Расчет страховых и оборотных заделов, шт.

Деталь	Складской задел		
	страховой	оборотный	всего
а	50	37	87
б	50	37	87
в	50	37	87
г	50	100	150
д	50	100	150
е	50	100	150

9. Построение календарного плана-графика механообрабатывающего участка осуществляется на основании данных табл. 7.2. График очередности обработки деталей на каждом рабочем месте приведен на рис. 7.4.

Задания для самостоятельной работы

Задание 7.2. Определить расчетно-аналитическим методом нормативные размеры партии деталей, проходящих обработку на участке, и потери от сокращения размеров партий против оптимальных.

Исходные данные. На участке обрабатываются детали десяти наименований. Годовая производственная программа (N_j), себестоимость (C_j) и затраты на запуск партии деталей в обработку (I_{Oj}) приведены в табл. 7.8.

Ограничительное условие - остаток незавершенного производства на складе не должен превышать 385 тыс. руб. Затраты на хранение деталей на складе $I_6 = 0,2 I_{Oj}$. Коэффициент неравномерности поступления заказов - 0,5.

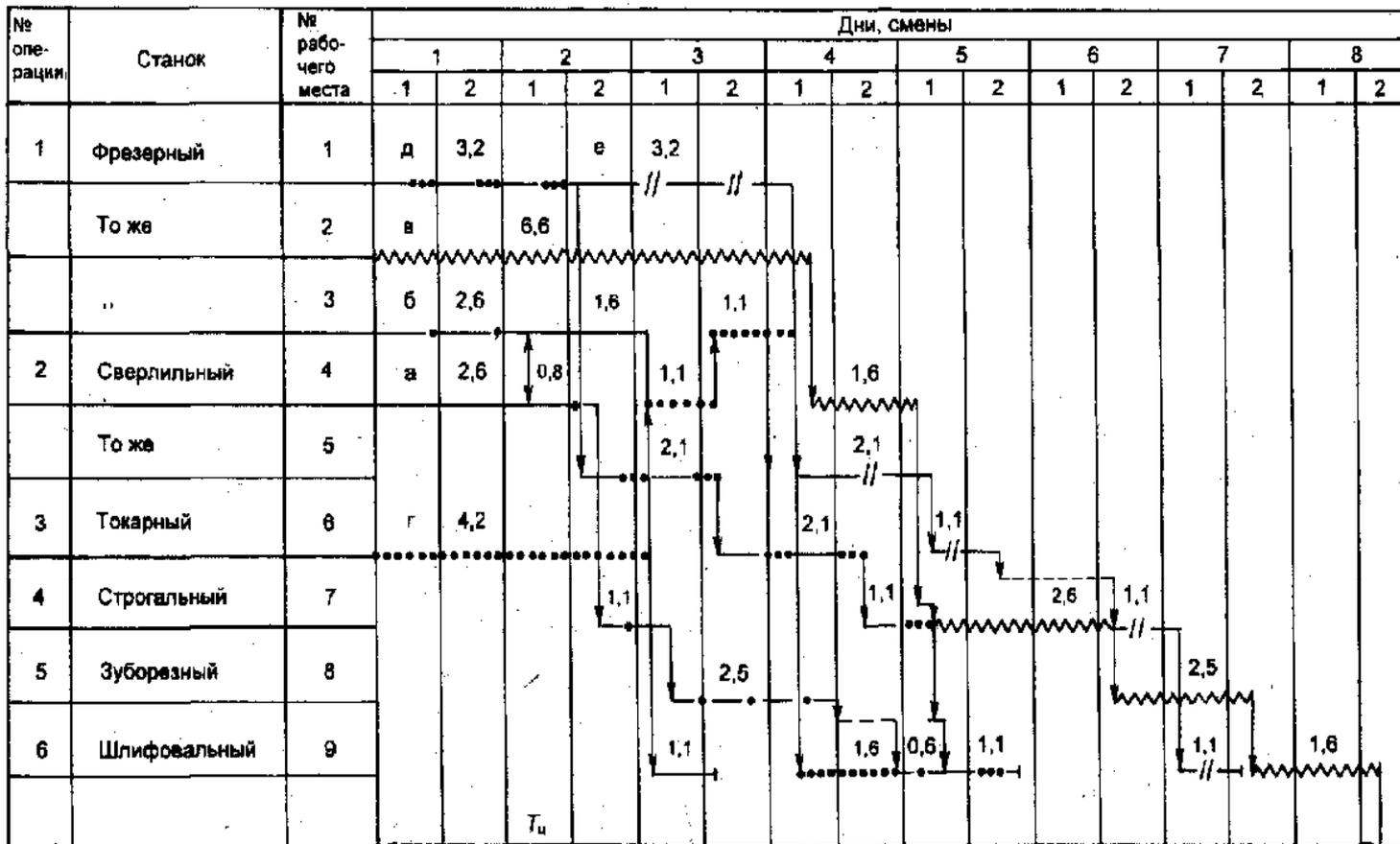
Таблица 7.8

Исходные данные для расчета

Номер детали	N_j , шт.	C_j , тыс.руб.	I_{Oj} , тыс.руб.
1	10000	0,25	0,5
2	6000	0,20	0,5
3	3000	0,40	0,5
4	2000	0,15	0,5
5	5000	0,30	0,5
6	4000	0,20	0,5
7	9000	0,70	0,5
8	1000	0,65	0,5
9	7000	0,20	0,5
10	8000	0,40	0,5

Задание 7.3. Определить нормативный размер партии деталей и периодичность их запуска-выпуска. Построить календарный график запуска-выпуска партии деталей на участке механической обработки. Рассчитать нормативный уровень переходящих цикловых и складских заделов.

Исходные данные. На участке обрабатываются мелкие детали изделия А: 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 затрачивается по одной детали каждого вида. Ежемесячный выпуск изделий А - 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. 7.9. Длительность подготовительно-заключительных работ на каждой операции технологического процесса - 15



Условные обозначения

- | | | | |
|-----------|----------------------|-----------|---|
| — | обработка детали «а» | — · — · — | обработка детали «д» |
| — · — · — | обработка детали «б» | — // — // | обработка детали «е» |
| ~~~~~ | обработка детали «в» | - - - - - | время пролеживания детали в ожидании высвобождения станка |
| | обработка детали «г» | ↓ | взаимосвязь между операторами |

Рис. 9.4. График обработки и прохождения по участку партии деталей изделия А

Таблица 7.9

Закрепление операций за станками и затраты времени по операциям

Деталь	Номер детали	Закрепление операций за станками и штучное время по операциям					
		сверлильной	протяжной	токарной	токарной	сверлильной	резьбонарез
Копир	07-73	1-1,4	2-0,9	3-1,8	4-2,9 5-1,7	6-1,5	7-0,2
	07-74	1-1,3	2-1,0	3-2,0	4-1,0	-	5-6,1
	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 2-1,9	4-1,8	5-1,8	6-1,7 7-1,2 7-4,5	8-0,4
	07-128	1-1,3	4-2,6	3-2,0	5-1,9	8-2,3 9-3,1	6-0,3
Приставка	07-130	-	2-1,0	1-1,7	3-1,2 4-1,2	5-0,9	6-0,5
	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. Первая цифра соответствует номеру операции, вторая - штучному времени, мин.

Задание 7.4. Механический участок за месяц (21 рабочий день) выпускает 1050 деталей партиями по 210 шт. Детали проходят механообработку по следующим операциям; токарная, фрезерная, сверлильная и шлифовальная (штучное время выполнения операций: токарной - 6 мин, фрезерной - 4, сверлильной - 2 и шлифовальной - 5 мин).

Выполнение норм времени по операциям составляет в среднем 135%. Контроль качества выборочный (10% от размера партии) после первой и четвертой 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.

Задание 7.5. Определить расчетно-аналитическим методом экономически целесообразный размер партии деталей. По полученным данным рассчитать величину переходящего задела на складе, снизить ее в 1,4 раза и скорректировать размеры партий. Определить потери за счет отклонения размеров партий от оптимальных.

Годовая производственная программа N_j себестоимость единицы изделия C_j и затраты на выпуск I_{oj} приведены в табл. 7.10.

Таблица 7.10

Исходные данные для расчета			
Номер детали	N_j , шт.	C_j , руб.	I_{oj} , руб.
1	3000	500	1000
2	7000	900	1000
3	9000	600	1000
4	6000	300	1000
5	8000	200	1000
6	9000	400	1000
7	1000	700	1000
8	2000	800	1000
9	8000	300	1000
10	7000	400	1000

Коэффициент неравномерности поступления заказов равен 0,5. Затраты на хранение незавершенного производства составляют 25% себестоимости изготовления деталей.

ТЕМА 8. Оперативное планирование массового производства

Краткие теоретические положения

В условиях массового производства, как правило, применяют подетальную систему оперативного планирования. Номенклатура на таких предприятиях узкая, объемы выпуска большие и стабильные, производство осуществляется преимущественно 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 отдельных предметов труда или небольшой партии их по всему циклу производства должно быть регламентировано во времени, а перемещение от операции к операции на линии определено тактом (ритмом) потока. За лоточной линией, как правило, закрепляют изготовление одной детали или 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 принимают сутки, смену или час.

Основными календарно-плановыми нормативами являются: такт (ритм) поточной линии; длительность технологического и производственного циклов; внутрилинейные и межлинейные заделы; число рабочих мест и коэффициенты их загрузки; другие календарно-плановые нормативы в зависимости от применяемой поточной линии (см. тему 1 "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 8.1. На участке механообрабатывающего цеха изготавливается эксцентрик из чугуна. Род заготовки - отливка. Масса черновая - 0,35 кг, чистовая - 0,153 кг. Показатели, характеризующие технологический процесс, приведены в табл. 10.1. Месячная программа составляет 224910 шт. В месяце 21 рабочий день. Режим работы - двухсменный. Продолжительность рабочей смены - 8 ч. Регламентированные перерывы для отдыха составляют 30 мин в смену. Брак по операциям отсутствует. Период оборота линий - 1ч.

Таблица 8.1

Операция	Норма времени, с		
	машинное время(t_m)	время занятости рабочего(t_3)	оперативное время($t_{оп}$)
Позиционная обработка	10,0	10,0	20,0
Предварительное обтачивание поверхности	18,2	9,1	27,3
Предварительное развертывание отверстий	4,67	4,68	9,35
Окончательное обтачивание поверхности	18,2	9,1	27,3
Зенкование фасочной и кольцевой выточек	4,45	4,45	8,9
Окончательное зенкование ходовой части	4,5	4,5	9,0
Фрезерование радиуса скоса	4,5	4,5	9,0
Снятие заусенцев и развертка отверстий	8,3	8,3	16,6
Ввертывание винта в эксцентрик	-	7,2	7,2
Черновое фрезерование паза ролика	9,4	9,4	18,8
Промывка деталей	-	3,6	3,6
Чистовое фрезерование паза для ролика	9,4	9,4	18,8

Необходимо разработать оперативно-календарный план работы поточной линии.

Решение

1. Программу выпуска эксцентриков за период оборота линии, равный 1 ч, рассчитываем по формуле

$$N_{\text{с}} = \frac{N_{\text{м}}}{ДК_{\text{см}} t_{\text{см}}} = \frac{224910}{21 \cdot 2 \cdot (8 - 0,5)} = 714 \text{ шт}$$

2. Такт поточной линии определяем по формуле (3.4):

$$r_{\text{np}} = \frac{F_{\text{э}}}{N_{\text{с}}} = \frac{1 \cdot 60 \cdot 60}{714} = 5,04 \text{ с / шт}$$

3. Размер транспортной партии выбираем по табл.10.2.

При средней трудоемкости одной операции меньше 1 мин. и массе одной детали 0,35 кг размер партии принимаем $p=25$ шт.

4. Ритм поточной линии определяем по формуле (1.5):

$$R_{\text{np}} = p r_{\text{np}} = 25 \cdot 5,04 = 126 \text{ с} = 2,1 \text{ мин / партию.}$$

4. Число рабочих мест и коэффициент их загрузки рассчитываем по формулам (1.12) и (1.13) в табличной форме (табл.8.3).

Таблица 8.2

Статистические данные для определения размера партии деталей

Средняя трудоемкость одной	Масса одной детали, кг, не более							
	0,1	0,2	0,35	0,5	1	2	5	10
<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

6. Действительный такт поточной линии определяем по формуле (1.12). Для первой операции

$$r_{\text{д1}} = t_{\text{он1}}: C_{\text{np1}} = 20:4 = 5 \text{ с/шт.}$$

Для всех остальных операций результаты расчета приведены в гр. 7 табл. 8.3

Таблица 8.3

Расчет числа рабочих мест и коэффициента их загрузки

№	Оперативное	Укрупненный такт	Число станков		Коэффициент	Действительный
			расчетное ($C_{\text{расч}}$)	принятое (C_{np})		
1	2	3	4	5	6	7
1	20,0	5,04	3,97	4	0,99	5,0
2	27,3	5,04	5,42	6	0,9	4,55
3	9,35	5,04	1,85	2	0,93	4,67
4	27,3	5,04	5,42	6	0,9	4,55
5	8,9	5,04	1,76	2	0,88	4,45
6	9,0	5,04	1,78	2	0,89	4,5
7	9,0	5,04	1,78	2	0,89	4,5
8	16,6	5,04	3,29	4	0,82	4,15
9	7,2	5,04	1,43	2	0,71	3,6
10	18,8	5,04	3,73	4	0,93	4,7
11	3,6	5,04	0,71	1	0,71	3,6
12	18,8	5,04	3,73	4	0,93	4,7
Итого	175,85		34,87	39	0,89	-

7. Расчет потребного количества операторов на линии и коэффициента их загрузки. Расчет ведется в следующей последовательности:

определяется норма обслуживания для первой операции

$$K_{\text{н}} = t_{\text{он}}: t_{\text{с}} = 20:10 = 2 \text{ станка;}$$

определяется количество операторов

для первой операции

$$C_{on}=t_3:r_{np}=10:5,04=1,98 \text{ (принимаем 2 чел.)};$$

рассчитывается загрузка операторов для первой операции

$$K_{3.on} = C_{on.расч} \cdot C_{on.пр} = 1,98:2=0,99.$$

Расчеты по всем операциям выполняем в табличной форме (табл. 8.4).

Таблица 8.4

Определение нормы обслуживания и численности рабочих-операторов

№ операции	Норма времени (t _{оп}), с	Время занятости оператора (t _з), с	Норма обслуживания станков, (K _н), шт.	Расчетный такт (t _{пр}), с/шт.	Количество операторов, чел.		Коэффициент загрузки операторов (K _{з.оп})
					расчетное (C _{оп.расч})	принятое (C _{оп.пр})	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	20,0	10	2	5,04	1,98	2	0,99
2	27,3	9,1	3	5,04	1,80	2	0,90
3	9,35	4,68	2	5,04	0,92	1	0,92
4	27,3	9,1	3	5,04	1,80	2	0,90
5	8,9	4,45	2	5,04	0,88	1	0,88
6	9,0	4,5	2	5,04	0,89	1	0,89
7	9,0	4,5	2	5,04	0,89	1	0,89
8	16,6	8,3	2	5,04	1,65	2	0,82
9	7,2	7,2	1	5,04	1,43	2	0,71
10	18,8	9,4	2	5,04	1,86	2	0,93
11	3,6	3,6	1	5,04	0,71	1	0,71
12	18,8	9,4	2	5,04	1,86	2	0,93
Итого	175,85	84,23	-		16,67	19	0,88

8. Распределение нагрузки между операторами производим в табличной форме (табл. 8.5).

Из таблицы видно, что не все рабочие-операторы загружены на 100% в течение рабочей смены. Желательно загрузить их так, чтобы приблизить принятое количество к расчетному (см. табл. 8.4). С этой целью необходимо построить график регламентации труда.

Таблица 8.5

Распределение нагрузки между операторами

№ операции	Принятое число станков (C _{пр})	Принятое количество операторов (C _{оп.прин}), чел	Норма обслуживания (K _н)	Номер, присвоенный рабочему-оператору	Уровень загрузки операторов, %	Распределение загрузки по станкам	Уровень 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. Составление графика-регламента загрузки рабочих мест и работы операторов, т.е. составление стандарт-плана работы однопредметной прерывно-поточной линии (рис. 8.1).

№ операции	Норма времени	Такт потока (t_p)	Число станков	Загрузка станков		№ рабочей операции	Порядок обслуживания	График работы оборудования и перехода рабочих за $T_0=60$ мин						Часовой выпуск изделия
				%	мин			10	20	30	40	50	60	
1	20,0	5,0	2	99	59,4	1	1, 2							357
			2	99	59,4	2	3, 4							357
2	27,3	4,55	3	100	60	3	5, 6, 7							397
			3	80	48	4	8, 9, 10						317	
3	9,35	4,67	2	92	55,2	5	11, 12						714	
4	27,3	4,55	3	100	60	6	13, 14, 15							397
			3	80	48	7	16, 17, 18					317		
5	8,9	4,45	2	88	52,8	8	19, 20					714		
6	9,0	4,5	2	89	53,4	9	21, 22					714		
7	9,0	4,5	2	89	53,4	10	23, 24					714		
8	16,6	4,15	2	100	60	11	25, 26						433	
			2	65	39	12	27, 28+30				281			
9	7,2	3,6	1	100	60	13	29						504	
			1	43	25,8	14	30+27, 28				210			
10	18,8	4,7	2	100	60	15	31, 32						383	
			2	88	51,6	16	33, 34				331			
11	3,6	3,6	1	71	42,6	17	35				714			
12	18,8	4,7	2	100	60	18	36, 37						383	
			2	88	51,6	19	38, 39				331			

Условные обозначения

— время работы оборудования
— время простоя оборудования
↓ — переход рабочего с одного рабочего места на другое

Рис. 10.1. Стандарт-план работы однопредметной прерывно-поточной линии

Из рисунка видно, что имеется возможность высвободить одного рабочего на операции № 9. Эта операция весьма простая и может выполняться без регламентированных перерывов. Тогда работа, производимая 14-м рабочим, может быть выполнена за 84 мин вместо 103 мин, что позволит совместить эту работу с работой, выполняемой 12-м рабочим, 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 получили, что для обслуживания поточной линии необходимо иметь 18 операторов в смену.

Поскольку поточная линия работает в две смены, и имеют место невыходы на работу рабочих, которые планируются в размере 10%, списочное количество рабочих-операторов составит

$$Ч_{сн} = 18 \cdot 2 \cdot 1,1 = 40 \text{ человек.}$$

10. Расчет межоперационных оборотных заделов выполняется по формуле (1.36) между каждой парой смежных операций в табличной форме (табл. 8.6).

Частные периоды для расчета оборотных заделов принимаются из графика движения заделов (рис. 8.2).

Таблица 8.6

Расчет межоперационных оборотных заделов

Частный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов (Z), шт.	Площадь эюр, шт./мин
T ₁	48	Между 1 и 2 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	$Z''_{1,2} = \frac{11,4 \cdot 60 \cdot 4}{20} - \frac{11,4 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} \approx +57$	342
		Итого	1710
T ₁	48	Между 2 и 3 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	$Z''_{2,3} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 6}{9,35} \approx -47$	169
T ₃	4,8	$Z'''_{2,3} = \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 0}{9,3} = +30$	72
		Итого	2109
T ₁	48	Между 3 и 4 операциями $Z'_{3,4} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{9,35} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 2}{27,3} = -17$	408
T ₂	7,2	$Z''_{3,4} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{9,35} - \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} \approx +47$	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
		Итого	730
T ₁	48	Между 4 и 5 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 и 6 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 и 7 операциями $Z_{6,7} = \frac{53,4 \cdot 60 \cdot 2}{9} - \frac{53,4 \cdot 60 \cdot 2}{9} = 0$	0

Продолжение таблицы 8.6

		Итого	0
		Между 7 и 8 операциями	
T ₁	39	$Z'_{7,8} = \frac{39 \cdot 60 \cdot 2}{9} - \frac{39 \cdot 60 \cdot 4}{16,6} = -44$	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	$Z'''_{7,8} = \frac{6,6 \cdot 60 \cdot 0}{9} - \frac{66,6 \cdot 60 \cdot 2}{16,6} = -44$	435
		Итого	1926
		Между 8 и 9 операциями	
T ₁	39	$Z'_{8,9} = \frac{39 \cdot 60 \cdot 4}{16,6} - \frac{39 \cdot 60 \cdot 1}{7,2} \approx +200$	3900
T ₂	21	$Z''_{8,9} = \frac{21 \cdot 60 \cdot 2}{16,6} - \frac{21 \cdot 60 \cdot 2}{7,2} \approx -200$	2100
		Итого	6000
		Между 9 и 10 операциями	
T ₁	39	$Z'_{9,10} = \frac{39 \cdot 60 \cdot 1}{7,2} - \frac{39 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} = -170$	3315
T ₂	12,6	$Z''_{9,10} = \frac{12,6 \cdot 60 \cdot 2}{7,2} - \frac{12,6 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} \approx +59$	372
T ₃	8,4	$Z'''_{9,10} = \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{7,2} - \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{18,8} \approx +111$	962
		Итого	4649
		Между 10 и 11 операциями	
T ₁	42,6	$Z'_{10,11} = \frac{42 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} - \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 1}{3,6} = -166$	3536
T ₂	9	$Z''_{10,11} = \frac{9 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} - \frac{9 \cdot 60 \cdot 6}{3,6} \approx +113$	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
		Между 11 и 12 операциями	
T ₁	42,6	$Z'_{11,12} = \frac{42 \cdot 60 \cdot 1}{3,6} - \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} = +166$	3536
T ₂	9	$Z''_{11,12} = \frac{9 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} - \frac{9 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} \approx -113$	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		29361	

11. Площади эпюр оборотных заделов рассчитываются по рис. 8.2, а результаты заносим в табл. 8.6. Расчет площадей эпюр оборотных заделов необходим для определения средней величины межоперационных оборотных заделов между каждой парой смежных операций и в целом по линии.

12. Среднюю величину межоперационных оборотных заделов в целом по линии рассчитываем по формуле (1.38):

$$Z_{cp.ob} = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{T_0} = \frac{29361}{60} = 489 \text{ шт}$$

13. Среднюю величину незавершенного производства без учета затрат труда в предыдущих цехах определяем по формуле (1.31):

$$H = Z_{cp.ob} \left(\frac{\sum_{i=1}^m t_i}{2} + t_{np} \right) = 489 \left(\frac{175,85}{2 \cdot 60 \cdot 60} + 0 \right) = 11,2 \text{ норма} - ч$$

14. Длительность технологического цикла рассчитываем по формуле (1.39):

$$t_{ц} = Z_{cp.ob} r_{np} = 489 \frac{5,04}{60 \cdot 60} = 0,68 \text{ ч.}$$

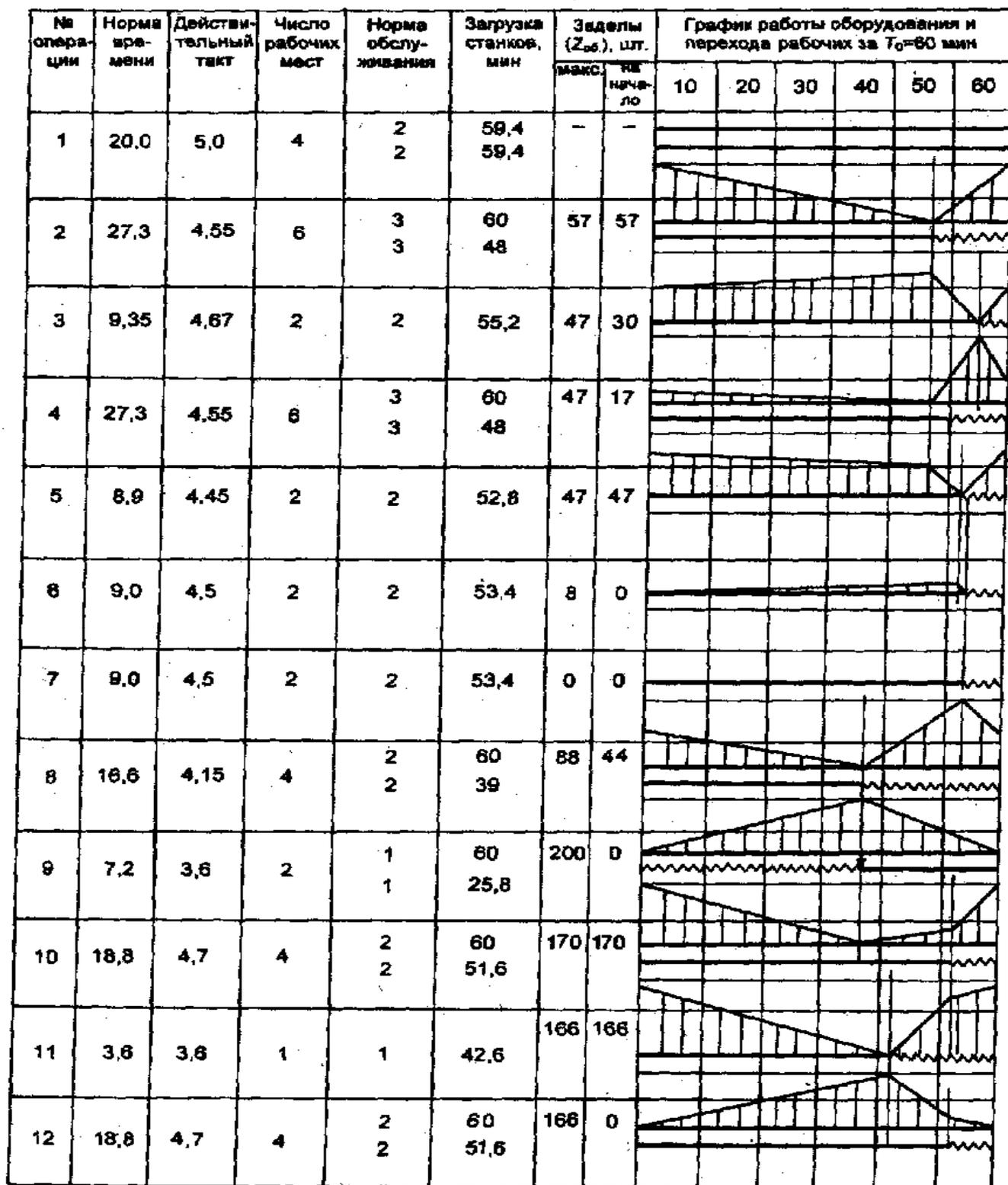


Рис. 10.2. График движения заделов оборотных средств

Условные обозначения те же, что на рис. 10.1

Задания для самостоятельной работ

Задание 8.2. Определить время опережения запуска-выпуска партии деталей в производство относительно окончания сборки изделия А.

Исходные данные. 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 6-

дневной потребности сборочного цеха. Длительность производственных циклов ($T_{ц}$) обработки в механическом цехе составляет 4 дня, а в сборочном - 6 дней.

Задание 8.3. Определить время опережения начала обработки изделий в механическом цехе по сравнению с окончанием сборки в сборочном цехе.

Исходные данные. 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.

Задание 8.4. Построить график изготовления комплектов деталей по заказам № 42, 43, 44, 45 в механообрабатывающем цехе при равномерной загрузке оборудования. Определить степень равномерности загрузки ведущей группы оборудования.

Исходные данные. Число станков по ведущим группам оборудования: сверлильных-6, токарных - 7, фрезерных - 4. По каждому заказу изготавливается 10 изделий. Длительность цикла обработки ведущей детали по каждому изделию, трудоемкость обработки деталей по ведущим группам оборудования, сроки подачи комплектов на сборку приведены в табл. 8.7. Число рабочих дней: в январе - 21, в феврале - 20, в марте - 22. Режим работы: восьмичасовой рабочий день, две смены в сутки. Потери времени на плановые ремонты оборудования составляют 2% номинального фонда времени.

Таблица 8.7

Исходные данные для расчета

Номер заказа	Срок подачи деталей на обработку	Длительность цикла изготовления деталей, мес.	Трудоемкость, ч		
			Вид обработки		
			сверлильная	токарная	фрезерная
42	I/IV	1,2	900	1200	600
43	I/III	2,0	960	1600	900
44	I/IV	1,5	800	1100	800
45	I/III	1,5	900	1500	700

ТЕМА 9. ОРГАНИЗАЦИЯ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Цель практической работы

Закрепление у студентов теоретических знаний по одной из тем оперативно-производственного планирования " Организация многостаночного обслуживания", а также привитие студентам навыков по расчетам, выполняемым при организации многостаночного обслуживания.

Краткие теоретические положения

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 остальных. Возможность многостаночного обслуживания основывается на том, что рабочий практически занят только во время выполнения ручных приемов. Это время совмещается со временем машинной работы этого же станка, которое рабочий может использовать для выполнения ручных приемов на других станках.

В заводской практике применяют 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 деталями операциями.

В зависимости от соотношения длительности совмещаемых операций возможны различные сочетания работы станков, в частности:

станков-дублеров, на которых выполняются операции равной длительности, а время занятости рабочего на одном станке равно времени машинной работы данного станка (рис. 9.1, а);

станков-дублеров, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего на одном станке меньше машинного времени данного станка в кратное число раз (рис. 9.1, б);

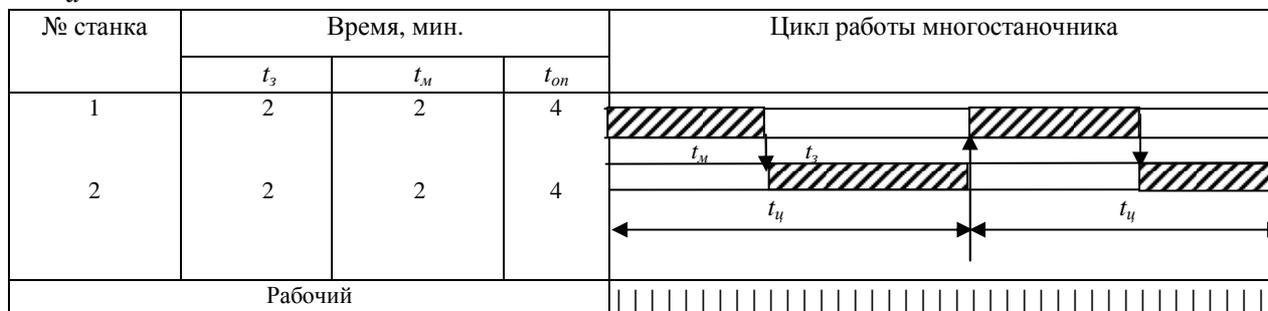
станков-дублеров, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего несколько больше машинного времени данного станка (рис. 9.1, в);

-различных станков, на которых выполняются операции равной длительности, но время занятости рабочего на каждом станке различное и меньше машинного времени на каждом из обслуживаемых станков (рис. 9.1, г);

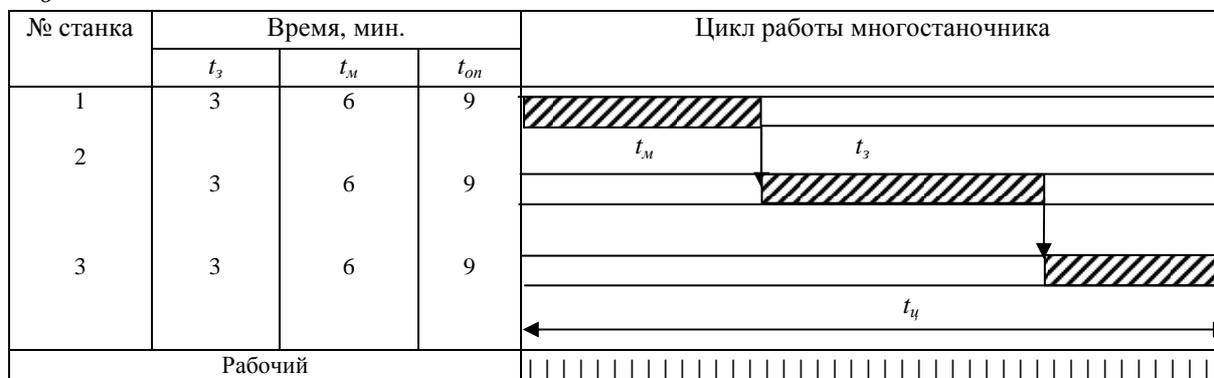
-различных станков, на которых выполняются операции неравной длительности и время занятости рабочего на каждом станке различное и меньше машинного времени в некратное число раз (рис. 9.1, д).

Из рис. 9.1 видно, что в первом и во втором случаях рабочий и оборудование полностью загружены, в третьем случае частично простаивают станки, в четвертом случае имеется некоторый запас времени у рабочего, а в пятом частично простаивает и оборудование, и рабочий-многостаночник.

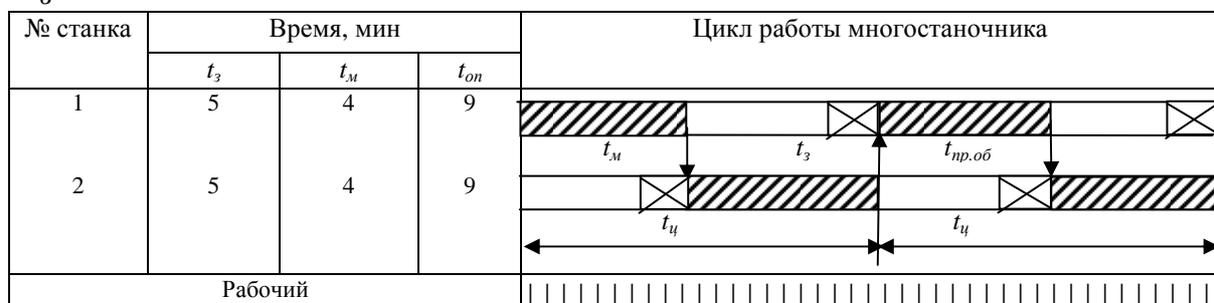
а



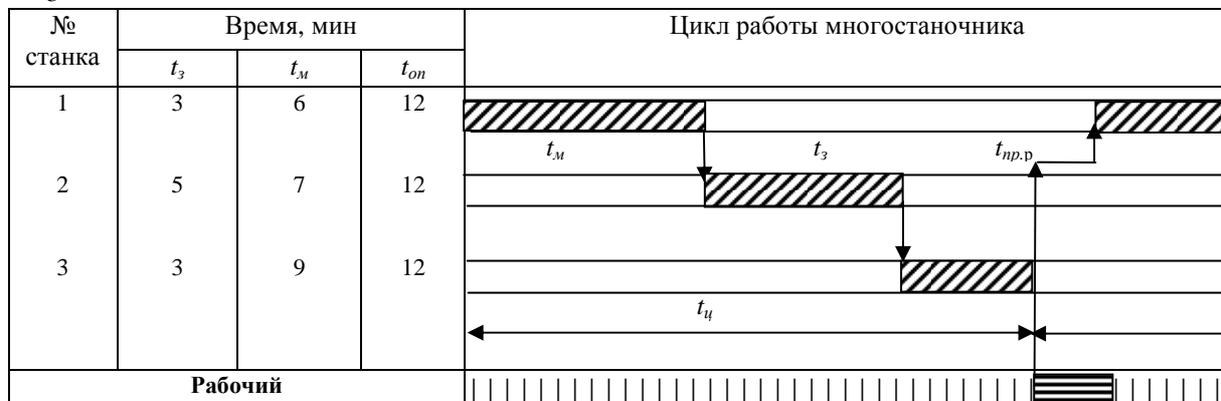
б



в



г



д



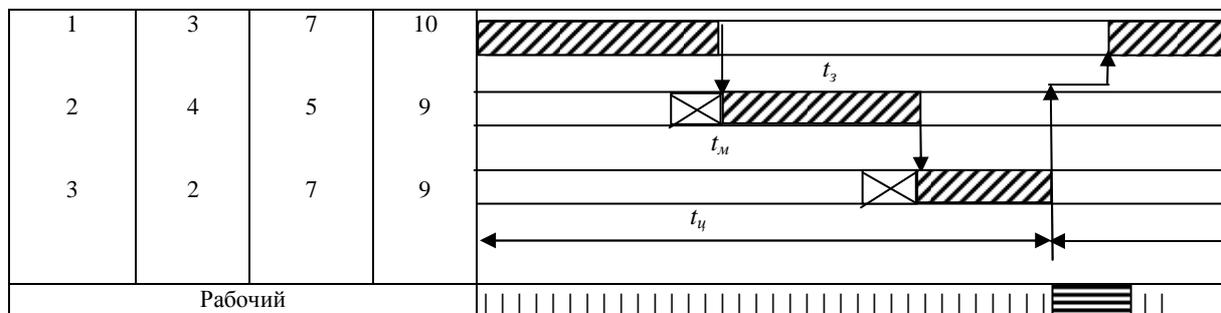


Рис. 9.1. Некоторые варианты многостаночного обслуживания:

t_3 - время занятости рабочего на обслуживаемом станке, мин;

t_m - машинное время автоматической работы станка, мин;

$t_{пр.об}$ - время простоя станков за цикл обслуживания, мин;

$t_{пр.р}$ - свободное от работы время многостаночника за цикл обслуживания $t_{ц}$, мин;

$t_{ц}$ - время занятости многостаночника за цикл обслуживания, мин

Рациональное построение многостаночного обслуживания заключается в таком подборе операций, при котором обеспечивается наиболее полная загрузка оборудования при полной занятости рабочего-многостаночника.

В этой связи необходимы расчет возможного числа обслуживаемых станков; построение графиков обслуживания оборудования; расчеты длительности цикла многостаночного обслуживания, коэффициента загрузки оборудования и 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:

-создание организационных условий для его внедрения;

-установление норм времени на выполнение технологических операций с выделением времени на выполнение всех ручных приемов и активное наблюдение за работой станка;

-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.

Данная лабораторная работа построена для классического и наиболее распространенного варианта многостаночной работы - обслуживания станков-дублеров, когда длительность и структура операций на обслуживаемых станках являются относительно постоянными.

В этом случае число станков (n), на которых может одновременно работать исполнитель, в общем виде определяется по формуле

$$n = \frac{t_m}{t_3} + 1 \quad (9.1)$$

где t_m - машинное время работы станка, мин;

t_3 - время занятости рабочего на обслуживаемом станке, оно состоит из следующих элементов:

$$t_3 = \sum t_{г} + \sum t_{н} + \sum t_{неп} \quad (9.2)$$

где $\sum t_e$ - суммарное время, необходимое для выполнения всех ручных приемов на станке (установка, снятие детали, включение станка, подвод резца и т.д.), мин;

$\sum t_n$ - суммарное время активного наблюдения за работой станка, требующего присутствия рабочего-многостаночника, мин;

$\sum t_{пер}$ - время, затрачиваемое рабочим на переход от одного станка к другому, согласно установленному маршруту движения, мин.

Однако следует иметь в виду, что число станков, которые должен обслуживать рабочий, при расчетах не всегда получается целым. Поэтому, если число станков получилось целое, можно считать, что достигнут наиболее желательный вариант многостаночной работы, а если число станков дробное, то его необходимо округлить в большую или меньшую сторону.

Если принятое число станков (n_{np}) меньше расчетного ($n_{расч}$), то $(n-1)t_3 < t_m$. При этом рабочий имеет свободное время ($t_{np,p}$) в цикле обслуживания, величина которого может быть рассчитана по формуле

$$t_{np..n} = t_m - (n-1)t_3 \quad (9.3)$$

Если принятое число станков (n_{np}) больше расчетного ($n_{расч}$) то $(n-1)t_3 > t_m$. При этом рабочий не успевает за время цикла обслужить все станки и они будут определенное время простаивать ($t_{np,об}$). Это время можно определить по формуле

$$t_{np,об} = t_m - (n-1)t_3 \quad (9.4)$$

После расчета числа станков и времени простоя оборудования или рабочего-станочника строят графики многостаночного обслуживания по выбранным вариантам (см. рис. 9.1). Далее рассчитывают длительность цикла многостаночного обслуживания.

Длительность цикла многостаночного обслуживания - это период времени от начала обслуживания первого по маршруту станка до момента возвращения рабочего к этому же станку. Она определяется по формуле

$$t_u = \max t_{on} + t_{np,об} \quad (9.5)$$

или

$$t_u = \sum_{i=1}^n t_{zi} + t_{np,p} \quad (9.6)$$

где $\max t_{on}$ - максимальная продолжительность одной из выполняемых операций при многостаночном обслуживании; с точки зрения структуры затрат времени

$$t_{on} = t_3 + t_m \quad (9.7)$$

Коэффициент загрузки оборудования рассчитывается по формуле

$$K_{з.об} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{on}}{nt_u} \quad (9.8)$$

Коэффициент загрузки рабочего-многостаночника определяется по формуле

$$K_{з.p} = \sum_{i=1}^n t_3 : t_u \quad (9.9)$$

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 обслуживаемых станков. При этом в качестве целевой функции, соответствующей критерию минимума затрат на единицу продукции, используется функция

$$\varphi = (n C + 1) : I, \quad (9.10)$$

где C коэффициент, показывающий отношение затрат, связанных с простоем оборудования, к затратам на содержание одного рабочего;

I - среднее число работающих станков в течение цикла многостаночного обслуживания.

При определении коэффициента C в расходах на эксплуатацию станка учитывают затраты, которые меняются с изменением числа станков, необходимых для выпуска одинакового объема продукции. К ним в основном относятся амортизационные отчисления, расходы на текущий ремонт станков, электроэнергию, эксплуатацию производственных помещений и т.д. Эти затраты рассчитывают или устанавливают по таблицам, разрабатываемым отраслевыми институтами. Расходы

на заработную плату определяют по данным предприятия с учетом квалификации рабочего, обслуживающего данные станки.

Среднее число работающих станков в течение цикла определяют исходя из графика многостаночной работы.

Вариант числа обслуживаемых станков, при котором значение функции φ минимально, является оптимальным. При установлении же нормы обслуживания необходимо учитывать потребности и возможности производства. Здесь возможны два вида отклонений от нормальных условий:

количество рабочих данной специальности и квалификации меньше необходимого для выполнения плана;

число станков меньше потребного.

В первом случае норма обслуживания устанавливается с учетом более полной занятости рабочего, во втором - с учетом более полной загрузки оборудования.

Рассмотрим данные теоретические положения на конкретном примере. Пусть i -я операция выполняется на станках-дублерах, при этом $t_m = 5$ мин, а $t_3 = 2$ мин. При определении оптимального значения n и $t_{ци}$ принимаем $C_1 = 1$, $C_2 = 0,5$ и $C_3 = 0,2$.

1. Рассчитаем число станков, на которых может одновременно работать многостаночник, по формуле (9.1):

$$n = \frac{5}{2} + 1 = 3,5$$

Получили дробное число, которое необходимо округлить до целого, т.е. $n_1 = 3$ станка или $n_2 = 4$ станка.

2. Определяем время простоя рабочего-многостаночника и время простоя оборудования (станков-дублеров) при обслуживании рабочим трех и четырех станков по формуле

$$t_{np.p1} = 5 - (3 - 1) \cdot 2 = 1$$

Машинное время на первом станке больше, чем время занятости рабочего на всех остальных обслуживаемых станках, на 1 мин, следовательно, $t_{np.p2} = 1$ мин, а $t_{np.ob1} = 0$ мин. При обслуживании четырех станков

$$t_{np.p2} = 5 - (4 - 1) \cdot 2 = -1$$

Машинное время на первом станке оказалось меньше, чем время занятости рабочего на всех остальных обслуживаемых станках, на 1 мин, следовательно, $t_{p2} = 0$ мин, а $t_{np.ob2} = 1$ мин.

10. Построим графики многостаночной работы по первому и второму вариантам (рис.9.2 и 9.3) при $n_1 = 3$ и $n_2 = 4$ станка.

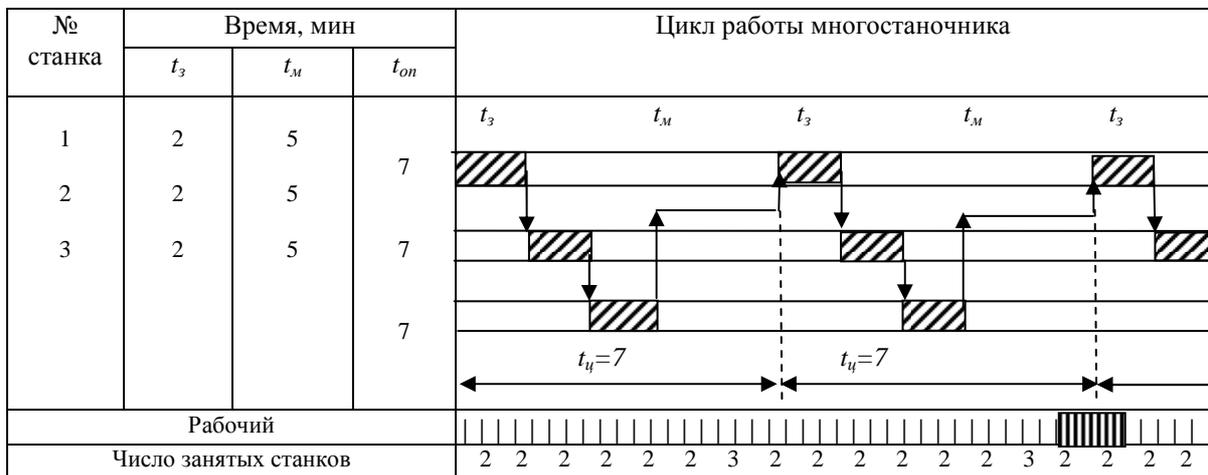


Рис. 9.2. График многостаночной работы при $n=3$

№ станка	Время, мин			Цикл работы многостаночника
	t_3	t_m	t_{on}	

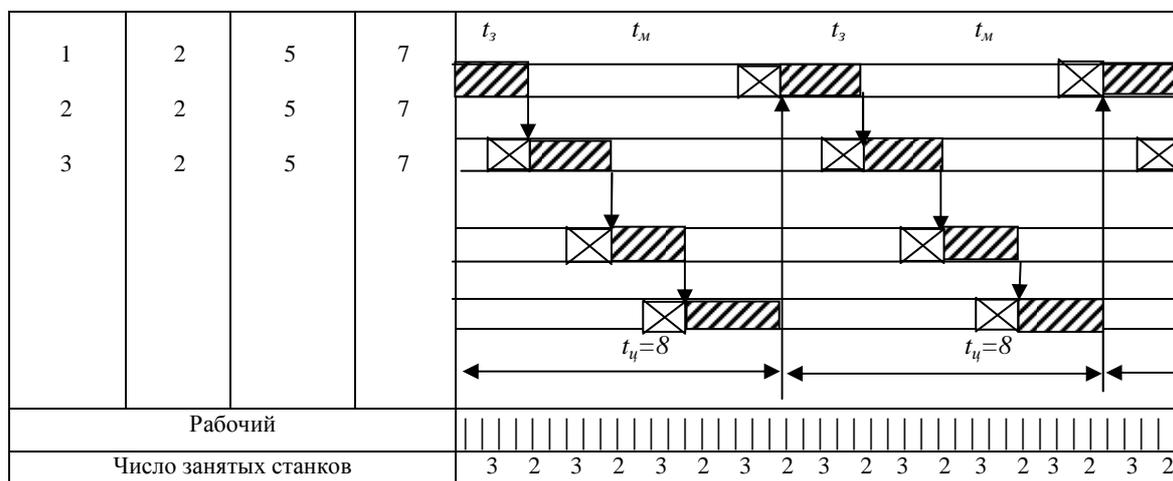


Рис. 9.3. График многостаночной работы при $n=4$

4. Рассчитаем длительность цикла многостаночного обслуживания для двух вариантов по формуле (9.6):

$$t_{ц1} = 2 + 2 + 2 + 1 = 7 \text{ мин;}$$

$$t_{ц2} = 2 + 2 + 2 + 2 + 0 = 8 \text{ мин.}$$

5. Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования для обоих вариантов по формуле (9.8):

$$K_{з.об1} = \frac{7 + 7 + 7}{3 \cdot 7} = 1;$$

$$K_{з.об2} = \frac{7 + 7 + 7}{4 \cdot 8} = 0,87$$

6. Рассчитаем коэффициент загрузки рабочего-многостаночника для обоих вариантов по формуле (9.9):

$$K_{з.р1} = \frac{2 + 2 + 2}{7} = 0,86;$$

$$K_{з.р2} = \frac{2 + 2 + 2 + 2}{8} = 1$$

7. Определим оптимальное число обслуживаемых станков. Для этого предварительно найдем значение I .

В нижней части рисунков приведены числа действующих станков в первую, вторую, третью и последующие минуты цикла многостаночной работы. Среднее значение I за цикл будет равно:

при $n=3$

$$I = (2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 3) : 7 = 15 : 7 = 2,14;$$

при $n=4$

$$I = (3 + 2 + 3 + 2 + 3 + 2 + 3 + 2) : 8 = 20 : 8 = 2,5.$$

Определяем значение ϕ при различных значениях C .

При $C = 1$

$$\phi_{(n=3)} = \frac{3 \cdot 1 + 1}{2,14} = 1,87;$$

$$\phi_{(n=4)} = \frac{4 \cdot 1 + 1}{2,5} = 2;$$

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 $C=1$ и $C=0,5$ следует принять n равным 3, а при $C = 0,2$ следует принять n равным 4.

Наряду с оптимальным числом обслуживаемых станков (n) важным параметром многостаночного обслуживания является норма штучного времени (t_{um}).

Рассчитаем этот параметр при организации многостаночного обслуживания исходя из заданных долей от времени на организационное (A_{opc}) и техническое (A_{mex}) обслуживание рабочих мест (станков) и времени, затрачиваемого на отдых и личные надобности (A_{omd}), от продолжительности цикла.

При расчете t_{um} можно принять $A_{opc}=3\%$, $A_{mex}=7\%$ и $A_{omd}=5\%$. Тогда

$$t_{um1} = \frac{t_u}{n} \left(1 + \frac{A_{opc} + A_{mex} + A_{omd}}{100} \right) = \frac{7}{3} \left(1 + \frac{3 + 7 + 5}{100} \right) = 2,7 \text{ мин};$$

$$t_{um2} = \frac{8}{4} \left(1 + \frac{3 + 7 + 5}{100} \right) = 2,3 \text{ мин}$$

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_{on}) берется время цикла многостаночного обслуживания, деленное на число обслуживаемых станков.

Содержание и порядок выполнения практической работы

Практическая работа выполняется в два этапа. На первом этапе студенты знакомятся с основными теоретическими положениями. На втором в соответствии с вариантом задания (табл. 9.1) определяют оптимальное число станков и нормы штучного времени, а также выполняют необходимые вспомогательные расчеты и построение графиков многостаночного обслуживания.

Защита работы осуществляется студентами индивидуально и включает ответы на контрольные вопросы и обоснование конечных и вспомогательных расчетов по выбору оптимального числа n и расчету t_{um} .

Таблица 9.1

Варианты заданий по расчету оптимального числа обслуживаемых станков-дублеров и норм времени при многостаночном обслуживании

Номер варианта	Задание № 1		Задание № 2	
	t_m	t_3	t_m	t_3
1	8	2	10	3
2	8	4	10	4
3	10	2	10	6
4	10	5	11	3
5	12	2	11	4
6	12	3	11	5
7	12	4	11	6
8	14	2	11	7
9	14	7	12	5
10	15	3	12	7
11	15	5	13	4
12	16	2	13	5
13	16	4	13	6
14	16	8	14	3
15	18	2	14	5
16	20	5	16	7

Контрольные вопросы

1. Поясните понятие «многостаночное обслуживание» и условия его организации.
2. Какие элементы затрат труда включаются во время занятости рабочего (t_3) при организации многостаночного обслуживания?
3. Каковы условия развития многостаночного обслуживания?
4. Как определяется расчетное число станков при работе на станках-дублерах?
5. Как производится выбор оптимального числа обслуживаемых станков?
6. Как определяется длительность цикла многостаночного обслуживания при работе на станках-дублерах, различных станках, загруженных разными деталями операциями?
7. Как определяется коэффициент загрузки оборудования при организации многостаночного обслуживания?
8. Как определяется коэффициент загрузки рабочего-многостаночника?
9. Как определяется время простоя (свободное время) рабочего-многостаночника?
10. Как определяется время простоя оборудования при организации многостаночного обслуживания?
11. Какие элементы затрат включаются в расходы по эксплуатации станка при расчете коэффициента C ?
12. Как определяется среднее число работающих станков в течение цикла многостаночного обслуживания? Где используется этот показатель?
13. Напишите формулу расчета t_{um} при многостаночном обслуживании.