

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Миассе
Машиностроительный факультет
Кафедра «Технология производства машин»

621(07)
К959

О.Б. Кучина, А.И. Новиков

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие к практическим занятиям

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2022

УДК 621.001.2(075.8)
К959

Одобрено
учебно-методической комиссией филиала ЮУрГУ в г. Миассе

Рецензенты:
Г.Ф. Костин, В.И. Пегов

Кучина, О. Б.

К959 Проектирование машиностроительного производства: Учебное пособие к практическим занятиям / О.Б. Кучина; А.И Новиков. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – 72 с.

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров по направлению 15.03.05. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» очной и заочной форм обучения.

Учебное пособие рекомендуется к использованию на практических занятиях по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства» и для самостоятельной работы студентов. В учебном пособии изложено краткое описание теоретических основ и методик проектирования, приведены примеры расчета, справочные материалы и задания.

УДК 621.001.2(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2022

ВВЕДЕНИЕ

В результате изучения дисциплины «Проектирование машиностроительного производства» студент должен:

знать

- типы и основные характеристики машиностроительного производства;
- принципы определения типа производства;
- виды производственных программ;
- методику определения эффективного годового фонда времени работы основного оборудования;
- методы расчета количества основного оборудования и рабочих мест для различных типов производств;
- методику определения эффективного годового фонда времени работы работников технологического комплекса;
- методику определения состава и количества работников для проектируемого технологического комплекса;
- принципы размещения основного и вспомогательного оборудования;
- требования к оформлению планов расположения оборудования, спецификаций, технологических заданий;

уметь

- определять тип производства на основании программы выпуска и данных об изготавливаемых изделиях;
- выполнять разработку приведенной программы выпуска для серийного типа производства;
- выполнять разработку условной программы выпуска для опытного и экспериментального производства;
- определять эффективный годовой фонд времени работы оборудования;
- рассчитывать количество необходимого основного оборудования для реализации технологического процесса;
- определять коэффициент загрузки оборудования;
- определять численность работников для проектируемого технологического комплекса;
- выполнять планы расположения оборудования.

Тематика и содержание практических занятий определены в соответствии с требованиями профессионального стандарта 28.001 «Специалист по проектированию технологических комплексов механосборочных производств». По каждой теме в учебном пособии приведена методика проектирования, нормативные данные, примеры выполнения проектных расчетов.

1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА

Производственную программу цеха определяют исходя из производственной программы завода с учетом установленного процента запасных частей. В зависимости от типа производства и этапа проектирования производственная программа может быть точной, приведенной и условной. В соответствии со способом задания производственной программы применяют методы проектирования по точной, приведенной или условной программе.

Метод проектирования по точной программе предусматривает разработку подробных технологических процессов обработки или сборки с техническим нормированием на все детали или сборочные единицы, входящие в производственную программу. Этот метод применяют для проектирования участков отделений и цехов крупносерийного и массового производства. В этом случае производственная программа представляет собой ведомость, включающую полный перечень деталей или сборочных единиц, подлежащих обработке или сборке в цехе, с указанием их количества и массы, а для механических цехов – вида заготовки и материала.

Проектирование по приведенной программе применяют для проектирования цехов средне- и мелкосерийного производства. Это объясняется тем, что при значительной номенклатуре объем проектных и технологических разработок становится очень большим, и для его сокращения реальную многономенклатурную программу заменяют приведенной, выраженной ограниченным числом представителей, эквивалентной по трудоемкости фактической многономенклатурной программе.

С этой целью все детали или сборочные единицы разбивают на группы по конструктивным и технологическим признакам. В каждой группе выбирают деталь или сборочную единицу-представитель, по которой далее ведут расчеты. На указанные представители разрабатывают технологические процессы обработки или сборки и путем технического нормирования определяют трудоемкость их обработки или сборки.

В качестве детали или сборочной единицы-представителя выбирают, как правило, детали или сборочные единицы, характеризующиеся наибольшим объемом выпуска и трудоемкостью изготовления.

Рекомендуются следующие соотношения массы m и годового объема выпуска N объекта-представителя и других объектов производства, входящих в группу:

$$0,5m_{\max} \leq m \leq 2m_{\min};$$

$$0,1N_{\max} \leq N \leq 10N_{\min},$$

где $m_{\max}$, $m_{\min}$ и $N_{\max}$, $N_{\min}$ – соответственно наибольшие и наименьшие значения массы и годового объема выпуска объектов производства, вхо-

дящих в группу. Если указанные соотношения не соблюдаются, рекомендуется группу разделить на две или более подгрупп.

Для приведения детали (сборочной единицы), входящей в группу, по трудоемкости к представителю с учетом различия в массе, программе выпуска, сложности обработки или сборки определяют коэффициент приведения. Общий коэффициент приведения

$$K_{\text{пр}} = K_1 K_2 K_3 \dots K_n,$$

где K_1 – коэффициент приведения по массе; K_2 – коэффициент приведения по серийности; K_3 – коэффициент приведения по сложности; K_n – коэффициент приведения, учитывающий другие особенности собираемого изделия, например различие в точности изделий, наличие комплектующих поставок по кооперации отдельных узлов или агрегатов и др.

Коэффициент приведения по массе для геометрически подобных деталей определяют по формуле

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2},$$

где m_i и $m_{\text{пр}}$ – соответственно масса рассматриваемой детали и детали-представителя. Коэффициент K_1 выражает соотношение площадей поверхностей рассматриваемой детали группы и детали-представителя.

Коэффициенты приведения, учитывающие различия в массе собираемых изделий, определяют по формулам:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{\sum m_i}{\sum m_{\text{пр}}}\right)^2}, \text{ или } K_1 = \sqrt[3]{\frac{\sum m_i}{\sum m_{\text{пр}}}},$$

где $\sum m_i$ и $\sum m_{\text{пр}}$ – соответственно суммарная масса деталей рассматриваемого изделия группы и изделия-представителя. Первая формула пригодна при большом объеме пригоночных работ, вторая – при малом.

Коэффициент приведения по серийности K_2 учитывает изменение трудоемкости обработки или сборки при изменении программы выпуска. Это обусловлено, например, целесообразностью применения более совершенного приспособления, сокращающего время установки детали при обработке или сборке, если программа выпуска увеличивается.

Коэффициент приведения по серийности K_2 определяют по эмпирической формуле

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i} \right)^\alpha,$$

где $N_{\text{пр}}$ и N_i – программа выпуска соответственно изделия-представителя и приводимого изделия; α – показатель степени; $\alpha = 0,15$ для объектов легкого и среднего машиностроения; $\alpha = 0,2$ для объектов тяжелого машиностроения.

Коэффициент приведения по сложности K_3 учитывает влияние технологичности конструкции на станкоемкость обработки или трудоемкость сборки. Так, например, увеличение точности обработки и ужесточение требований к шероховатости поверхности ведут к увеличению станкоемкости обработки. Трудоемкость сборки, например, существенно зависит от числа сопрягаемых элементов в конструкции изделия, точности сопряжения и многих других факторов, учесть которые очень сложно.

В общем виде коэффициент приведения по сложности можно представить в виде произведения коэффициентов, учитывающих связи между конструктивными факторами и трудоемкостью приводимых изделий:

$$K_3 = P_1^{\alpha_1} \cdot P_2^{\alpha_2} \dots P_n^{\alpha_n},$$

где $P_1, P_2, \dots, P_n$ – коэффициенты, учитывающие различие соответствующих технических параметров в рассматриваемом изделии и изделии-представителе; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$ – показатели, отражающие степень влияния соответствующих технических параметров на трудоемкость обработки или сборки.

Для конструктивно подобных деталей группы наиболее существенными параметрами, определяющими сложность, а соответственно и трудоемкость изготовления, будут точность и параметр шероховатости поверхности обработки. Указанные параметры при количественной оценке технологичности конструкции детали учитываются средним качеством точности обработки $\bar{K}_T$ и средним значением параметра шероховатости поверхности $\bar{Ra}$. Для этого случая коэффициент приведения по сложности

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.\text{пр}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{Ra}_i}{\bar{Ra}_{\text{пр}}} \right)^{\alpha_2},$$

где $\bar{K}_{Ti}$ и $\bar{K}_{T.\text{пр}}$ – средние значения качества точности приводимой детали и детали-представителя соответственно; $\bar{Ra}_i$ и $\bar{Ra}_{\text{пр}}$ – средние значе-

ния параметра Ra шероховатости поверхности приводимой детали и детали-представителя.

Среднее значение качества точности

$$\bar{K}_T = \frac{\sum K_j n_j}{\sum n_j},$$

где K_j – j -й квалитет; n_j – число размеров j -го квалитета.

Среднее значение параметра Ra шероховатости

$$\bar{Ra} = \frac{\sum Ra_k n_k}{\sum n_k},$$

где Ra_k – k -е значения Ra ; n_k — число поверхностей, имеющих $Ra = k$.

Значения $(\bar{K}_T)^{\alpha_1}$ определяют по следующим нормативам:

K_T	6	7	8	11	12	13
$(\bar{K}_T)^{\alpha_1}$	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8

Значения $(\bar{Ra})^{\alpha_2}$ определяют по следующим нормативам:

$\bar{Ra}$	20	10	5	2,5	1,25	0,63
$(\bar{Ra})^{\alpha_2}$	0,95	0,95	1,0	1,1	1,2	1,4

Пример. Определить коэффициент приведения по сложности для детали, у которой точность обработки соответствует среднему квалитету, равному 12, а среднее значение параметра шероховатости поверхности $\bar{Ra} = 10$ мкм. Аналогичные показатели детали-представителя: 11-й квалитет и $\bar{Ra} = 5$ мкм.

Используя приведенные нормативы, находим

$$K_3 = \frac{0,9}{1} \cdot \frac{0,95}{1} = 0,855.$$

Произведение всех коэффициентов приведения дает общее значение коэффициента приведения для рассматриваемой детали, сборочной единицы или изделия. Приведенная программа для каждого изделия определяется произведением заданной программы выпуска на общий коэффициент приведения.

В результате этого вместо фактической многономенклатурной программы получают эквивалентную ей по трудоемкости приведенную программу, выраженную ограниченным числом изделий-представителей. По этой программе ведут все последующие расчеты. В табл. 1.1 приведен пример расчета приведенной программы.

Проектирование по условной программе применяют, когда невозможно точно определить номенклатуру и технические характеристики будущих машин (опытное, единичное производство). В этом случае программу задают условным изделием, близким по характеристике к изделию, планируемому к изготовлению в данном цехе. Метод проектирования по условной программе очень близок к методу проектирования по приведенной программе, с той лишь разницей, что изделие-представитель является условным. По условному изделию определяется трудоемкость обработки и сборки и выполняются все последующие расчеты.

Таблица 1.1

Пример расчета приведенной программы

Наименование детали	Годовая программа вы- пуска, шт.	Масса, кг	Коэффициент приведения				Приве- денная про- грам- ма, шт.
			по массе	по серийности	по сложности	общий	
Вал 1	200	31	0,87	1,1	1,21	1,16	232
Вал 2	400	38	1	1	1	1	400
Вал 3	300	40	1,03	1,04	0,85	0,91	273
Вал 4	260	37	0,98	1,07	1,1	1,15	300
Вал 5	320	41	1,05	1,03	0,85	0,92	294
Всего	1480					Всего	1499
Примечание. В качестве детали-представителя выбран вал 2.							

Задача 1.1. Определить приведенную программу выпуска деталей. Точная программа выпуска и масса деталей приведены в табл. 1.2. Чертежи представлены на рис. 1.1.–1.10.

Таблица 1.2

Исходные данные для расчета

№	Наименование детали	Обозначение	Масса, кг	Годовая программа выпуска, шт.
1	Вал	МС 12.07.03.01 (рис. 1.1)	3,8	1100
2	Вал	РЦЧ–140.01.00.09 (рис. 1.2)	7,2	1200
3	Стакан	МС 12.12.12.02 (рис. 1.3)	1,6	950
4	Крышка	МС 12.12.12.01 (рис. 1.4)	1,7	760
5	Вал	МС 12.07.05.02 (рис. 1.5)	4,2	1000
6	Вал	МС 12.07.05.01 (рис. 1.6)	2,8	800
7	Вал	МС 12.05.09. (рис. 1.7)	5,6	950
8	Стакан	МС 12.10.18. (рис. 1.8)	0,85	770
9	Стакан	МС 12.10.19. (рис. 1.9)	0,92	680
10	Крышка подшипника	МС 12.10.11. (рис. 1.10)	0,6	700

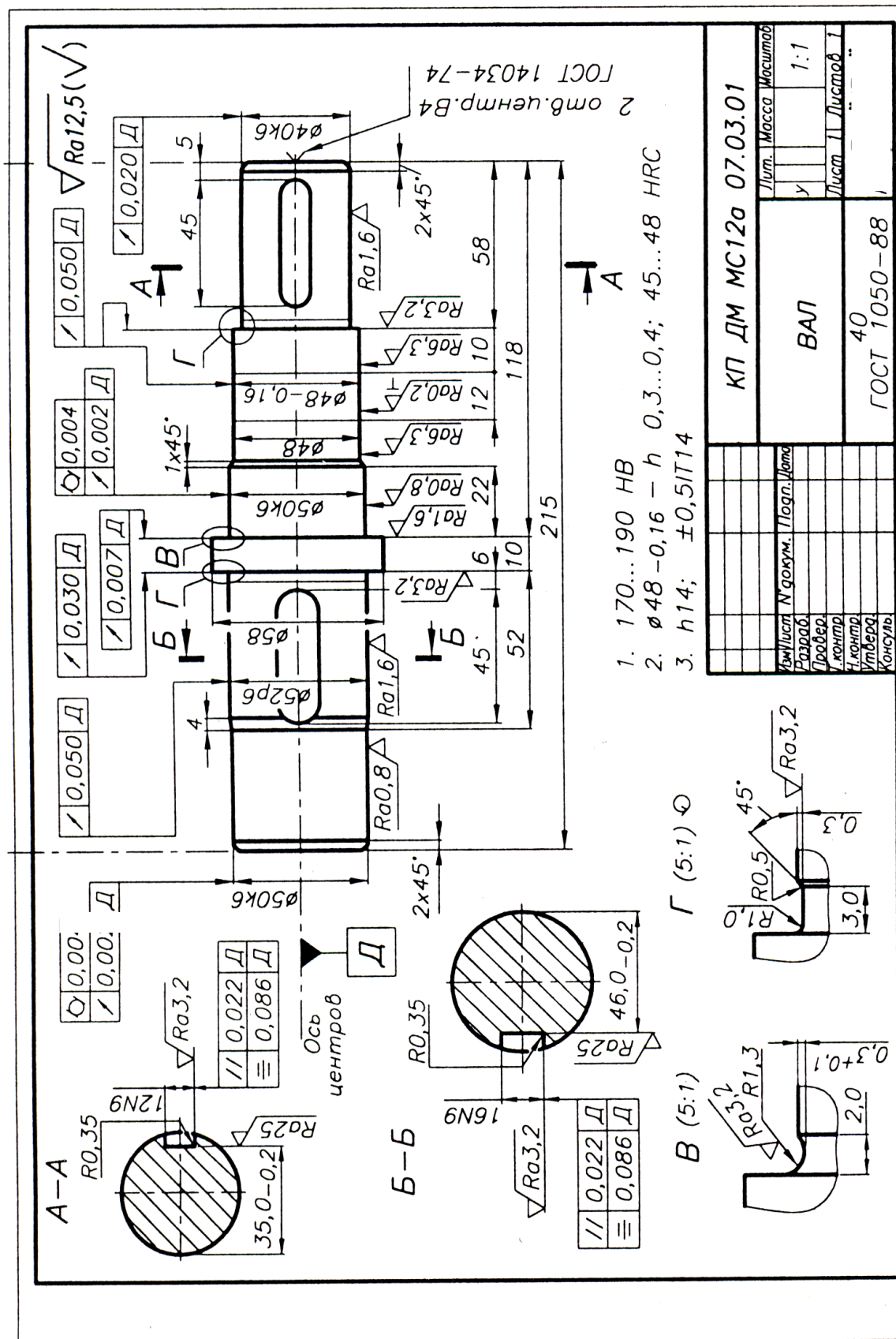


Рис. 1.1. Чертеж вала

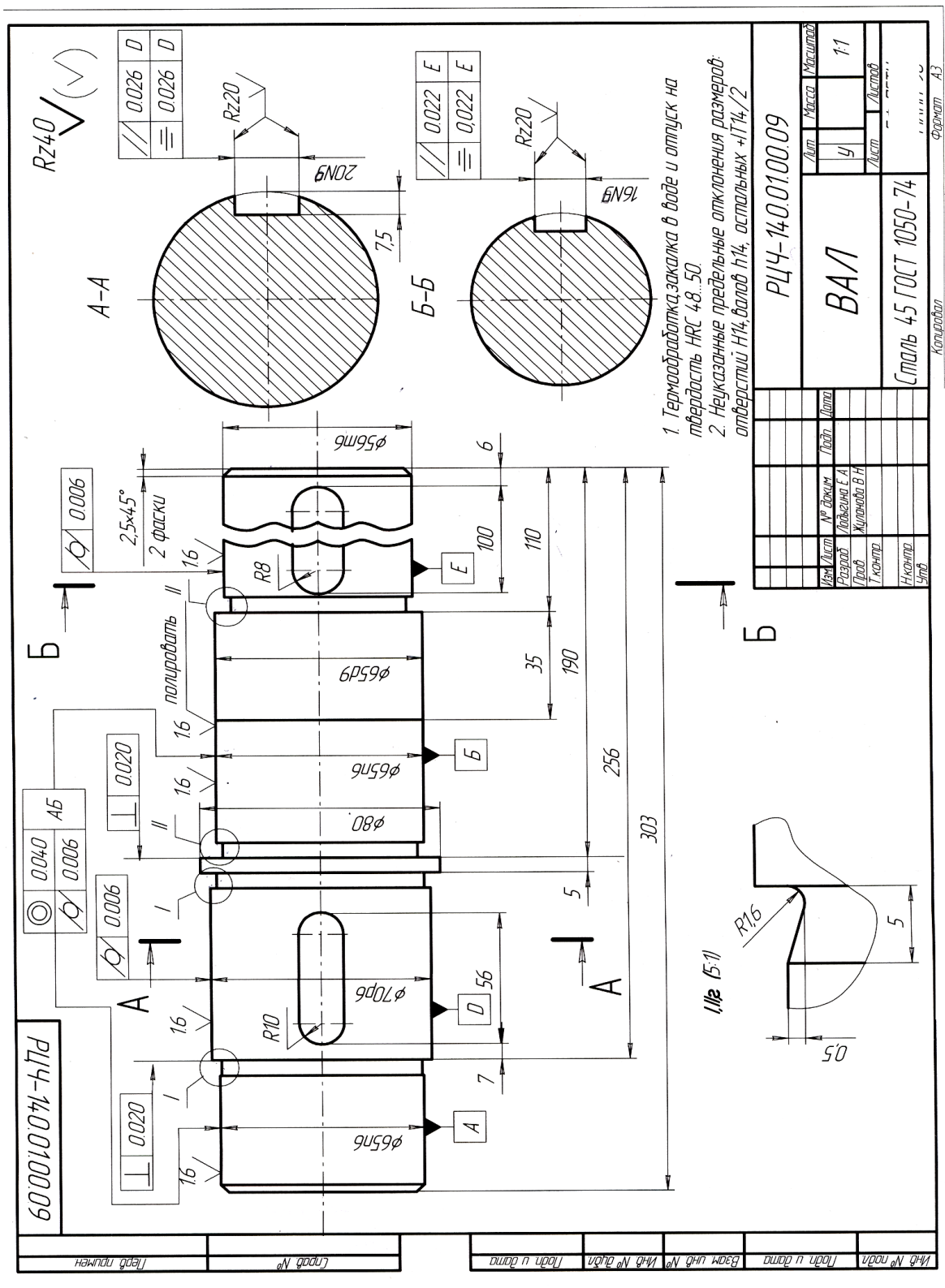


Рис. 1.2. Чертеж вала

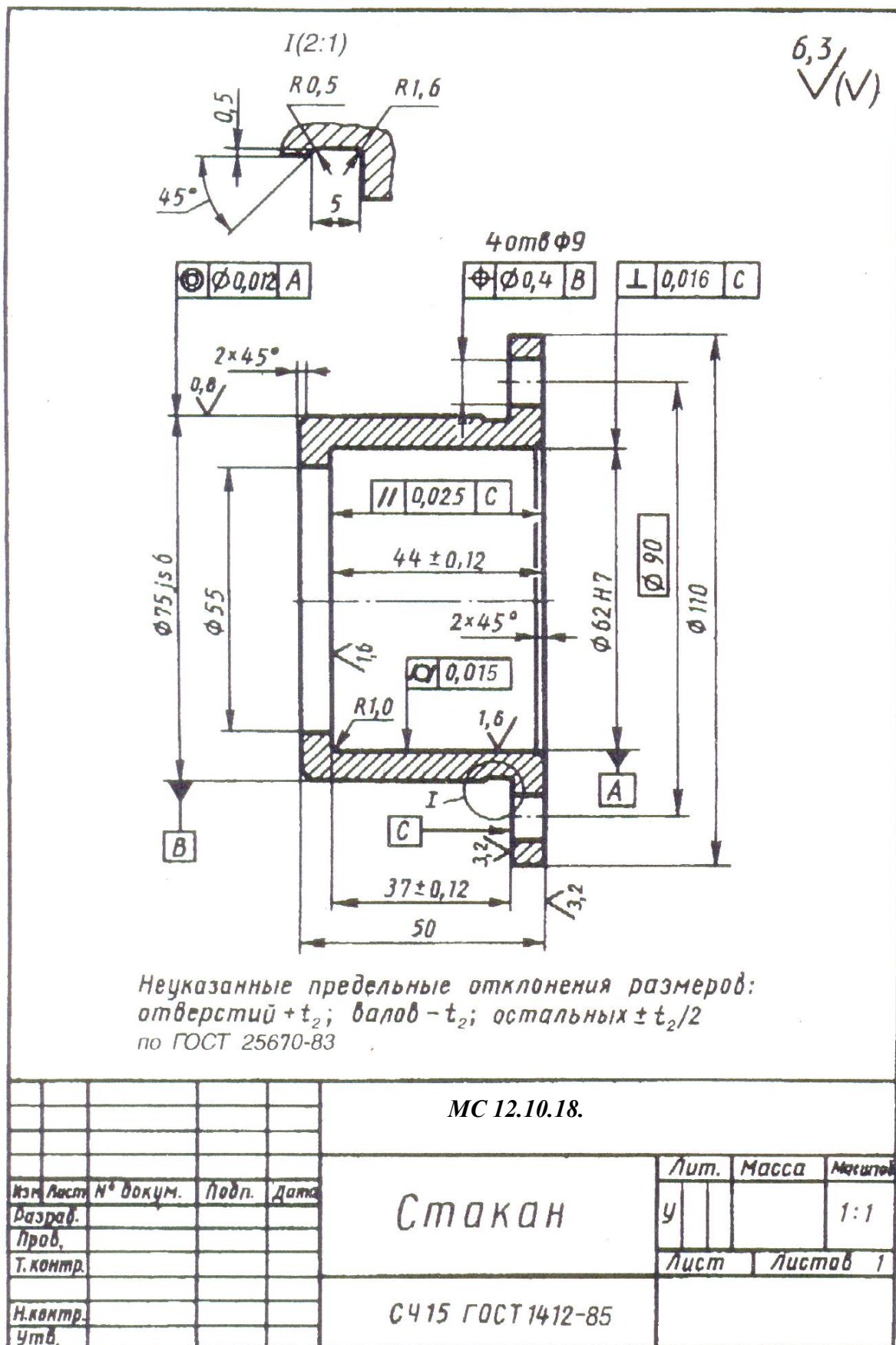


Рис. 1.8. Чертеж стакана

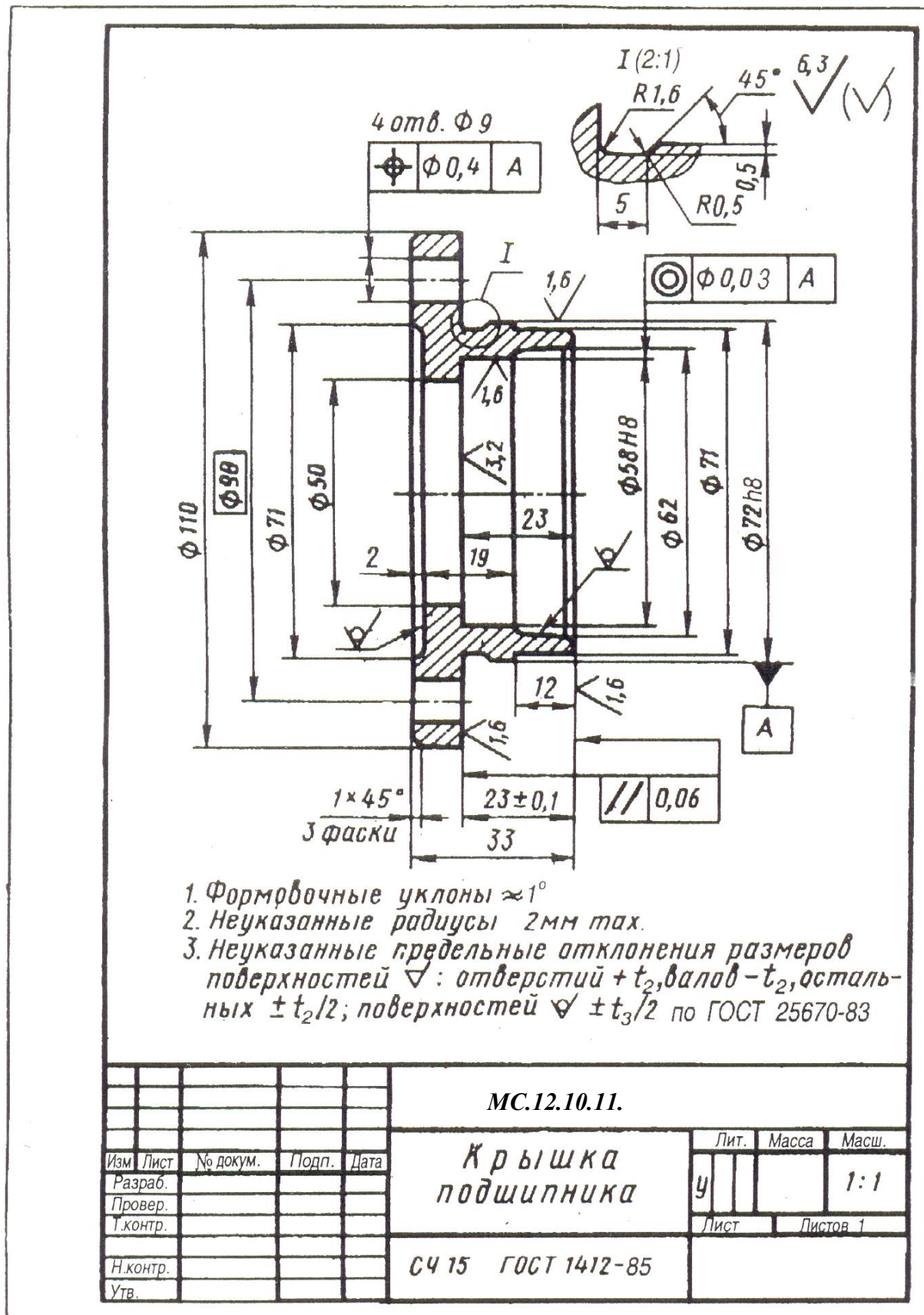


Рис. 1.10. Чертеж крышки подшипника

2. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. Расчет количества оборудования для поточного производства

Поточные методы работы характерны для условий массового и крупно-серийного производства. Оборудование для обработки или рабочие места для сборки размещают при этом последовательно в соответствии с ходом технологического процесса. Длительность операций синхронизируют в соответствии с тактом выпуска. Такт выпуска τ – интервал времени между выпуском двух смежных деталей (изделий) с линии. Расчетный (номинальный) такт выпуска определяется по формуле

$$\tau_p = \frac{F_o \cdot 60}{N}, \text{ мин,}$$

где F_o – эффективный годовой фонд времени работы оборудования (табл. 2.1), ч [1, с. 431]; N – годовая программа выпуска, шт.

Таблица 2.1

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч			
Вид оборудования	Режим работы		
	однос- менный	двухсмен- ный	трехсмен- ный
Металлорежущие станки массой, т: до 10 10...30	2000 1900	3900 3900	5900 5800
Металлорежущие станки с ЧПУ массой, т: до 10 10...30	— —	3900 3800	5800 5700
Многоцелевые станки массой, т: до 10 10...100	—	3800 3700	5700 5600
Автоматические линии	—	3800	5600
ГПМ массой, т: до 10 10...30	— —	3800 3700	5600 (8200) 5500 (8000)
Примечание. В скобках указаны фонды с учетом времени работы оборудования в выходные и праздничные дни.			

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования равен разности номинального фонда и времени неизбежных потерь, вызванных простоями оборудования при планово-предупредительном ремонте.

Действительный такт выпуска определяют по номинальному такту с учетом имеющихся потерь времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места и регламентированные перерывы:

$$\tau = \tau_p \left(1 - \frac{\beta}{100} \right),$$

где β — потери времени, % оперативного времени, на организационно-техническое обслуживание рабочего места и регламентированные перерывы, $\beta = 6 \dots 8$ %.

В массовом производстве характерно применение непрерывно-поточных, т.е. однопредметных линий. В серийном производстве применяют переменно-поточные или групповые поточные многопредметные линии. Различие переменно-поточных и групповых поточных линий состоит в том, что первые при переходе на изготовление другой детали переналаживают, и такт выпуска для различных деталей различный, во втором случае на линии одновременно либо последовательно изготавливаются несколько деталей без переналадки.

Число станков в *непрерывно-поточной линии* определяют для каждой операции (в автоматической линии для каждой позиции). При этом сначала определяют расчетное число станков по формуле

$$C_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{ш}}}{\tau},$$

где $t_{\text{ш}}$ — штучное время (станкоемкость) выполнения операции, мин; τ — такт выпуска деталей с линии, мин.

Вычисленное значение $C_{\text{расч}}$ округляют до ближайшего большего целого числа, получая при этом количество технологического оборудования $C_{\text{пр}}$, принятое для выполнения данной операции. Коэффициент загрузки технологического оборудования на данной операции

$$k_3 = \frac{C_{\text{расч}}}{C_{\text{пр}}}.$$

Следует учесть, что k_3 не может быть больше 1. В случае незначительного превышения (на 0,05...0,1) расчетного количества технологического оборудования над ближайшим целым числом необходимо пересмотреть содержание данной операции в отношении изменения режима резания,

структуры операции, применяемых режущих инструментов и оснастки с целью повышения производительности обработки. Что позволить скорректировать расчетное количество оборудования и повысить средний коэффициент загрузки оборудования линии.

Качество проектирования производственных систем в определенной степени определяется средним коэффициентом загрузки станков поточной линии:

$$k_{з.ср} = \frac{\sum_{i=1}^m C_{расч i}}{\sum_{i=1}^m C_{пр i}},$$

где $C_{расч i}$ и $C_{пр i}$ – соответственно расчетное и принятое количество оборудования на i -ой операции; m – количество операций механообработки, выполняемых на линии.

Рационально для поточной линии иметь $k_{з.ср} > 0,75$.

Для *переменно-поточных и групповых поточных линий* число станков на каждую операцию рассчитывают по штучно-калькуляционному времени и программе выпуска каждой закрепленной за линией детали:

$$C_{расч} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ш-к i} N_i}{F_o \cdot 60},$$

где $t_{ш-к i}$ и N_i – соответственно штучно-калькуляционное время операции изготовления i -ой детали на станке и ее программа выпуска; F_o – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч; n – количество разных деталей, изготавливаемых на данной линии.

При отсутствии данных о подготовительно-заключительном времени расчет станков на каждую операцию переменнo-поточной линии можно вести по штучному времени $t_{ш i}$:

$$C_{расч} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ш i} N_i}{F_o \cdot 60 K_{п}},$$

где K_{Π} – коэффициент переналадки, обычно $K_{\Pi} = 0,95$, а для групповых поточных линий, не требующих переналадки, $K_{\Pi} = 1$.

Пример расчета количества технологического оборудования переменнo-поточной линии приведен в табл.2.2. На линии обрабатываются три вида деталей. Технологический процесс обработки состоит из пяти операций. В соответствующей графе для каждой операции в числителе указано штучное время изготовления детали и в знаменателе расчетное значение $C'_{расч i} = t_{ш i} N_i / (F_o \cdot 60 K_{\Pi})$, выражающее число станков, необходимое для выполнения данной операции изготовления рассматриваемой детали. Суммируя по вертикали значения $C'_{расч i}$ для каждой операции, определяют расчетное $C_{расч}$ и принятое C_{Π} число станков для каждой операции.

Таблица 2.2

Пример расчета количества станков переменнo-поточной линии

№	Наименование детали	Годовая программа выпуска, шт	Такт выпуска, мин	Штучное время $t_{ш i}$ / расчетное значение числа станков на операцию $C'_{расч i}$				
				Фрезерный станок	Токарный станок	Токарный станок	Сверлильный станок	Шлифовальный станок
1	Деталь А	7000	12	10,0/0,31	—	9,0/0,27	8,0/0,24	21,0/0,63
2	Деталь Б	3000	27,5	16,0/0,2	23,0/0,3	21,0/0,27	18,0/0,23	50,0/0,65
3	Деталь В	3000	22,5	18,0/0,23	21,0/0,27	18,0/0,23	20,0/0,26	36,0/0,46
Расчетное число станков $C_{расч}$				0,74	0,57	0,77	0,73	1,74
Принятое число станков C_{Π}				1	1	1	1	2
Коэффициент загрузки k_3				0,74	0,57	0,77	0,73	0,87

Для возможности планирования необходимо решить задачу по определению продолжительности выпуска каждого вида деталей с переменнo-поточной линии. Эффективный фонд времени работы линии с учетом по-

ть времени на переналадку в плановом периоде распределяется между закрепленными за линией деталями пропорционально трудоемкости программных заданий.

Фонд времени за планируемый период (месяц), необходимый для изготовления деталей определенного наименования Φ_a рассчитывается по формуле

$$\Phi_a = F_o K_{\Pi} \frac{N_a T_a}{\sum_{i=1}^m N_i T_i},$$

где N_i – программа задания по отдельным видам деталей, изготавливаемых на линии за планируемый период (месяц), шт.; N_a – программа задания по рассматриваемой детали за планируемый период (месяц), шт.; T_i – трудоемкость изготовления i -ой детали, изготавливаемой на данной линии, ч; T_a – трудоемкость изготовления рассматриваемой детали, ч; m – количество закрепленных за линией деталей.

Частный рабочий такт обработки отдельной детали определяется по формуле

$$\tau_a = \frac{\Phi_a}{N_a}.$$

Пример. На переменнo-поточной линии обрабатываются три наименования деталей: А, Б, В. Программа выпуска за месяц составляет: деталь А – 3000, деталь Б – 2000, В – 4000. Размер партии принимается равным месячной программе. Линия работает в две смены 23 дня в месяц. Потери времени на переналадку 5%, плановый ремонт оборудования проводится в нерабочее время. Необходимо рассчитать рабочие такты, продолжительность выпуска каждой детали, необходимое количество оборудования по операциям. Трудоемкость операций отражена в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Деталь	Норма штучного времени на станках, мин				
	револьверных	токарных	горизонтально-фрезерных	шлифовальных	всего
А	7,0	2,5	5,0	2,5	17,0
Б	6,2	2,1	4,3	2,1	14,7
В	7,1	2,4	4,8	2,3	16,6

Продолжительность выпуска детали А:

$$\Phi_A = F_o K_{\Pi m} \frac{N_A T_A}{\sum_{i=1} N_i T_i};$$

$$\Phi_A = (23 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60) \cdot 0,95 \frac{3000 \cdot 17,0}{3000 \cdot 17,0 + 2000 \cdot 14,7 + 4000 \cdot 16,6} =$$

$$= 20976 \cdot 0,35 = 7341,6 \text{ мин} \approx 122 \text{ ч} \approx 15,3 \text{ смен.}$$

Частный рабочий такт обработки детали А:

$$\tau_A = \frac{\Phi_A}{N_A};$$

$$\tau_A = \frac{7341,6}{3000} = 2,5.$$

Для деталей Б и В продолжительность выпуска и частный рабочий такт рассчитаны аналогично, результаты сведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Деталь	Программа выпуска за месяц N_i , шт.	Трудоемкость T_i , мин	Суммарная трудоемкость месячного задания $N_i T_i$		Продолжительность выпуска деталей Φ_a			Частный рабочий такт τ_a , мин
			в мин	в %	в мин	в ч	в сменах	
А	3 000	17,0	51 000	35	7 342	122	15,3	2,5
Б	2 000	14,7	29 400	20	4 201	70	8,8	2,1
В	4 000	16,6	66 400	45	9 488	158	19,7	2,4
Итого			146 800	100	21 031	350	43,8	—

Расчет количества оборудования по всем операциям выполняется по формуле

$$C_{\text{расч}i} = \frac{t_{\text{ш}i}}{\tau_i}.$$

Расчет для первой операции детали А:

$$C_{\text{расч}A1} = \frac{7,0}{2,5} = 2,8.$$

Дробное значение округляем до ближайшего большего целого, тогда принятое число станков $C = 3$. Расчеты по всем операциям выполняются аналогично, результаты сведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Деталь	Станки							
	револьверные		токарные		фрезерные		шлифовальные	
	$C_{\text{расч}}$	C	$C_{\text{расч}}$	C	$C_{\text{расч}}$	C	$C_{\text{расч}}$	C
А	2,8	3	1	1	2	2	1	1
Б	2,95	3	1	1	2,05	2	1	1
В	2,96	3	1	1	2	2	0,95	1

Анализ таблицы показывает, что при обработке различных деталей число станков по операциям одинаковое. Это обеспечит оптимальные условия для организации работы участка. Для фрезерной операции детали Б имеем незначительное превышение (на 0,05) расчетного количества технологического оборудования над ближайшим целым числом. Принято решение пересмотреть содержание данной операции в отношении изменения режима резания, структуры операции, применяемых режущих инструментов и оснастки с целью повышения производительности обработки.

2.2. Расчет количества оборудования для серийного непоточного производства

При проектировании цехов и участков серийного непоточного производства количество станков определяют по каждому типоразмеру оборудования для каждого участка на основе данных о станкоемкости деталей, закрепленных для обработки за данным участком. Расчетное число станков для этого случая:

$$C_{\text{расч}} = \frac{T_{C\Sigma}}{F_o},$$

где $T_{C\Sigma}$ – суммарная станкоемкость обработки годовой программы выпуска деталей, обрабатываемых на участке на станках данного типоразмера, станко-ч; F_o – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Суммарная станкоемкость обработки

$$T_{C\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{\text{ш-к } i, j} N_i}{60},$$

где $t_{\text{ш-к } i, j}$ – штучно-калькуляционное время выполнения j -й операции изготовления i -й детали станко-мин; N_i – годовая программа выпуска i -х деталей; n – число разных деталей, изготавливаемых на станках данного типоразмера; m – число операций обработки i -й детали на станках данного типоразмера.

При проектировании по приведенной программе в формулу для определения станкоемкости подставляют штучно-калькуляционное время операций изготовления деталей-представителей и размер приведенной программы. Полученное расчетное значение $C_{\text{расч}}$ округляют до ближайшего большего целого и получают принятое число станков $C_{\text{п}}$, подсчитывается коэффициент загрузки. Средний коэффициент загрузки станков участка или цеха непоточного серийного производства, как правило, выше чем на поточных линиях, и составляет 0,8...0,85.

Задача 2.1. Рассчитать такт выпуска непрерывно-поточной линии, необходимое количество оборудования, коэффициент его загрузки на каждой операции. Годовая программа выпуска 59 450 шт. Режим работы двухсменный. Обработка выполняется на металлорежущих станках полуавтоматах массой до 50 тонн.

Нормы штучного времени по операциям приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

№ операции	1	2	3	4	5	6	7	8
Норма штучного времени, мин	7,8	11,6	3,6	3,8	7,6	11,7	15,6	15,5

Задача 2.2. Определить такт выпуска непрерывно-поточной линии обработки маховика, необходимое число станков и коэффициент их загрузки. Сменная программа выпуска линии 143 шт. Технологические потери времени составляют в среднем 2%; регламентированные перерывы в работе линии 6% от продолжительности смены. Технологический маршрут обработки и нормы штучного времени приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

№ операции	Операция	Норма штучного времени, мин
1	Токарная	5,48
2	Токарная	6,1
3	Токарная	12,1
4	Сверлильная	3,2
5	Фрезерная	2,9
6	Протяжная	3,0
7	Шлифовальная	5,9

Задача 2.3. Поточная линия обработки клапана мотора должна работать с тактом выпуска 3,8 мин. Технологический маршрут обработки и нормы штучного времени приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

№ операции	Операция	Норма штучного времени, мин
1	Токарная	1,6
2	Токарная	7,3
3	Токарная	3,6
4	Шлифовальная	1,0
5	Сверлильная	6,2
6	Фрезерная	6,1
7	Расточная	1,7
8	Шлифовальная	5,92
9	Шлифовальная	5,6

Определить необходимое число станков по операциям и их загрузку, а также сменную программу выпуска, при которой будет достигнута наибольшая загрузка рабочих мест на линии. Технологические потери времени составляют в среднем 2%; регламентированные перерывы в работе линии 6 % от продолжительности смены.

Задача 2.4. На переменнo-поточной линии обрабатывается пять наименований деталей с одинаковым технологическим маршрутом. Трудоемкость значительно отличается лишь на 1-й и 5-й операциях. На указанных операциях оборудование при обработке отдельных деталей используется не полностью. Линия работает с одним тактом для всех деталей. Режим ра-

боты линии — 23 рабочих дня в месяц, в две смены. Потери времени на переналадку 6,5 %; плановый ремонт оборудования выполняется в нерабочее время. Определить такт выпуска линии и число станков по операциям. Программа выпуска и трудоемкость каждого наименования деталей приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

№ операции	Операция	Программа выпуска на месяц и трудоемкость выполняемых операций, мин				
		А	Б	В	Г	Д
		8000	5000	3000	1000	3000
1	Токарная	4,0	7,0	5,2	6,7	4,8
2	Токарная	2,1	2,1	2,2	2,1	2
3	Сверлильная	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
4	Фрезерная	3,2	3,2	3,3	3,4	3,3
5	Шлифовальная	1,5	1,5	2,3	3,9	1,5
Итого		12,0	15,0	14,2	17,3	12,8

Задача 2.5. На переменнo-пoтoчнoй линии обрабатывается три наименования деталей с одинаковым технологическим маршрутом. Программа выпуска за месяц составляет: деталь А — 3000, деталь Б — 2000, В — 1000. Размер партии принимается равным месячной программе. Линия работает в две смены 22 дня в месяц. Потери времени на переналадку 5%, плановый ремонт оборудования проводится в нерабочее время. Необходимо рассчитать рабочие такты, продолжительность выпуска каждой детали, необходимое количество оборудования по операциям. Трудоемкость операций отражена в табл. 2.10.

Таблица 2.10

№ операции	Норма штучного времени, мин для деталей		
	А	Б	В
1	2,1	3,9	4,1
2	4,2	5,8	10,2
3	1,5	3,2	6,1
4	2,6	5,3	9,2

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАБОЧИХ ДЛЯ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Число производственных рабочих-станочников определяют на основе анализа условий многостаночного обслуживания с учетом плана размещения оборудования. Под многостаночным обслуживанием понимается одновременная работа станочника на нескольких единицах полуавтоматического технологического оборудования. Многостаночная работа требует соблюдения определенной последовательности выполнения приемов работы, связанных с обслуживанием оборудования, к которому станочник подходит через определенные промежутки времени. Основное условие многостаночного обслуживания: станочник может выполнить ручные и машинно-ручные приемы работы на каждом станке за время автоматической работы остальных станков, т.е.

$$t_{\text{см}} \geq \sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{зан.}i},$$

где $t_{\text{см}}$ – свободное машинное время, в течение которого станок работает без участия рабочего, рабочий свободен от обслуживания станка и актив-

ного наблюдения за его работой, мин; $\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{зан.}i}$ – суммарное время заня-

тости рабочего обслуживанием и активным наблюдением за работой других станков с учетом времени на переход от одного станка к другому, мин; n – число станков обслуживаемых одним рабочим.

Несколько станков, обслуживаемых одним рабочим, образуют зону обслуживания. Рекомендуемая норма обслуживания составляет 2–5 станков. В одну зону обслуживания следует объединять станки расположенные рядом на планировке оборудования. Кроме того необходимо учесть, что работа без простоев станков возможна только при условии равенства или кратности оперативных времен выполняемых операций. Если это условие осуществить не удастся, то для обеспечения минимальных значений простоев следует подбирать операции с близкими оперативными временами. В ином случае простои могут быть весьма значительными.

При организации многостаночного обслуживания необходимо определить следующие параметры:

- 1) количество одновременно обслуживаемых единиц оборудования – n ;
- 2) длительность цикла многостаночного обслуживания – $T_{\text{мс}}$;
- 3) коэффициент занятости рабочего – $K_{\text{зан}}$;
- 4) величина свободного времени рабочего внутри цикла многостаночного обслуживания – $t_{\text{своб}}$;

5) коэффициент загрузки оборудования внутри цикла многостаночного обслуживания – $k_{з.мс}$.

Эти параметра могут быть определены аналитическим расчетом или путем построения циклограммы многостаночного обслуживания. Вторым методом более наглядный. На циклограмме изображают в масштабе временные отрезки, отображающие структуру цикла многостаночного обслуживания. Применяемые условные обозначения представлены на рис. 3.1.

При обслуживании *станков-дублеров*, выполняющих одинаковую операцию, число станков, обслуживаемых одним рабочим определяется по формуле

$$n = \frac{t_{см}}{t_{зан}} + 1.$$

Свободное машинное время, в течение которого рабочий свободен от обслуживания станка и активного наблюдения за его работой

$$t_{см} = t_m - (t_{р.пер} + t_{п} + t_{набл}),$$

где t_m – машинное время работы станка, мин; $t_{р.пер}$ – вспомогательное перекрываемое ручное время, мин; $t_{п}$ – время перехода рабочего от одного станка к другому, в среднем $t_{п} = 0,15...0,2$ мин; $t_{набл}$ – время активного наблюдения за работой станка, в среднем $t_{набл} = 0,25...0,3$ мин.

Время занятости рабочего определяется следующим образом:

$$t_{зан} = t_{р.неп} + t_{р.пер} + t_{п} + t_{набл},$$

где $t_{р.неп}$ – вспомогательное неперекрываемое ручное время, мин.

Длительность цикла многостаночного обслуживания $T_{мс}$ – промежуток времени, в течение которого рабочий обслуживает все станки, входящие в его зону обслуживания.

Если при расчете количества станков-дублеров, обслуживаемых одним рабочим, отношение $t_{см}/t_{зан}$ является целым числом, то за время цикла наблюдается полная занятость рабочего и отсутствие простоев оборудования.

Если полученное дробное отношение $t_{см}/t_{зан}$ при расчете количества станков-дублеров, обслуживаемых одним рабочим, округлить до ближайшего меньшего, то рабочий внутри цикла будет иметь свободное время. Структура такого цикла многостаночного обслуживания станков-дублеров представлена на рис. 3.2. Длительность цикла в рассматриваемом случае при обслуживании станков-дублеров равна оперативному времени $t_{оп}$, т.е. $T_{мс} = t_{оп} = t_m + t_{р.неп}$. $T_{мс} = 3,4$ мин.

Величина свободного времени рабочего внутри цикла многостаночного обслуживания станков-дублеров

$$t_{своб} = T_{мс} - t_{зан} \cdot n.$$

В данном примере (см. рис. 3.2) время занятости рабочего на станке $t_{\text{зан}} = 1,16$ мин., тогда свободное время рабочего внутри цикла

$$t_{\text{своб}} = 3,4 - 1,16 \cdot 2 = 1,08 \text{ мин.}$$

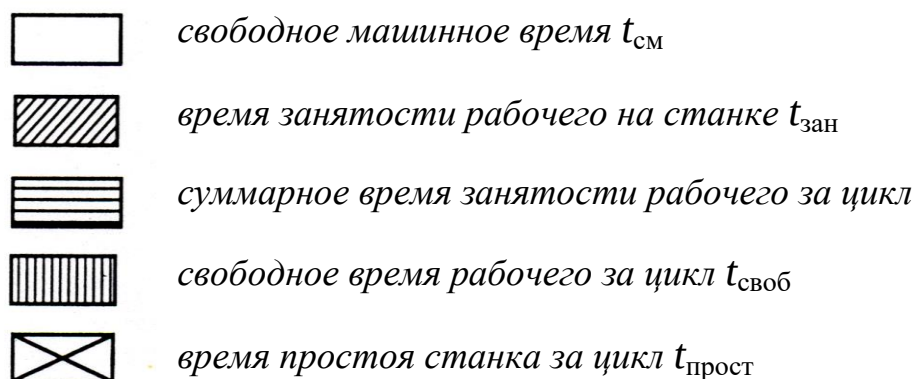


Рис. 3.1. Условные обозначения

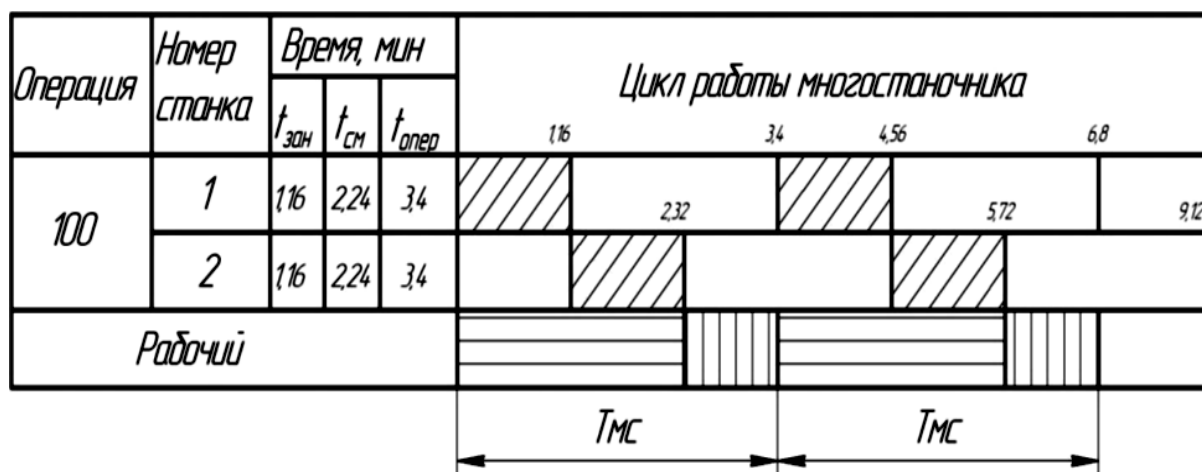


Рис. 3.2. Циклограмма многостаночного обслуживания станков-дублеров

Если полученное дробное отношение $t_{\text{см}}/t_{\text{зан}}$ округлить до ближайшего большего значения, то оборудование в каждом цикле многостаночного об-

служивания будет простаивать, ожидая подхода рабочего для обслуживания. Величина простоя оборудования внутри цикла в этом случае составит

$$t_{\text{прост}} = T_{\text{мс}} - t_{\text{оп}} = t_{\text{зан}}(n - 1) - t_{\text{см}}.$$

Сложнее определить число станков, обслуживаемых одним рабочим, при выполнении на этих станках разных по продолжительности операций. Рационально в этом случае построить циклограмму многостаночного обслуживания, которая графически отображает структуру цикла многостаночного обслуживания.

Для станков с различной продолжительностью операций при определении длительности цикла сопоставляют время занятости рабочего обслуживанием станков $\sum_{i=1}^n t_{\text{зан}.i}$ с наибольшим оперативным временем обработки на станке, входящем в предполагаемую зону обслуживания $t_{\text{оп.мах}}$.

Если $\sum_{i=1}^n t_{\text{зан}.i} > t_{\text{оп.мах}}$, то длительность цикла принимают равной

суммарному времени обслуживания станков: $T_{\text{мс}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{зан}.i}$. Время простоя i -го станка, возникающее при этом составит $t_{\text{прост. } i} = T_{\text{мс}} - t_{\text{оп. } i}$, а занятость рабочего полная.

Если $\sum_{i=1}^n t_{\text{зан}.i} \leq t_{\text{оп.мах}}$, то длительность цикла принимают равной

максимальному оперативному времени: $T_{\text{мс}} = t_{\text{оп.мах}}$. В этом случае имеется свободное время у рабочего в течение цикла многостаночного обслуживания:

$t_{\text{своб}} = T_{\text{мс}} - \sum_{i=1}^n t_{\text{зан}.i}$. Время простоя станка, имеющего меньшее оперативное время: $t_{\text{прост. } i} = T_{\text{мс}} - t_{\text{оп. } i}$.

Кроме этого необходимо учесть следующее: длительность цикла многостаночного обслуживания должна быть равна или кратна действительному такту выпуска. Пример: действительный такт выпуска $\tau = 3,5$ мин, максимальное оперативное время на операции $t_{\text{оп.мах}} = 6,5$ мин, время цикла принимают $T_{\text{мс}} = 7$ мин.

Коэффициент занятости рабочего определяется по формуле

$$K_{\text{зан}} = \frac{T_{\text{мс}} - t_{\text{своб}}}{T_{\text{мс}}}.$$

Коэффициент загрузки оборудования в течение цикла:

$$k_{\text{з.мс}} = \frac{T_{\text{мс}} - t_{\text{прост}}}{T_{\text{мс}}}.$$

Коэффициент загрузки оборудования в течение цикла $k_{\text{з.мс}}$ должен быть не менее ранее рассчитанного $k_{\text{з}} = \frac{C_{\text{расч}}}{C_{\text{пр}}}$, иначе время простоя станков

внутри цикла превышает допустимое значение и принятого количества станков будет недостаточно для выполнения программы выпуска. В таком случае необходимо применить другой вариант обслуживания станков.

На рис. 3.3 представлена циклограмма многостаночного обслуживания станков с разными нормами оперативного времени $t_{\text{оп}}$, имеется простой второго станка с меньшим оперативным временем и неполная занятость рабочего. Длительность цикла $T_{\text{мс}} = t_{\text{оп.мах}} = 2,3$ мин; $t_{\text{прост. 025}} = T_{\text{мс}} - t_{\text{оп.025}} = 2,3 - 1,9 = 0,4$ мин; $t_{\text{своб}} = 0,7$ мин.

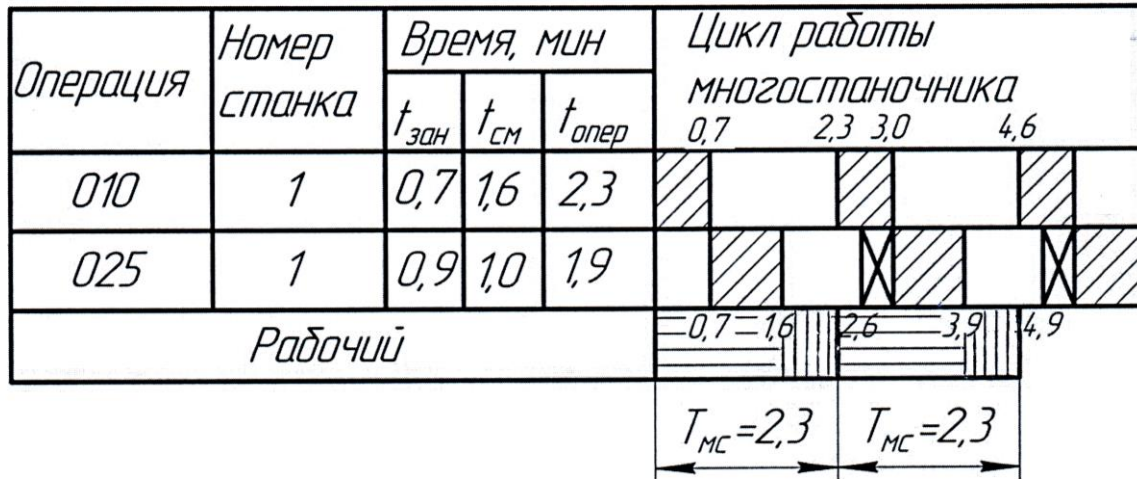


Рис. 3.3. Циклограмма многостаночного обслуживания станков с разными нормами оперативного времени

В примере, представленном на рис. 3.4, длительность цикла

$$T_{\text{мс}} = t_{\text{оп.мах}} = 13,2 \text{ мин}; \quad t_{\text{прост. 040}} = T_{\text{мс}} - t_{\text{оп.040}} = 13,2 - 9,8 = 3,4 \text{ мин};$$

$$t_{\text{своб}} = 7,5 \text{ мин}.$$

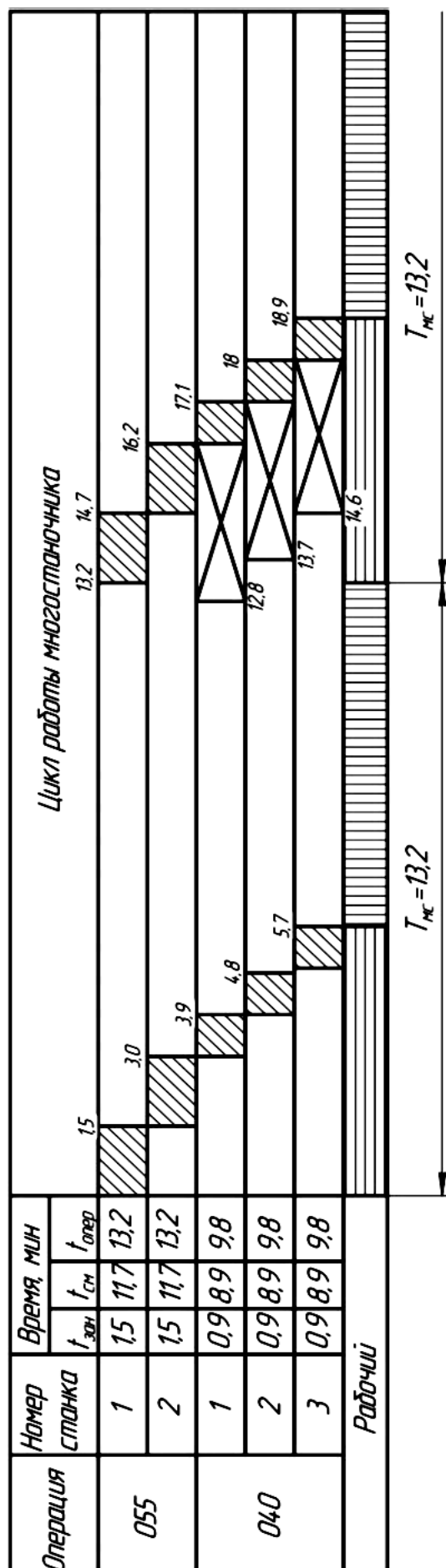


Рис. 3.4. Циклограмма многостаночного обслуживания 2-х станков на операции 055 и 3-х станков на операции 040

На рис. 3.5 представлена циклограмма многостаночного обслуживания станков, которые имеют разные нормы оперативного времени $t_{оп1} = 2,85$ мин, $t_{оп2} = 3,5$ мин и одинаковые нормы ручного времени $t_{р.неп} = 0,65$ мин по операциям. С учетом времени на переход рабочего от одного станка к другому $t_{п} = 0,15$ мин и времени активного наблюдения за работой станка $t_{набл} = 0,25$ мин время занятости

$$t_{зан} = t_{р.неп} + t_{р.пер} + t_{п} + t_{набл} = 0,65 + 0 + 0,15 + 0,25 = 1,05 \text{ мин.}$$

В этом случае $\sum_{i=1}^n t_{зан.i} > t_{оп.макс}$, поэтому длительность цикла принимают равной суммарному времени обслуживания станков: $T_{мс} =$

$$= \sum_{i=1}^n t_{зан.i} = 4,2 \text{ мин.}$$

Имеются простои станков на всех операциях, но

занятость рабочего полная. Коэффициент занятости рабочего $K_{зан.} = 1$.

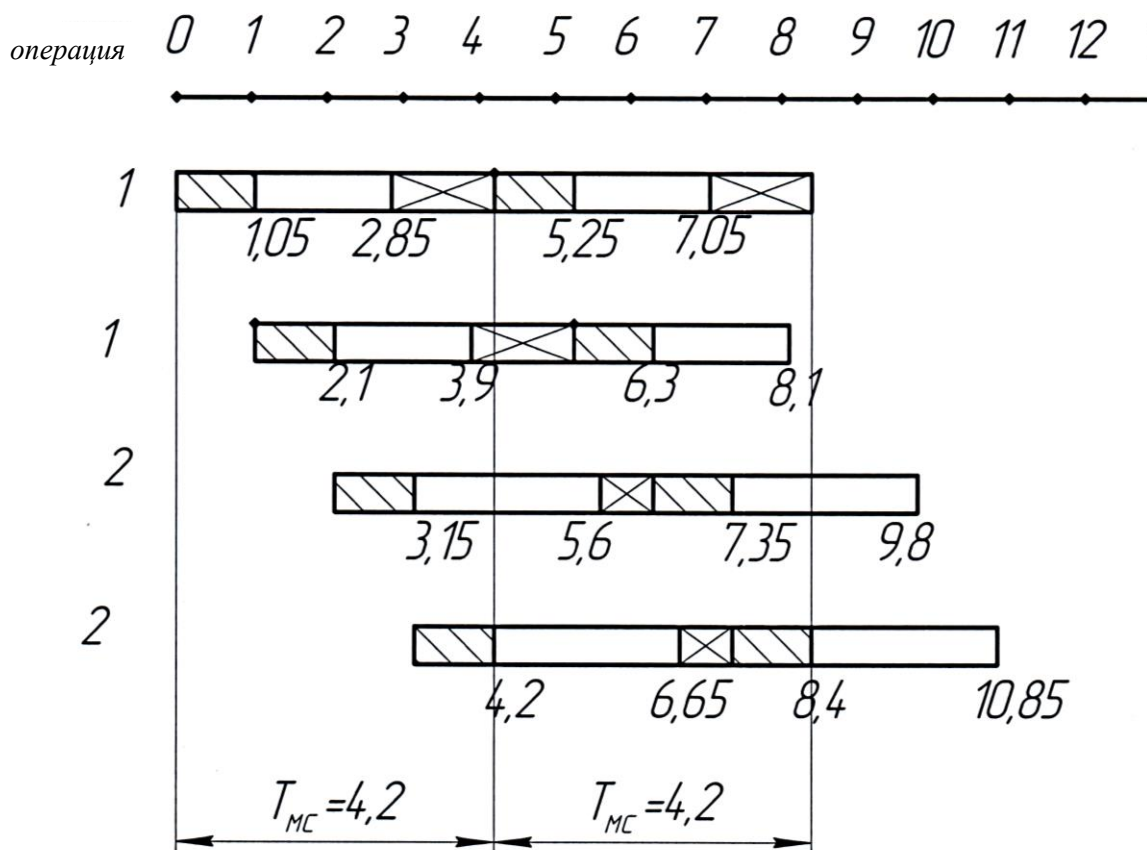


Рис. 3.5. Циклограмма многостаночного обслуживания 2-х станков на операции №1 и 2-х станков на операции №2

Коэффициент загрузки оборудования в течение цикла на операции №1:

$$k_{з.мс.1} = \frac{T_{мс} - t_{прост.1}}{T_{мс}} = \frac{4,2 - 1,35}{4,2} = 0,68.$$

Коэффициент загрузки оборудования в течение цикла на операции №2:

$$k_{з.мс.2} = \frac{T_{мс} - t_{прост.2}}{T_{мс}} = \frac{4,2 - 0,7}{4,2} = 0,83.$$

Задача 3.1. Рассчитать количество станков-дублеров, которое может обслужить один многостаночник при условии, что машинно-автоматическое время без участия рабочего равно 10,5 мин, а время занятости рабочего 1,7 мин. Определить величину простоев станков в цикле, если рабочему дать для обслуживания на один станок больше рассчитанного.

Задача 3.2. Определить аналитически и графически путем построения циклограммы количество станков-дублеров, которое может обслужить один многостаночник и свободное время рабочего в течение цикла многостаночного обслуживания, если машинное время равно 9,4 мин, ручное неперекрываемое равно 2,3 мин, перекрываемое ручное время равно 0 мин; время перехода рабочего от одного станка к другому принять 0,2 мин; а время активного наблюдения за работой станка — 0,3 мин.

Задача 3.3. Как распределить шесть станков, предназначенных для многостаночного обслуживания, между двумя рабочими, если необходимо обеспечить минимальные простои станков в течение цикла многостаночного обслуживания. Структура норм времени приведена в табл. 3.1. Время перехода рабочего от одного станка к другому принять 0,15 мин; а время активного наблюдения за работой станка — 0,25 мин, перекрываемое ручное время равно 0 мин.

Таблица 3.1

Норма времени, мин	Станки					
	1	2	3	4	5	6
Машинное	8,9	8,2	5,4	9,1	5,0	4,8
Ручное	2,2	1,8	1,5	1,6	1,2	1,5

Построить циклограммы многостаночного обслуживания, определить время простоя станков, величину свободного времени рабочего, коэффициент занятости рабочего, коэффициент загрузки оборудования в течение цикла.

Задача 3.4. Из десяти станков, на которых выполняются различные операции, необходимо создать три комплекта для многостаночного обслуживания, обеспечив при этом минимальные простои оборудования. Структура норм времени приведена в табл. 3.2. Время перехода рабочего от од-

ного станка к другому принять 0,2 мин; а время активного наблюдения за работой станка — 0,3 мин, перекрываемое ручное время равно 0 мин.

Таблица 3.2

Норма времени, мин	Станки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Машинное	7,2	4,6	4,9	7,6	3,5	4,6	3,2	6,8	3,6	2,8
Ручное	1,5	1,3	1,2	1,6	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2

Построить циклограммы многостаночного обслуживания, определить время простоя станков, величину свободного времени рабочего, коэффициент занятости рабочего, коэффициент загрузки оборудования в течение цикла.

Задача 3.5. Какие станки следует закрепить за каждым из двух рабочих для многостаночного обслуживания, если необходимо обеспечить минимальное время простоя станков. Структура норм времени приведена в табл. 3.3. Время перехода рабочего от одного станка к другому принять 0,2 мин; а время активного наблюдения за работой станка – 0,3 мин, перекрываемое ручное время равно 0 мин.

Таблица 3.3

Норма времени, мин	Станки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Машинное	8,2	7,6	7,9	5,6	5,3	7,7	8,4	5,5	5,6	4,8
Ручное	1,5	1,3	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	1,2

Построить циклограммы многостаночного обслуживания, определить время простоя станков, величину свободного времени рабочего, коэффициент занятости рабочего, коэффициент загрузки оборудования в течение цикла.

Задача 3.6. На поточной линии производится механическая обработка деталей с годовой программой выпуска 60 000 шт. Режим работы двухсменный. Обработка выполняется на металлорежущих станках полуавтоматах массой до 50 тонн. Рассчитать такт выпуска непрерывно-поточной линии, необходимое количество оборудования, коэффициент его загрузки на каждой операции. Определить рациональное число рабочих для многостаночного обслуживания. Построить циклограммы многостаночного обслуживания, определить время простоя станков, величину свободного времени рабочего, коэффициент занятости рабочего, коэффициент загрузки оборудования в течение цикла. Нормы времени по операциям приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

№ операции	1	2	3	4	5	6	7	8
Норма штучного времени, мин	7,6	7,8	3,6	3,8	7,5	11,2	7,7	15,5
Время оперативное, мин	7	7,1	3,3	3,5	6,8	10,4	7,2	14,3
Время машинное, мин	6,95	7,05	2,4	2,7	5,7	9,5	7,15	13,2
Время вспомогательное ручное неперекрываемое, мин	0,05	0,05	0,9	0,8	1,1	0,9	0,05	1,1
Время вспомогательное ручное перекрываемое, мин	0,9	0,9	—	—	—	—	0,9	—

Время перехода рабочего от одного станка к другому принять 0,2 мин; а время активного наблюдения за работой станка – 0,3 мин

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА НАЛАДЧИКОВ

В условиях крупносерийного и серийного производства для обслуживания станков в составе основных производственных рабочих предусматривают наладчиков, численность которых определяют по нормам обслуживания [2, с. 156] установленным для каждого типа оборудования (табл. 4.1). При определении числа наладчиков следует иметь в виду целесообразность обслуживания одним наладчиком нескольких групп оборудования. Меньшие значения, указанные в таблице, относятся к крупным и сложным станкам с небольшой серийностью, а большие – к мелким и простым станкам крупносерийного производства. В условиях мелкосерийного и единичного производств использование наладчиков на универсальном оборудовании не рекомендуется. В этом случае рабочие имеют высокую квалификацию и наладку оборудования выполняют самостоятельно.

Таблица 4.1

Типы станков	Норма (число станков) обслуживания одним наладчиком
Токарные	9–16
Токарно-револьверные:	
прутковые	7–10
патронные	5–8
Карусельно-токарные	5–7
Токарные полуавтоматы:	
одношпиндельные гидрокопироваль- ные и многорезцовые	4–7
многошпиндельные горизонтальные	3–4
многошпиндельные вертикальные	2–3
Токарные автоматы прутковые:	
одношпиндельные	5–7
многошпиндельные	3–4
Трубоотрезные автоматы	5–6
Сверлильные	11–18
Агрегатные	8–12
Алмазно-расточные	6–8
Фрезерные универсальные	7–12
Карусельно-фрезерные, барабанно-фрезерные	6–8
Копировально-фрезерные	6
Фрезерно-центровальные	8
Протяжные:	
для отверстий	12
для наружных поверхностей	6
Резьбофрезерные, резбонарезные	8–12
Зубофрезерные для цилиндрических и кониче- ских зубчатых колес, зубострогальные для ко- нических колес	6–10
Зубодолбежные, зубошевиговальные	8–12
Шлицефрезерные	8–12
Зубопротяжные	7
Круглошлифовальные	8–12

Окончание табл.4.1

Типы станков	Норма (число станков) обслуживания одним наладчиком
Плоскошлифовальные	10–16
Внутришлифовальные	5–8
Бесцентрово-шлифовальные: с продольной подачей врезные	9 6
Шлифовальные автоматы разных типов	3–6
Зубошлифовальные, шлицешлифовальные	8
Резьбошлифовальные	10
Хонинговальные: одношпиндельные многошпиндельные	12–14 6–9
Суперфинишные, доводочные, дисковые	10–16
Электроискровые автоматы для клеймения	4

В автоматизированном производстве к числу производственных рабочих относят операторов и наладчиков автоматических линий массового производства и операторов-наладчиков ГПМ. Численность наладчиков автоматических линий определяют по нормам обслуживания [1, с. 491] в зависимости от числа позиций автоматических линий. На автоматических линиях механической обработки один наладчик в зависимости от сложности наладки (числа инструментов и достигаемого качества точности) обслуживает 3–10 позиций автоматической линии. Меньшие значения норм принимают при точности обработки, соответствующей 6–7-му качеству, и применении специального инструмента. Большие значения принимают для линий, состоящих из агрегатных станков с применением простой оснастки и осевого инструмента.

Число операторов-наладчиков ГПС также определяют по нормам обслуживания [1, с. 491] в зависимости от числа ГПМ в их составе. Один оператор-наладчик обслуживает следующее число ГПМ: токарных 3–4, карусельных 2, сверлильно-фрезерно-расточных 2–3, шлифовальных 2–3, зубообрабатывающих 3–4, электро-физико-химических 3–4, сборочных 2–3. Меньшие значения даны при количестве модулей в ГПС не более 5, большие – свыше 5. Все приведенные выше нормативы даны в расчете на одну смену.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ, ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ И СЛУЖАЩИХ

К вспомогательным относятся рабочие, выполняющие техническое обслуживание производственных участков: рабочие ремонтных и инструментальных служб, транспортные и подсобные рабочие, уборщики производственных помещений, рабочие складов и кладовых и др. Численность вспомогательных рабочих при укрупненном проектировании определяется общим числом в зависимости от числа основных производственных рабочих. Численность вспомогательных рабочих в механосборочных цехах составляет 20...35% от числа производственных рабочих [2, с. 161], большие значения соответствуют цехам автоматизированного производства с использованием автоматических линий и ГПС. При детальном проектировании вспомогательных служб число вспомогательных рабочих определяют либо по нормам обслуживания, либо в зависимости от трудоемкости выполняемых работ.

К категории инженерно-технических работников (ИТР) относятся лица, осуществляющие руководство цехом и его структурными подразделениями, а также инженеры технологи, техники, экономисты, нормировщики, инженеры-механики, инженеры-энергетики т. д. При укрупненном проектировании численность ИТР механических цехов определяют по нормам [2, с. 161] в зависимости от числа основных станков цеха, а ИТР сборочных цехов — в зависимости от числа производственных рабочих (табл. 5.1). Большие значения норм, указанных в таблице, соответствуют числу основных производственных станков механического цеха до 50 или числу производственных рабочих сборочного цеха до 75, меньшие значения — числу станков более 400 и числу производственных рабочих более 700.

Таблица 5.1

Цехи	Число ИТР (% числа основных станков механического цеха или числа производственных рабочих сборочного цеха) при производстве			
	единичном и мелкосерийном	среднесерийном	крупносерийном	массовом
Механические	24–18	22–16	21–15	20–15
Сборочные	12–9	11–8	10–8	10–7

При детальном расчете численность ИТР уточняют в соответствии с разработанной структурой цеха и схемой его управления.

К категории служащих относится персонал, выполняющий работы по счету, отчетности, снабжению, оформлению: бухгалтеры, кассиры, копировщики, секретари, учетчики, заведующие складами и кладовых. Число служащих механических и сборочных цехов определяют по нормам [2, с. 161] в зависимости от числа производственных рабочих. Для механических цехов единичного и мелкосерийного производства в зависимости от числа производственных рабочих число служащих составляет 1,2–2,2 %, среднесерийного производства 0,9–1,9 %, крупносерийного производства 0,6–1,6, массового производства 0,1–1,4 %. Меньшие значения соответствуют численности производственных рабочих более 700 человек, большие – численности производственных рабочих менее 75.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА РАБОЧИХ МЕСТ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ СБОРКИ И ПАРАМЕТРОВ СБОРОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Число рабочих мест поточной линии сборки определяют для каждой операции, исходя из ее содержания, нормы штучного времени и такта выпуска:

$$M_{\text{сб.расч}} = \frac{t_{\text{шт}}}{\tau P},$$

где $M_{\text{сб.расч}}$ – расчетное значение числа рабочих мест на сборочной позиции; $t_{\text{шт}}$ – штучное время выполнения операции, мин; τ – такт выпуска деталей с линии, мин; P – число рабочих на данном рабочем месте.

Расчетное дробное значение $M_{\text{сб.расч}}$ округляют до ближайшего большего целого числа $M_{\text{сб}}$. При увеличении числа сборщиков на одном рабочем месте уменьшаются необходимое число рабочих мест и длина поточной линии.

При выполнении сборки на конвейере возникает необходимость определить скорость и тип конвейера. Расчетная скорость конвейера

$$V = \frac{l}{\tau},$$

где l – шаг конвейера, равный расстоянию между осями двух собираемых изделий.

Шаг конвейера

$$l = l_1 + l_2,$$

где l_1 – габаритный размер собираемого изделия в направлении его перемещения; l_2 – расстояние между собираемыми изделиями, определяемое

удобством выполнения сборочных работ и применяемого сборочного оборудования, оснастки и других факторов.

Скорость непрерывно движущихся конвейеров обычно составляет 0,5...5,5 м/мин при общей сборке крупных изделий (автомобилей, тракторов) и 0,3...1,5 м/мин при сборке узлов средних размеров, аппаратуры и приборов. В тех случаях, когда расчетное значение скорости оказывается выше указанных значений, необходимо организовать работу на двух и более параллельных конвейерах, соответственно увеличив такт сборки. Если расчетная скорость оказывается ниже указанных нижних предельных значений, сборку целесообразно выполнять на периодически движущемся конвейере. Скорость перемещения принимают от 5 м/мин при сборке тяжелых изделий на длинном конвейере и до 15...20 м/мин при сборке мелких узлов и изделий.

Содержание сборочных операций определяют в соответствии с тактом линии, для того чтобы обеспечить равномерную загрузку рабочих мест (позиций) сборки, определяемую коэффициентом загрузки

$$k_3 = M_{\text{сб.расч}} / M_{\text{сб.}}$$

Число рабочих мест на операции, выполняемой на конвейере с периодическим движением, определяют с учетом дополнительного времени t_{Π} на перемещение конвейером собираемых изделий, так как это перемещение осуществляется после выполнения всех операций на каждом рабочем месте,

$$M_{\text{сб.расч}} = \frac{t_{\text{ш}}}{(\tau - t_{\Pi})} P.$$

Время перемещения зависит от скорости конвейера:

$$t_{\Pi} = l/V.$$

Общее число рабочих мест сборки на конвейере

$$M_{\text{сб.к}} = \sum_i^n M_{\text{сб}i} + M_{\text{рез}},$$

где n – число сборочных и контрольных операций на конвейере; $M_{\text{рез}}$ – количество резервных постов, потребность в которых может возникнуть в результате модернизации изделия. Обычно количество резервных постов принимают 5–10% от общего числа рабочих мест на конвейере.

Длина рабочей части конвейера

$$L_p = M_{\text{сб.к}} l.$$

Длительность технологического процесса сборки одного изделия (узла) составит

$$T_{ц} = \tau M_{сб.к.}$$

Пример. На конвейере собирается коробка передач, габариты которой составляют 365x295 мм. Необходимо определить такт линии, число рабочих мест по операциям, выбрать тип конвейера и определить его основные параметры (шаг, скорость, длину рабочей части), рассчитать длительность технологического цикла. Расчетная суточная программа для линии 450 шт., работа производится в две смены, регламентированные перерывы 30 мин в смену. Технологический процесс сборки и нормы штучного времени приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

№	Операция	$t_{ш}$, мин
1	Установить в коробку фланец и закрепить его винтами	2
2	Установить вал в коробку передач	5,9
3	Привернуть крышку, собранную в комплект	6
4	Установить на вал муфту	2
5	Сверлить отверстия под винты	6
6	Поставить штифт	2
7	Установить в коробку передач ниппель	6
8	Ввернуть в верхний ниппель тройник	1,8
9	Контроль	1,1

Определяем эффективный суточный фонд времени рабочего места сборщика как разность между номинальным фондом времени и временем регламентированных перерывов.

$$F_{р. м} = F_{н} - T_{п}; F_{р. м} = 8 \cdot 2 - 0,5 \cdot 2 = 15 \text{ ч.}$$

Такт выпуска линии

$$\tau = \frac{F_{\text{р.м}} \cdot 60}{N}; \tau = \frac{15 \cdot 60}{450} = 2 \text{ мин.}$$

Принимаем шаг конвейера $l = 1$ м. Тогда скорость конвейера

$$V = \frac{l}{\tau} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ м/мин.}$$

Учитывая полученное значение скорости принимаем тип конвейера – непрерывно движущийся конвейер. Расчет числа рабочих мест по операциям сведен в табл. 6.2.

Таблица 6.2

№ операции	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число рабочих мест расчетное $M_{\text{сб.расч}} = \frac{t_{\text{ш}}}{\tau P},$	1	2,95	3	1	3	1	3	0,9	0,55
Число рабочих мест принятое $M_{\text{сб}}$	1	3	3	1	3	1	3	1	1
Коэффициент загрузки $k_z = M_{\text{сб.расч}} / M_{\text{сб}}$	1	0,98	1	1	1	1	1	0,9	0,55

Общее число рабочих мест сборки на конвейере

$$M_{\text{сб.к}} = \sum_i^n M_{\text{сб}i} + M_{\text{рез}}, M_{\text{сб.к}} = 17 + 1 = 18.$$

Длина рабочей части конвейера

$$L_p = M_{\text{сб.к}} l; L_p = 18 \cdot 1 = 18 \text{ м.}$$

Длительность технологического процесса сборки одного сборочного узла составит

$$T_{\text{ц}} = \tau M_{\text{сб.к.}}; T_{\text{ц}} = 2 \cdot 18 = 36 \text{ мин.}$$

Задача 6.1. Определить необходимую длину сборочного конвейера, а также скорость его движения при следующих условиях: сменная программа линии сборки 150 узлов, шаг конвейера 2 м, на сборке занято 12 рабочих, регламентированные перерывы составляют 30 мин в смену.

Задача 6.2. Процесс сборки изделий в цехе организован в форме «стационарного» потока при неподвижном изделии и переходах рабочих по объектам. Определить число сборочных станков и периодичность передвижения бригад сборщиков от одного станка к другому. Годовая программа выпуска 1200 изделий; трудоемкость работ на каждом станке в среднем 120 нормо-часов; состав каждой бригады 3 человека; цех работает в две смены; средняя продолжительность смены с учетом регламентированных перерывов составляет 7,7 ч.

Задача 6.3. Процесс поточной сборки изделия состоит из 6 операций, нормы штучного времени которых отражены в табл. 6.3. Средняя продолжительность смены с учетом регламентированных перерывов составляет 7,7 ч.

Таблица 6.3

№ операции	1	2	3	4	5	6
Норма штучного времени, мин	6	5	5,2	6,3	7,2	5,9

Определить коэффициенты загрузки сборщиков по операциям, если на каждой занято по одному человеку. Как изменится суточный выпуск линии, если на операции № 5 осуществить мероприятия для снижения затрат времени до 6 мин?

Задача 6.4. Радиоприемники собирают на конвейере. Сменная программа линии 34 радиоприемника; трудоемкость сборки 5 ч 25 мин; шаг конвейера 1,6 м; регламентированные перерывы на отдых 7%; рабочие места располагаются с одной стороны конвейера. Определить такт линии, число рабочих мест, скорость движения конвейера, рабочую длину конвейера.

Задача 6.5. Сборочный узел (габарит 365x265) собирают на рабочем конвейере. Суточная программа выпуска линии 360 шт.; режим работы двухсменный; регламентированные перерывы 30 мин в смену. Нормы штучного времени приведены в табл. 6.4. Необходимо определить такт линии, число рабочих мест по операциям, выбрать тип конвейера и определить его основные параметры (шаг, скорость, длину рабочей части), рассчитать длительность технологического цикла.

Таблица 6.4

№ операции	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Норма штучного времени, мин	2,5	7,4	2,3	2,6	5,0	7,45	5,1	5,0	1,3

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Для организации механосборочного производства рекомендуется применять одноэтажные здания, т.к. в этом случае облегчается установка тяжелого оборудования, а также упрощаются транспортные связи между отдельными цехами. Многоэтажные здания проектируют в случае ограниченности территории завода и при наличии относительно мелкого оборудования.

Важным при проектировании является выбор строительных параметров здания – сетки колонн и высоты пролета. Схема поперечного разреза пролета и его план показаны на рис. 7.1. Сетку колонн (ширину пролета L и шаг колонн t в метрах) и высоту пролета H (расстояние от пола до нижней части несущей конструкции здания) выбирают из унифицированного ряда указанных величин [1, с. 461].

Ширину пролета выбирают такой, чтобы можно было рационально разместить кратное число рядов оборудования – обычно от двух до четырех рядов станков в зависимости от габаритных размеров и варианта размещения.) Сетка колонн для одноэтажных бескрановых зданий принимается 12×6 м, 18×6 м, 18×12 м, 24×6 м, 24×12 м; для одноэтажных зданий, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т, – 18×6 м, 18×12 м, 24×6 м, 24×12 м, 30×12 м. Наиболее часто в одноэтажных производственных зданиях пролеты имеют ширину 18 или 24 м при шаге колонн t – 12 м. Высоту пролета при отсутствии мостовых кранов – равной 6; 7,2 или 8,4 м. Для крановых зданий высота пролетов несколько больше: 8,4; 9,6; 10,8; 12,6 м и более. При проектировании участков и цехов механосборочного производства целесообразно использовать пролеты с мостовыми кранами, причем одна из причин применения мостовых кранов состоит в обеспечении высокой мобильности при перестановке и замене оборудования, кроме этого удастся обеспечить более рациональное использование производственной площади за счет снижения числа внутрицеховых проездов.

Высоту пролета определяют из схемы, приведенной на рис. 7.1. Исходя из максимального габаритного размера оборудования по высоте h_1 , минимального расстояния h_2 между оборудованием и перемещаемым грузом, а также размеров по высоте транспортируемых грузов h_3 (длина строп не менее 1м) и подъемно-транспортного средства (крана) h_4 определяют высоту H_1 до головки подкранового рельса:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4.$$

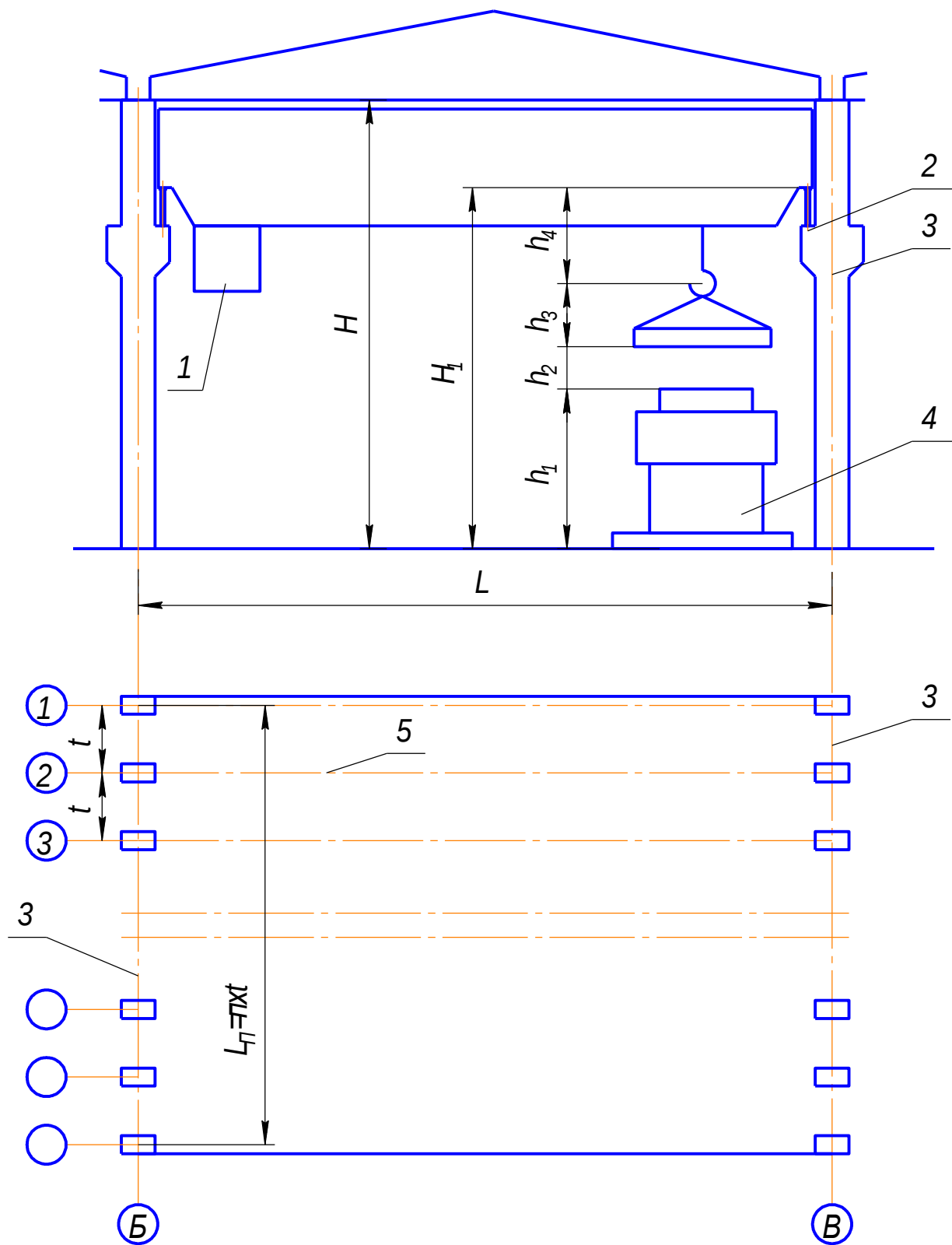


Рис. 7.1. Схема поперечного разреза и план пролета:
 1 – кабина крана; 2 – ось подкрановых путей;
 3 – продольная разбивочная ось; 4 – станок;
 5 – поперечная разбивочная ось

Высоту h_1 устанавливают с учетом крайних положений подвижных частей станка, причем значение ее должно быть не менее 2,3 м. Расстояния h_2 принимают не менее 400 мм. Расчетное значение корректируют с учетом величин из унифицированного ряда (табл.7.1). По высоте H_1 определяют высоту пролета H .

Таблица 7.1

Размеры унифицированных пролетов и грузоподъемность
подъемно-транспортных средств

Ширина пролета, м	Высота H цеха до нижнего пояса ферм, м	Высота H_1 от уровня пола до головки рельсового пути, м	Тип кранов	Грузоподъемность крана, т
18 24 30	6,0; 7,2; 8,4 7,2; 8,4 7,2; 8,4	—	Подвесные	0,25–5,0
18 24	8,4; 9,6; 10,8	6,15; 6,95; 8,16	Электрические мостовые	10; 20/5
18 24 30	12,6; 14,4	9,65; 11,45	Электрические мостовые	10; 20/5; 30/5
30 36	16,2; 18,0	12,65; 14,45; 12,0; 13,8	Электрические мостовые	30/5; 50/10; 75/25
30 36	16,2; 18,0 19,8	12,0; 13,8 15,6	Электрические мостовые	100/20
30	19,8	11,2; 13,0; 14,8	Электрические мостовые	150/30
Примечание. В числителе и знаменателе указаны значения грузоподъемности двухкрюковых кранов.				

Длину станочных участков и линий из соображений пожарной безопасности принимают в пределах 35...50 м, а между ними предусматривают магистральные (пожарные) проезды шириной 4,5...5,5 м. По известной производственной площади участков определяют их ширину. Имея габаритные размеры участков с учетом наличия продольного и поперечных магистральных проездов определяют габаритные размеры и ориентировочную площадь цеха.

Для многоэтажных производственных зданий принята сетка колонн [1, с. 462] 9х6 м при допускаемой нагрузке на перекрытия до 15 кПа и 6х6 м при допускаемой нагрузке до 25 кПа. Высота этажей составляет 3,6; 4,8 или 6 м, причем последний этаж может быть с большей шириной пролета.

Пример. Пролет шириной 18 м обслуживается электрическим мостовым однобалочным опорным краном 1–А–5–16,5–12–380 ГОСТ 22045–89. Максимальный высотный габарит оборудования 2,55 м. Расчетное значение высоты расположения рельсового пути относительно уровня пола находим по методике изложенной выше:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4.$$

Максимальная высота оборудования $h_1 = 2,55$ м. Минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом $h_2 = 0,4$ м. Высота транспортируемых грузов (тара с заготовками) с учетом длины строп h_3 принимается 2,2 м. Размер крана по паспорту (см. приложение табл. П1) от точки верхнего положения крюка до рельсового пути $h_4 = 1,1$ м. Тогда

$$H_{1 \text{ расч}} = 2,55 + 0,4 + 2,2 + 1,1 = 6,25 \text{ м.}$$

Расчетное значение корректируется с учетом величин из унифицированного ряда по табл. 7.1, принимается $H_1 = 6,95$ м. Соответственно высота пролета $H = 9,6$ м.

Задача 7.1. Рассчитать высоту пролета, обслуживаемого электрическим мостовым однобалочным опорным краном. Модель крана выбрать по табл. П1. Высотные габариты оборудования и ширина пролета указаны в табл. 7.2.

Таблица 7.2

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Высотные габариты оборудования, м	2,1	3,2	4,5	2,2	2,8	3,8
Ширина пролета, м	18	18	18	24	24	24

Задача 7.2. Рассчитать высоту пролета, обслуживаемого электрическим мостовым однобалочным подвесным краном. Модель крана выбрать по табл. П2. Высотные габариты оборудования и ширина пролета указаны в табл. 7.3.

Таблица 7.3

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Высотные габариты оборудования, м	2,1	3,2	2,5	2,1	3,1	3,8
Ширина пролета, м	18	18	18	24	24	24

8. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПЛАНОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Планировка оборудования на участках и линиях механической обработки определяется организационной формой производственного процесса, длиной станочных участков, количеством станков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами. При оформлении планировок используют обозначения, приведенные в табл. 8.1.

Последовательность размещения станков непрерывно- и переменноточных линий практически однозначно определяется последовательностью выполнения операций технологического процесса. Задача рационального размещения оборудования сводится к выбору варианта размещения станков относительно транспортного средства, числа рядов станков и общей конфигурации поточной (автоматической) линии.

Относительно транспортного средства возможны варианты продольного, поперечного, углового и кольцевого размещения станков (рис. 8.1).

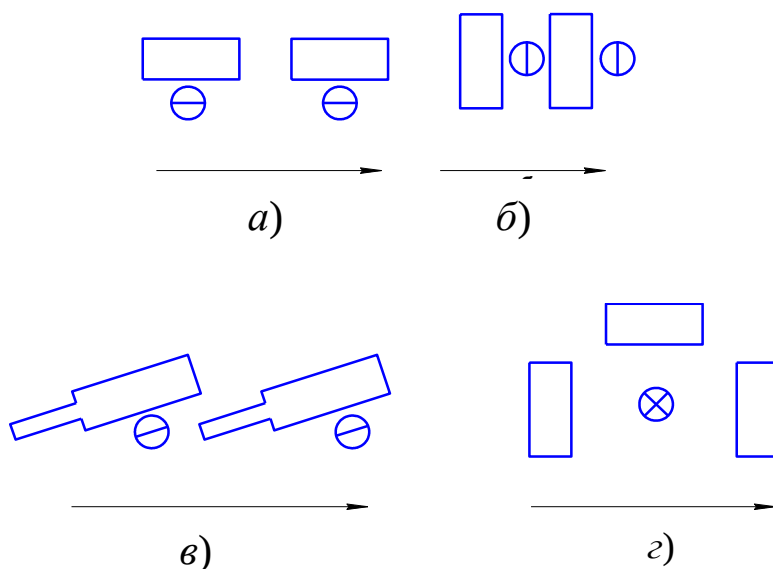


Рис. 8.1. Варианты размещения станков относительно транспортного средства:

а) продольное; б) поперечное; в) угловое; з) кольцевое

Продольное размещение станков фронтом к транспортному средству или проезду (см. рис. 8.1, а) обеспечивает наиболее благоприятные условия для механизации и автоматизации межоперационного транспортирования и обслуживания рабочих мест.

Таблица 8.1

Условные обозначения, применяемые на планировках

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Капитальная стена		Кран мостовой	
Окно		Стеллаж много- ярусный одно- рядный	
Сплошная пе- регородка		Кран-штабелер	
Перегородка из стеклоблоков		Кран консольный поворотный	
Барьер		Каретка-оператор	
Ворота распашные		Тележка рельсо- вая	
Ворота откатные		Конвейер подвес- ной цепной	
Колонны желе- зобетонные и металлические		Конвейер подвес- ной цепной	
Конвейер стружкоубо- рочный		Промышленный робот	
Автоматиче- ская линия и технологиче- ское оборудо- вание		Конвейер роли- ковый (рольганг)	
Рабочее место		Подвод сжатого воздуха (цифра указывает давле- ние в сети, атм.)	
Многостаноч- ное обслужи- вание		Точка подвода электрокабеля к оборудованию	
Контрольный пункт			

При поперечном расположении (см. рис. 8.1, б) условия обслуживания станка оператором ухудшаются в связи с его удалением от рольганга или конвейера. Однако при использовании для автоматической загрузки станков манипуляторов или промышленных роботов портального типа это противоречие решается, и при этом варианте обеспечивается компактность планировки, т.е. лучшее использование производственной площади. Расположение станков под углом к проезду (см. рис. 8.1, в) применяют для расточных, продольно-фрезерных станков, прутковых автоматов, револьверных и других станков, длина которых значительно превышает их ширину. Прутковые автоматы при этом размещают обычно загрузочным устройством к проезду для облегчения установки прутков. Кольцевое размещение станков (см. рис. 8.1, г) создает благоприятные условия для многостаночного обслуживания, но при этом возникают трудности для использования межоперационного транспорта и подвода инженерных коммуникаций.

Выбор того или иного варианта определяется также способом удаления от станков стружки. При использовании автоматизированных систем уборки стружки необходимо учитывать взаимное расположение станочных и цеховых стружкоуборочных транспортеров.

В зависимости от длин технологического потока и станочного участка применяют однорядное или многорядное размещение станков. При этом для обеспечения прямоточности зону заготовок (начало линий) располагают со стороны проезда, а конец линий с противоположной стороны в направлении дальнейшего перемещения деталей на сборку. Основные варианты размещения оборудования в непрерывно- и переменнo-поточных линиях показаны на рис. 8.2.

Для линии, оборудование которой размещено в пределах длины участка, применяют однорядный вариант размещения (рис. 8.2, а). В приведенном примере на второй операции предусмотрены два станка, поскольку штучное время на этой операции превышает такт выпуска. Короткие линии обработки располагают последовательно, это показано на рис. 8.2, б. Поточные линии с большим числом станков размещают в два или несколько рядов (см. рис. 8.2, в и г), но с обязательным условием, чтобы начало линии располагалось со стороны проезда и зоны заготовки, конец линии – с противоположной стороны.

Для обеспечения лучшего использования отдельных станков возможно параллельное размещение линий с использованием "общего" оборудования (см. рис. 8.2, д), однако в этом случае перед "общим" оборудованием необходимо предусматривать необходимые заделы для компенсации определенной несинхронности работы двух линий. На рис. 8.2, д "общее" оборудование двух линий заштриховано.

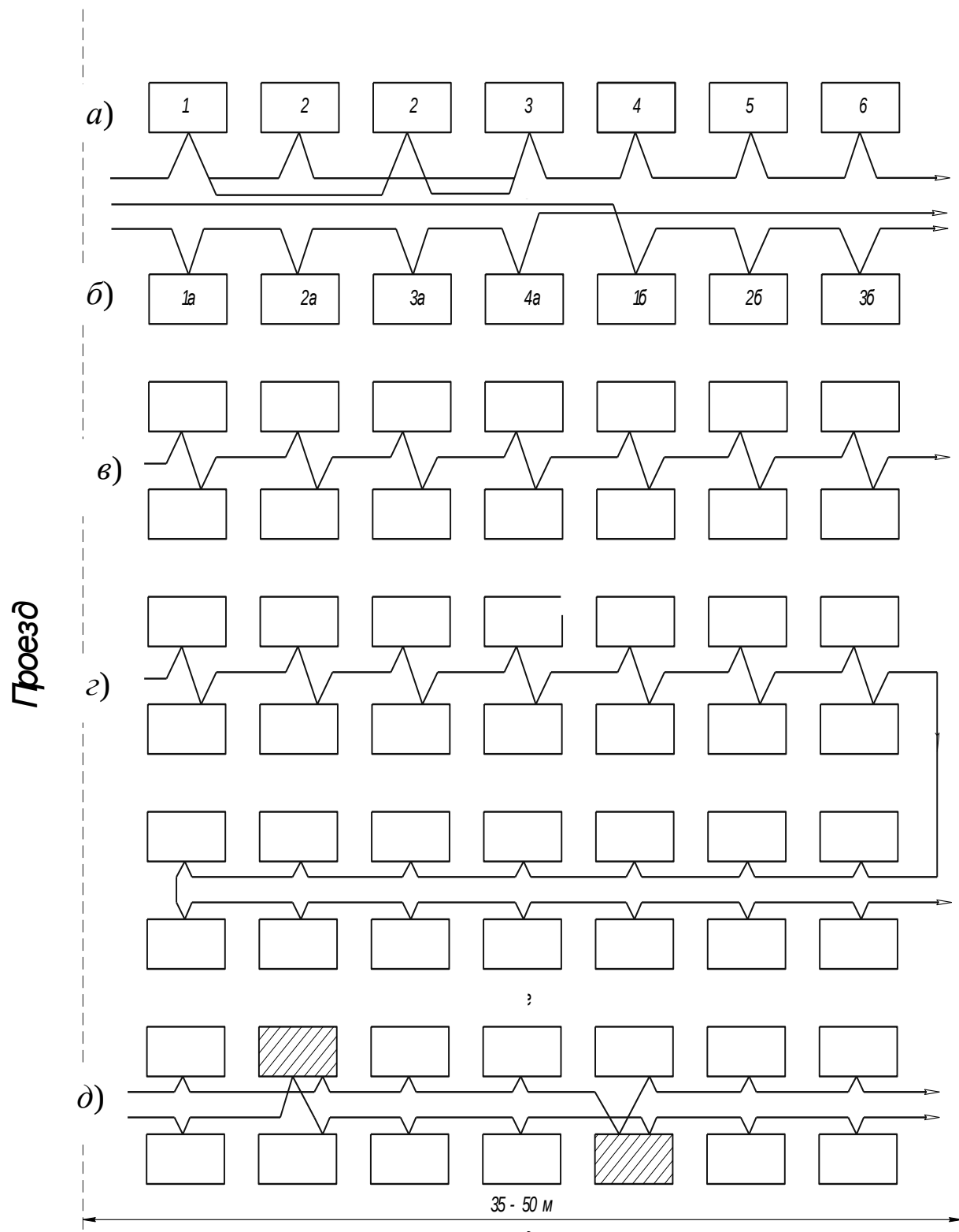


Рис. 8.2. Варианты размещения оборудования в поточных линиях

Значительно сложнее выбрать оптимальный вариант размещения станков для подетально-специализированных участков серийного производства. На этих линиях можно одновременно обрабатывать партии разных деталей, поэтому вариант размещения будет влиять на транспортные расходы, себестоимость продукции и капитальные вложения, на непрерывность и ритмичность производства.

Возможны три различных варианта расположения станков на предметно-замкнутых (подетально-специализированных) участках:

- 1) точечный, при котором отсутствуют кооперативные связи между станками;
- 2) рядный, при котором оборудование размещено в линейной последовательности, соответствующей ходу технологического процесса характерной детали;
- 3) гнездовой, при котором станки размещают группами в зависимости от кооперативных связей между ними.

Точечный вариант расположения станков возможен при полной обработке деталей на одном станке, применяется в тяжелом машиностроении при обработке крупных деталей, в легком и среднем машиностроении при использовании станков типа обрабатывающий центр, а также на автоматных участках обработки несложных деталей.

Рядный и гнездовой варианты расположения станков характерны для групповых поточных линий, где в зависимости от степени синхронизации работа возможна на переменнo-поточной, линии с определенным тактом или на несинхронной (прямоточной) линии. Рядный вариант расположения станков реализуют в случае одновременной обработки на участке деталей по одному типовому или групповому технологическому процессу. В том случае, когда на участке одновременно реализуют несколько различных маршрутов обработки, станки группируют в «гнезда» по технологическому или предметному признаку. Имеет место гнездовой вариант расположения станков. Возможны также комбинации указанных вариантов расположения станков внутри одного участка.

Планировку оборудования в проекте выполняют в масштабе 1:100 для малых и средних цехов и в масштабе 1:200 для крупных цехов. При разработке рабочей документации составляют монтажные планы участков и цехов в масштабе 1:50 с привязкой оборудования к строительным элементам здания.

Используя условные графические изображения планов станков (упрощенный контур в пределах габаритных размеров с учетом крайних положений движущихся частей станка; открывающихся дверей и кожухов), составляется план расположения оборудования и рабочих мест, конвейерных и других устройств, проездов и проходов, складских мест заготовок и деталей.

Расстояние между станками и элементами зданий для различных вариантов расположения оборудования, а также ширина проходов и проезда в зависимости от различных видов транспорта регламентируются нормами технологического проектирования.

На свободном месте листа вычерчивают условные обозначения используемых на участке строительных элементов, оборудования и др. с указанием их наименования:

а) строительные элементы – стены наружные и внутренние, колонны, перегородки (с указанием вида материала), дверные и оконные проемы, ворота, подвалы, основные каналы, антресоли, люки, галереи и т. п.;

б) технологическое оборудование и основной производственный инвентарь – расположение станков, машин и прочих видов оборудования (включая резервные места), плит, верстаков, стендов;

в) складские площадки материалов, заготовок, полуфабрикатов;

г) межцеховые и внутрицеховые проезды;

д) подъемно-транспортные устройства: мостовые, балочные, консольные и прочие краны (с указанием их грузоподъемности), конвейеры, рольганги, монорельсы, подъемники, рельсовые пути;

е) схема движения деталей;

ж) шаг колонн;

з) сечение колонн;

и) координаты расположения станков относительно колонн;

к) длина технологической линии;

л) размеры рабочего места;

м) размеры рабочей зоны;

н) ширина проходов, проездов, транспортных средств;

о) расстояние между рядами станков.

На плане дают надписи наименования цехов, отделений, вспомогательных помещений.

Разбивочные оси здания на плане маркируются, а именно: оси колонн вдоль пролетов нумеруются снизу вверх по оси ординат последовательными буквами русского алфавита; оси колонн поперек пролетов нумеруются слева направо по оси абсцисс последовательными арабскими цифрами, начиная с единицы.

Дополнительно выполняют поперечные разрезы пролетов с указанием их высоты, и вертикальных отметок сооружений относительно уровня пола. На разрезе следует указывать:

а) ширину пролета;

б) нулевую отметку (обычно уровень пола);

в) высотные габариты оборудования;

г) расстояние от пола до головки подкранового рельса (если применяется кран);

д) расстояние от пола до нижней точки стропильной затяжки;

е) полная высота здания (до верха светового фонаря);

ж) на выносных линиях:

– расписать конструкцию пола;

– расписать покрытие кровли здания.

На графической части составляется спецификация применяемого оборудования, транспортных средств на листе формата А4 по ГОСТ 2.301–68.

Рекомендуется следующий порядок нумерации оборудования цеха (участка) на плане и в спецификации: оборудование нумеруется сквозной порядковой нумерацией, которую следует вести на плане по отделениям и участкам цеха последовательно слева направо и затем сверху вниз. Каждая единица оборудования должна иметь свой отдельный номер, даже если тип оборудования повторяется. В спецификации допустимо объединять в одной строке несколько рядом стоящих одинаковых станков одного отделения.

Подъемно-транспортное оборудование нумеруется после технологического оборудования.

Номер оборудования по спецификации к плану указывают внутри контура габарита оборудования (для мелкого оборудования – вне контура на выносной полке).

При размещений оборудования в соответствии с выбранным вариантом необходимо обеспечить установленные нормами расстояния между оборудованием при различных вариантах их размещения, а также ширину проездов. Указанные нормы для схем, приведенных на рис. 8.3, даны в табл. 8.2. Более подробная информация по данной теме приведена в литературе [1], [2] и [3].

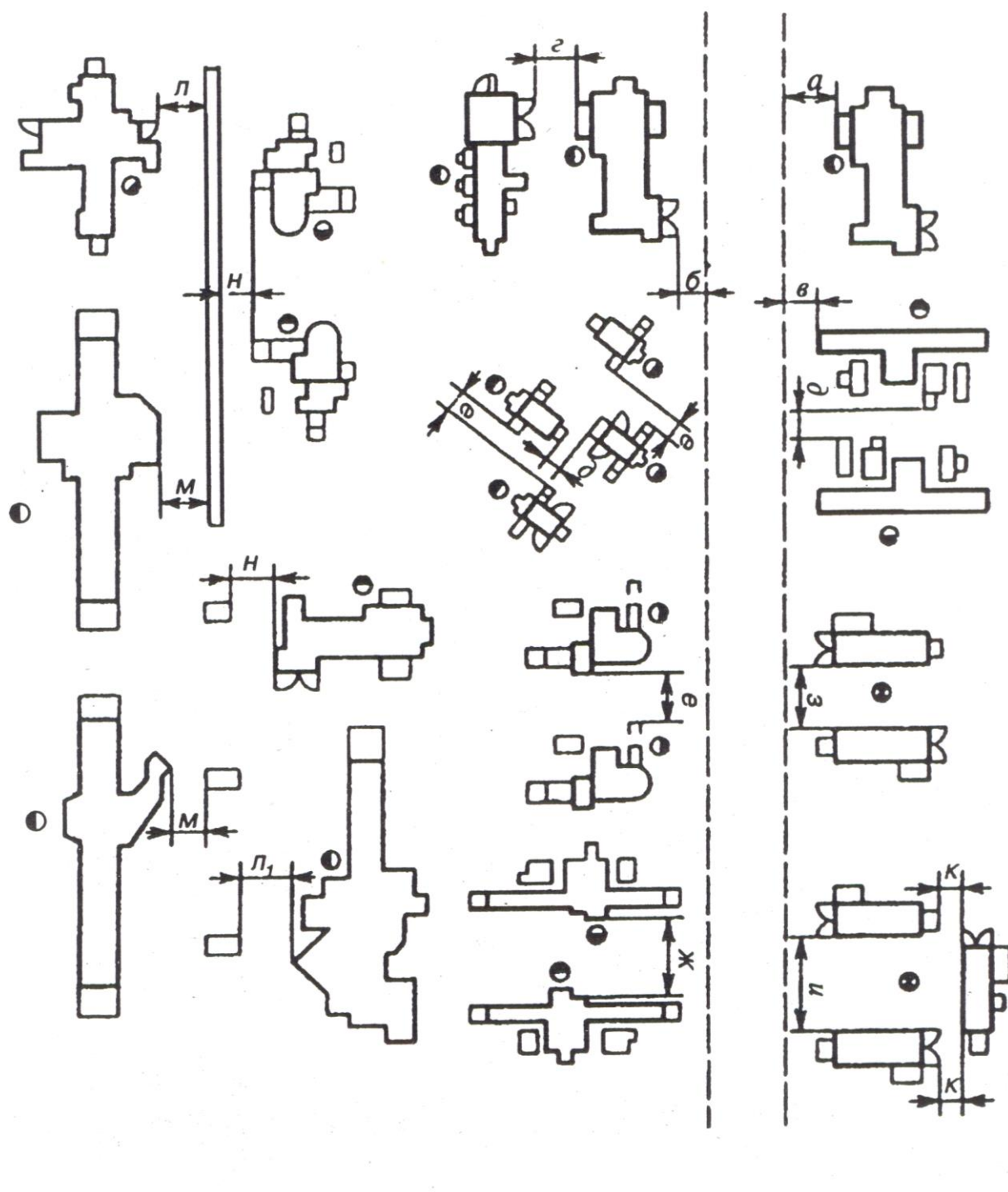


Рис. 8.3. Схемы расстановки станков

Нормы расстояний станков от проезда, между станками,
а также от станков до стен и колонн здания, мм

Примечание. Значения в числителе приведены для непоточного, а в знаменателе — для поточного производств.

Нормы зависят от габаритных размеров оборудования и устанавливают расстояния от крайних положений движущихся частей станка, открывающихся дверей установленных отдельно стоек и шкафов систем управления. При размещении рядом двух станков различных габаритных размеров расстояния следует выбирать по наибольшему из них.

В табл. 8.3 даны нормы расстояний между оборудованием при использовании автоматизированных транспортных средств, в частности между станком и передвижной консольной секцией приемно-передаточного стола D , от станка до оргоснастки или транспортного средства E , между приемно-передаточными столами Γ и между транспортными средствами $Ж$.

Таблица 8.3

Нормы расстояний при использовании автоматизированных транспортных средств, м

Тип транспорта	D	E	Γ	$Ж$	Эскиз
Автоматизированная напольная транспортно-складская система	0,4	1,07	0,9	—	

Тип транспорта	Д	Е	Г	Ж	Эскиз
Стационарный конвейер	—	0,9	—	не менее 0,1	
Подвесной конвейер или тали на монорельсе	—	0,9	—	не менее 0,3	
Подвесной конвейер с применением манипулятора	—	1,2	—	не менее 0,3	

Ширину K межоперационного транспорта и ширину B приемно-передаточных столов, стеллажного оборудования принимают в соответствии с габаритными размерами обрабатываемых заготовок. Ширина A_2 пешеходного перехода между тыльными сторонами станков, встроенных в автоматизированные участки, должна быть не менее 1,4 м.

Стружкоуборочные каналы, располагаемые вдоль проезда, должны находиться за его пределами. Ширину магистральных проездов, по которым осуществляют межцеховые перевозки, принимают равной 4500...5500 мм. Ширина цеховых проездов зависит от вида напольного транспорта и габаритных размеров перемещаемых грузов. Для всех видов напольного электротранспорта ширина проезда A составляет, мм:

$$A = B + 1400 \text{ при одностороннем движении,}$$

$$A = 2B + 1600 \text{ при двухстороннем движении,}$$

$$A = B + 1400 \text{ для робокар при одностороннем движении,}$$

где B — ширина груза, мм.

Ширину пешеходных проходов принимают равной 1400 мм.

При разработке планировок цехов, имеющих сложные транспортные системы подвесных и напольных конвейеров, монорельсов и автоматизированных складов, эффективно использовать метод объемного макетирования, при котором применяют (выполненные в определенном масштабе) объемные модели станков, рабочих мест сборки, транспортных систем и строительных элементов зданий. Объемные модели позволяют правильнее разместить транспортно-технологическое оборудование в объеме здания и избежать многих ошибок в расположении отдельных транспортных систем по высоте, возможных при плоскостном изображении. Современные средства машинной графики позволяют выполнять планировки на ЭВМ в трехмерном пространстве.

Рассмотрим некоторые конкретные примеры планировок участков и линий механической обработки. Пример планировки поточной линии с использованием подвесных конвейеров в качестве межоперационного транспорта дан на рис. 8.4.

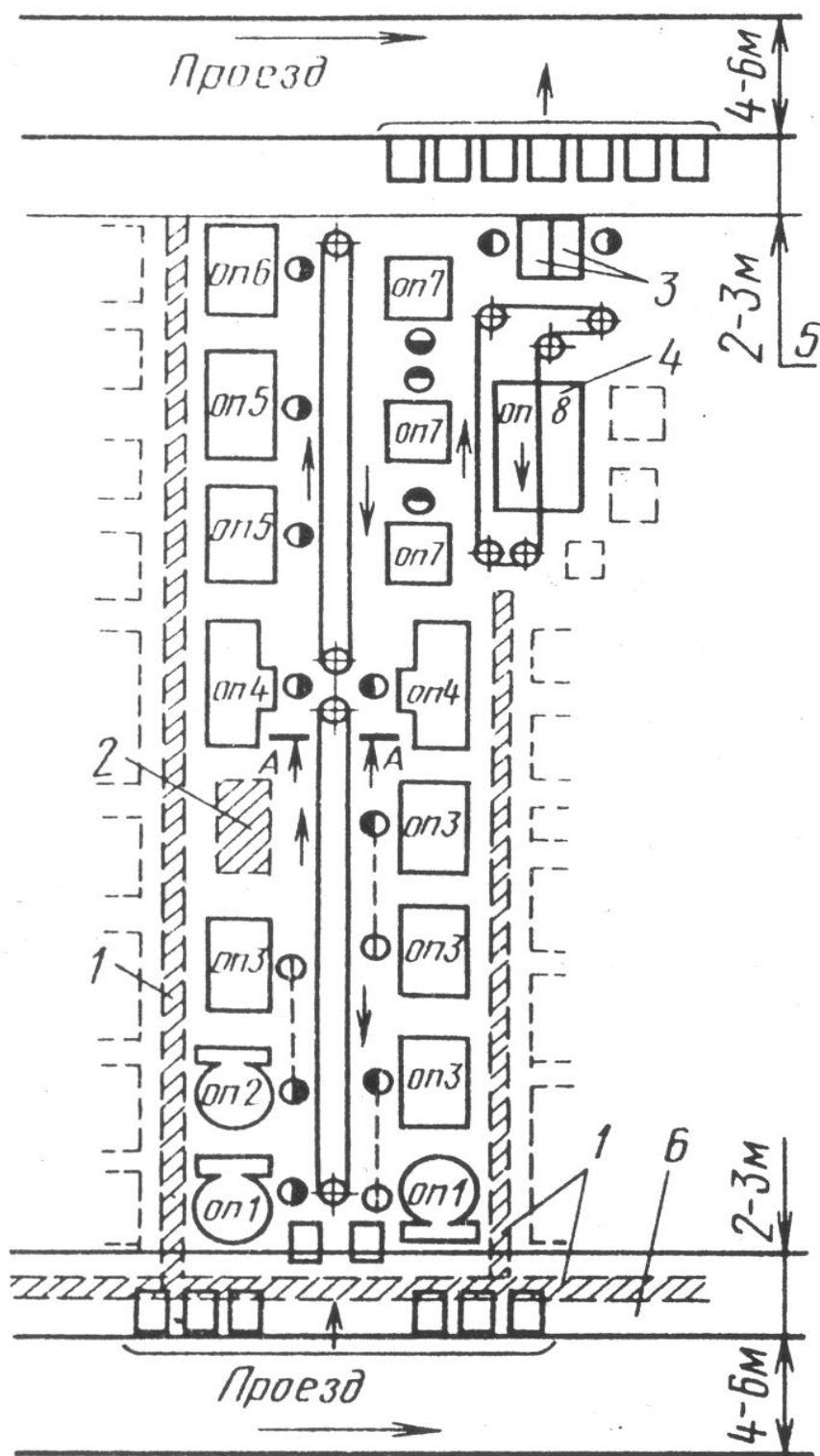


Рис. 8.4. Схема планировки поточной линии при применении подвесных конвейеров

В начале линии предусмотрена зона 6 шириной 2...3 м для размещения тары, с заготовками. Далее размещены два ряда станков по обе стороны двух подвесных конвейеров. Конвейеры оснащают многополочными подвесками или подвесками со штырями, ячейками и другими элементами, что позволяет их использовать также в качестве накопителей. На линии предусмотрены три подвесных конвейера, разбивающих ее на три участка. На первом участке имеется резервная площадь 2, а в конце линии — моечная машина 4 и контрольные пункты 3. В зоне готовых деталей 5 размещена тара для отправки деталей на сборку. По обе стороны линии предусмотрены стружкоуборочные конвейеры 1.

На рис. 8.5 приведена планировка ГПС, предназначенная для изготовления корпусных деталей в условиях мелкосерийного производства. В ГПС предусмотрены четыре ГПМ 1 мод. ИР500ПМ1Ф4с шестипозиционными накопителями и моечный агрегат 7. Система функционирования включает: транспортно-накопительную систему на базе транспортного робота 5, перемещающегося по рельсовому пути 6; участок загрузки и разгрузки приспособлений-спутников с рабочими позициями 2, приемными столами 12, устройствами ориентации 14 и манипуляторами 15; участок сборки универсально-сборной переналаживаемой оснастки со стеллажами 3, слесарным верстаком 13 и инструментальными шкафами 11; участок инструментальной подготовки, оборудованный приборами 9 мод. БВ2027 для настройки инструментов вне станка, рабочими местами 4, инструментальным стеллажом 8 и ручной тележкой 10. Рядом с участком инструментальной подготовки расположен диспетчерский пульт 16.

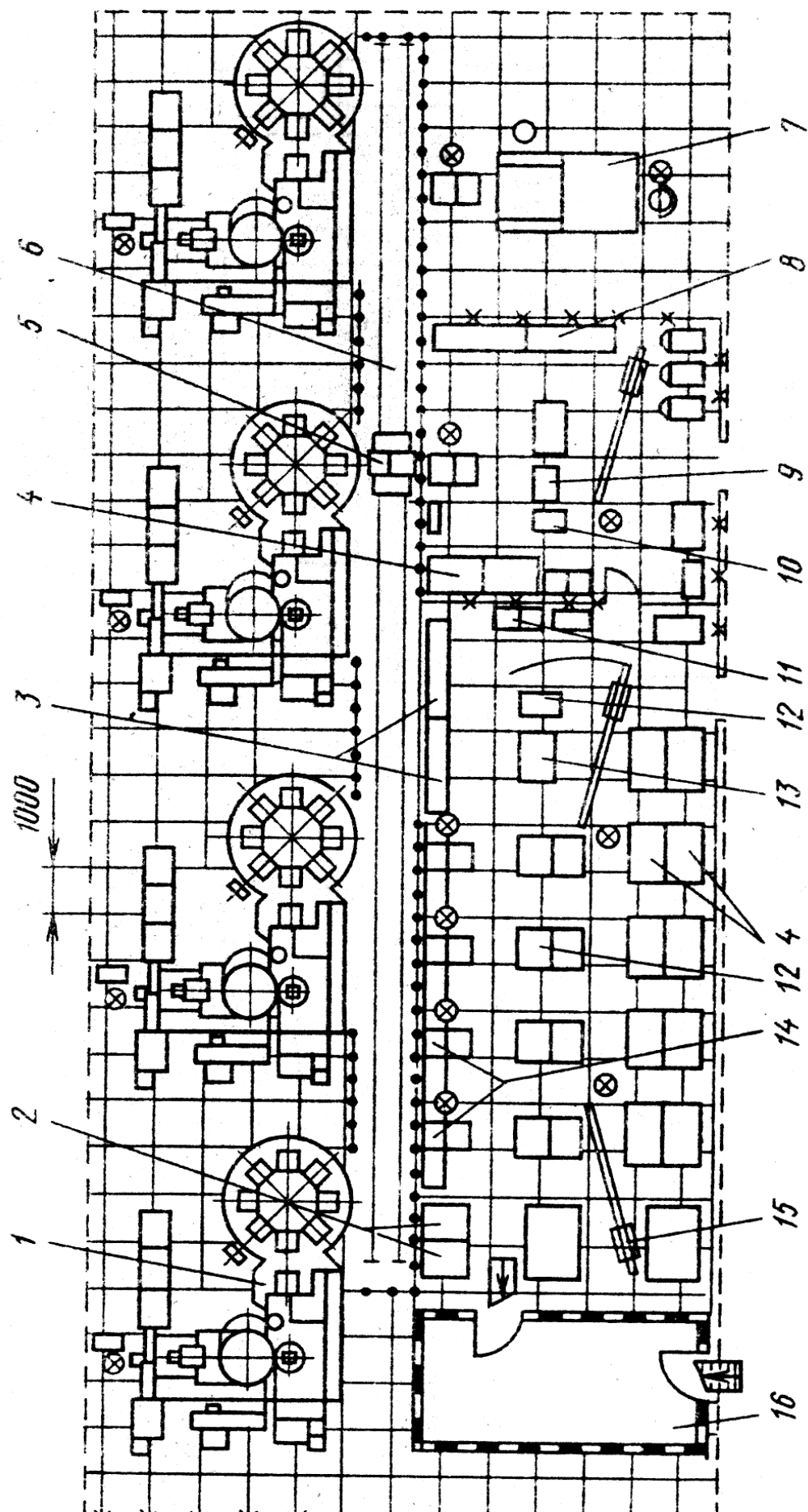


Рис. 8.5. Планировка ГПС для изготовления корпусных деталей
в условиях мелкосерийного производства

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология машиностроения: учебник: в 2 т. / под ред. Г. Н. Мельникова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – Т.2. – 551 с.
2. Проектирование участков и цехов машиностроительных производств: учебное пособие / под ред. В.В. Морозова. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 452 с.
3. Усачёв, Ю. И. Разработка планировочных решений механосборочных цехов: учебное пособие / Ю. И. Усачёв. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 88 с.

68

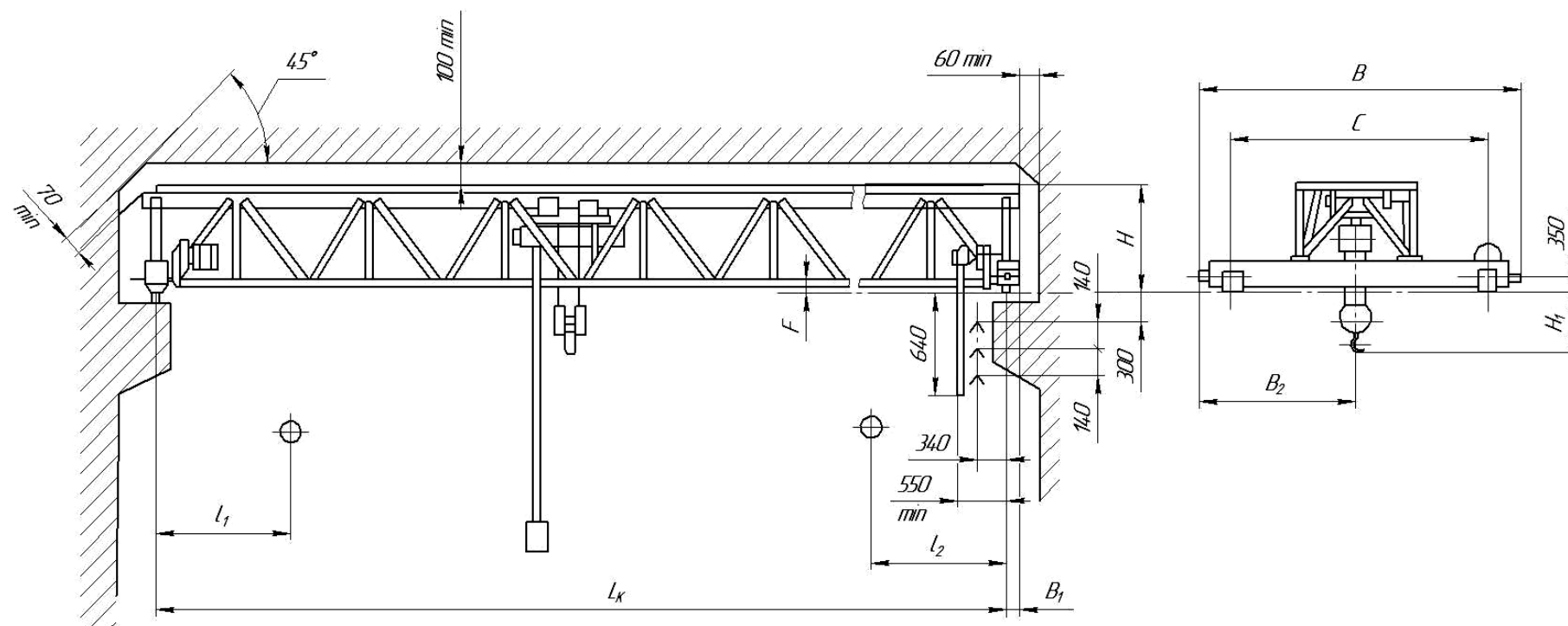


Рис. П1. Кран мостовой электрический однобалочный опорный типа 1 исполнения А ГОСТ 22045–89

Таблица П1

Кран мостовой электрический однобалочный опорный
 типа 1 исполнения А ГОСТ 22045–89, размеры, мм (рис. П1)

Код ОКП	Высота подъема, м	Пролет крана $L_{кр}$ м	C	B	B_1	B_2	H	H_1	F	Положение крюка	
										l_1	l_2
грузоподъемностью 3,2 т											
31 5713 1229 04	12	16,5	2600	3220	180	1610	1000	770	−65	940	1100
31 5713 1241 08	12	22,5	4000	4650	230	2325	1605	185	−170	720	1100
грузоподъемностью 5 т											
31 5714 1229 10	12	16,5	2600	3300	180	1650	960	1100	−150	1175	1270
31 5714 1241 05	12	22,5	4000	4650	230	2325	1650	540	210	950	1270

69

Пример условного обозначения электрического мостового однобалочного опорного крана типа 1 (для работы в помещениях), исполнения А (управление с пола от пульта), грузоподъемностью 5 т, пролетом крана 16,5 м, высотой подъема 12 м, напряжением трехфазного тока 380 В:

кран электрический мостовой однобалочный опорный 1–А–5–16,5–12–380 ГОСТ 22045–89.

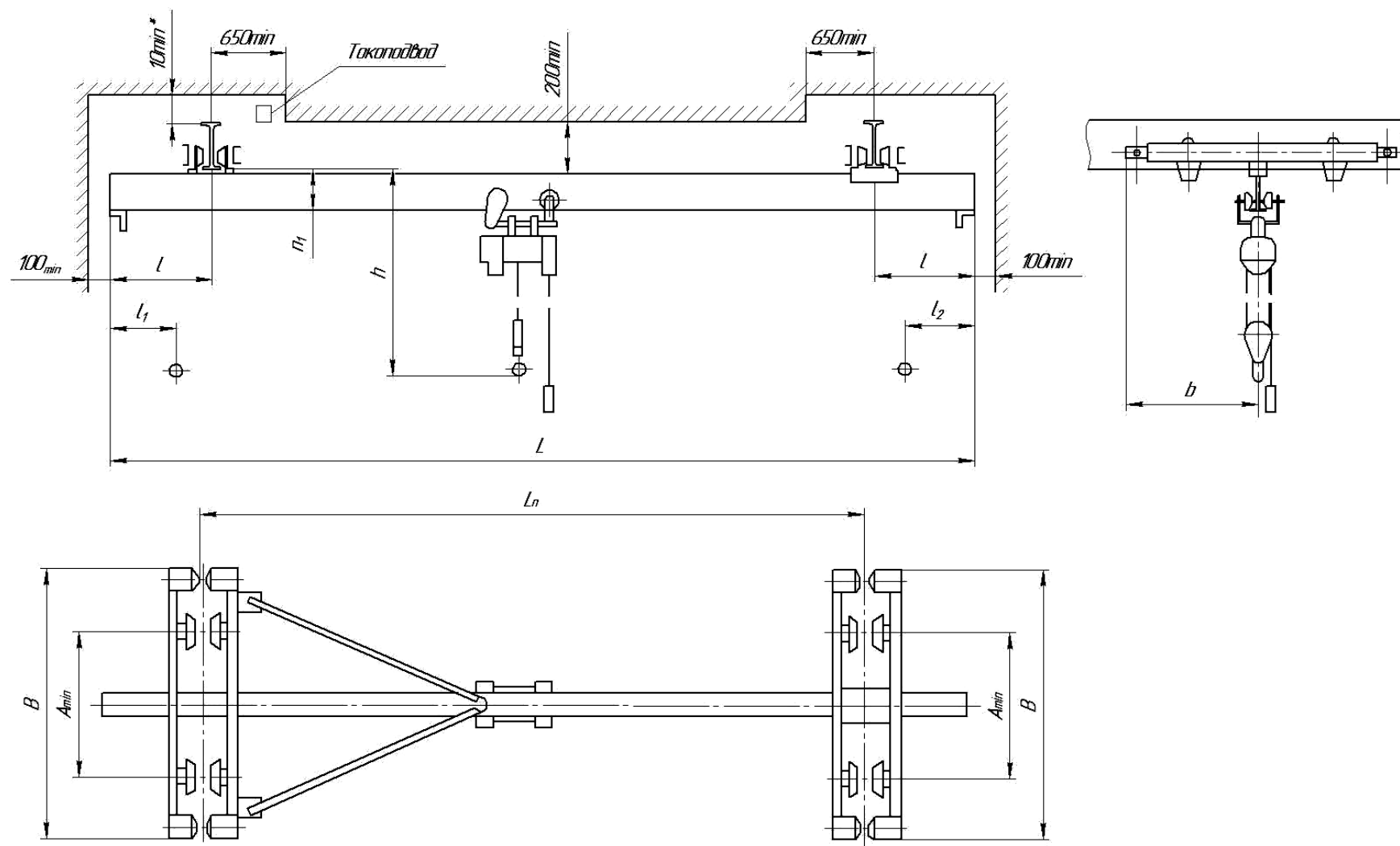


Рис. П2. Кран мостовой электрический однобалочный подвесной однопролетный ГОСТ 7890–93

Таблица П2

Кран мостовой электрический однобалочный подвесной ГОСТ 7890–93, размеры, мм (рис.П2)

Код ОКП	Высота подъема, м	Полная длина крана L , м	Пролет крана $L_{пр}$, м	Длина консолей l , м	A_{min}	B	b	h	h_1
однопролетный грузоподъемностью 3,2 т									
31 5725 1219 01	6; 12	16,8	15	0,9	1050	2100	950	2010	700
однопролетный грузоподъемностью 5 т									
31 5726 1119 10	6; 12	16,8	15	0,9	900	2100	1050	2240	720
двухпролетный грузоподъемностью 3,2 т									
31 5725 2109 02	6; 12	22,8	10,5+10,5	0,9	600	1460	730	1890	580
двухпролетный грузоподъемностью 5 т									
31 5726 2109 08	6;12	22,8	10,5+10,5	0,9	900	2100	1050	2120	600

Пример условного обозначения двухпролетного электрического мостового однобалочного подвесного крана грузоподъемностью 5 т, длиной 22,8 м, пролетами крана 10,5+10,5 м, высотой подъема 12 м, напряжением трехфазного тока 380 В, исполнения Т, категории размещения 2:

кран электрический мостовой подвесной двухпролетный 5–22,8–(10,5+10,5)–12–380–Т2 ГОСТ 7890–93.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА.....	4
2. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
2.1. Расчет количества оборудования для поточного производ- ства.....	20
2.2. Расчет количества оборудования для серийного непоточного производства.....	26
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАБОЧИХ ДЛЯ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ....	30
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА НАЛАДЧИКОВ.....	39
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ, ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ И СЛУЖАЩИХ.....	42
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА РАБОЧИХ МЕСТ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ СБОРКИ И ПАРАМЕТРОВ СБОРОЧНОГО КОНВЕЙЕРА.....	43
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ.....	48
8. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПЛАНОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ.....	52
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	68