



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Механико-
машиностроительный
институт**

А. А. ШАБАШОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие



Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

А. А. Шабашов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
151900 — Технология машиностроения

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2016

УДК 621:658(075.8)

ББК 34.4-4-02я73

Ш12

Рецензенты:

заведующий кафедрой технологии машиностроения, канд. техн. наук, доц.
В. В. Закураев (Новоуральский технологический институт Национально-
го исследовательского ядерного университета МИФИ);
главный технолог ПАО «Машиностроительный завод» имени М. И. Ка-
линина О. Г. Кулькаманов

Изображение на обложке с сайта [http://arppuup.ru/wp-content/
uploads/2016/01/d413ff70-21b2-45eb-8e5d-ca3a56ef2ea1.jpg](http://arppuup.ru/wp-content/uploads/2016/01/d413ff70-21b2-45eb-8e5d-ca3a56ef2ea1.jpg)

Шабашов, А. А.

Ш12 Проектирование машиностроительного производства : учебное посо-
бие / А. А. Шабашов. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 76 с.

ISBN 978-5-7996-1789-9

В учебном пособии рассмотрены особенности последовательного проектиро-
вания машиностроительного механосборочного производства.

Приведены компоновочные и планировочные решения цехов, особое внима-
ние уделено задачам технического перевооружения и реконструкции производства.

Библиогр.: 6 назв. Табл. 13. Рис. 40.

УДК 621:658(075.8)

ББК 34.4-4-02я73

ISBN 978-5-7996-1789-9

© Уральский федеральный
университет, 2016

Оглавление

1. Основные понятия и определения	5
1.1. Производственная система.....	5
1.2. Виды и структура производственного процесса (ПП).....	7
1.3. Принципы организации ПП.....	8
1.4. Формы, методы и типы организации ПП	9
1.5. Организация производственных процессов во времени	13
1.6. Организация производственных процессов в пространстве	13
2. Методика проектирования производственной структуры	17
3. Основные задачи проектирования	20
3.1. Последовательность проектирования	22
3.2. Алгоритм проектирования производственной системы.....	22
3.3. Выявление ведущих деталей изготавливаемого оборудования (станка).....	24
4. Проектирование организации производства	27
5. Проектирование предприятия.....	28
5.1. Проектирование основного производства	28
5.2. Организация поточных линий.....	29
5.3. Гибкие производственные системы (ГПС).....	31
6. Компонентно-планировочные решения производственной системы	33
6.1. Пространственная планировка предприятия	33
6.2. Выбор варианта расположения оборудования на участках механической обработки	36
6.3. Предварительное определение площади цеха и основных параметров производственного здания. Планировка оборудования и рабочих мест.....	37
7. Состав и количество основного технологического оборудования.....	42
7.1. Основные положения	42
7.2. Производственная программа и методы проектирования цеха	42
7.3. Методы определения трудоемкости и станкоемкости обработки	43
7.4. Расчет выполнения операции при поточном производстве.....	44
7.5. Расчет выполнения операции при непоточном производстве	44
7.6. Укрупненные способы определения количества оборудования	44

8. Организация технического обслуживания.....	47
9. Общая эксплуатационная система (ОЭС)	48
10. Проектирование системы инструментального обеспечения.....	50
10.1. Задачи инструментального обеспечения.....	50
10.2. Планирование запасов инструмента	51
11. Система комплексного обеспечения рабочих мест	52
12. Структура складов	53
13. Транспортная система.....	54
13.1. Структура транспортной системы.....	54
13.2. Компоновочные схемы транспортных систем	57
14. Проектирование подсистем удаления и переработки стружки	64
15. Проектирование подсистем приготовления и раздачи жидкости.....	66
16. Система охраны труда работающих.....	67
Библиографический список.....	69
Приложения.....	70
Приложение 1. Условные обозначения, применяемые на планировке	70
Приложение 2. Условная производительность станков отдельных видов	72
Приложение 3. Условные обозначения, применяемые на принципиальных компоновочных схемах.....	72
Приложение 4	74

1. Основные понятия и определения

1.1. Производственная система

Производственная система (ПС) представляет собой совокупность технологического оборудования с системой обеспечения функционирования производства, предназначенной для изготовления изделий определенной номенклатуры.

При разработке проектов технического перевооружения, реконструкции и расширения производства необходимо обеспечить их высокую эффективность. В общем виде задачей проектирования является разработка проекта цеха или участка для выпуска изделий определенной номенклатуры, требуемого качества и в заданном количестве при достижении минимальных приведенных затрат Z на годовой выпуск с учетом всех требований к охране труда:

$$Z = C + E_n K \rightarrow \min,$$

где C — себестоимость годового выпуска; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений: $E_n = 1/T_0$ (T_0 — срок окупаемости капитальных вложений); K — капитальные вложения на реализацию проекта, которые включают стоимость оборудования, инструмента, зданий, затраты на незавершенное производство, жилищное и культурно-бытовое строительство.

Производственный процесс (ПП) — совокупность трудовых и естественных процессов, в результате действия которых сырье и материалы превращаются в готовую продукцию (рис. 1.1).

В машиностроении ПП — самый сложный процесс. Это объясняется:

- широтой номенклатуры продукции;
- многодетальностью производимых изделий и их конструктивной сложностью;

- разнообразием применяемых технологических процессов;
- разнообразием оборудования и технологической оснастки;
- различным организационным и профессиональным составом кадров;
- глубоким разделением и кооперацией труда, что вызывает усложнение управления системой производства.

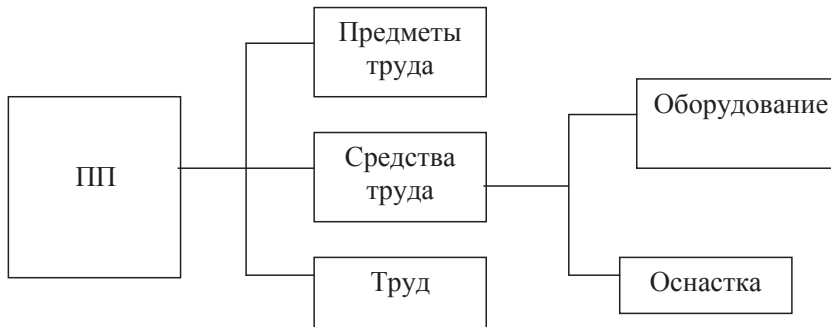


Рис. 1.1. Элементы производственного процесса

В современных методах «LEAN MANUFACTURING» (производство, лишённое затрат) анализ процессов проводится с помощью диаграммы Ишикавы.

Построим причинно-следственную диаграмму Ишикавы для понимания задач производственного и технологического процессов. (см. рис. 1.2).

Только соблюдая требования технологического процесса, можно получить качественный продукт с минимальными затратами и точно в срок.

В машиностроительном ПП: предметов труда — 10 000 (типоразмеров материалов, полуфабрикатов); средств труда — металлорежущее оборудование до 1000 типоразмеров; оснастки — до 30–55 тысяч наименований; труд характеризуется многообразием профессий — 316 сквозных профессий, 16 тарифно-квалификационных справочников. Все ПП в машиностроении состоят из трех стадий: заготовительной, обрабатывающей, сборочной. По назначению в производстве продукции в каждой стадии ПП делится на основные и обеспечивающие процессы. Обеспечивающие процессы включают вспомогательные и обслуживающие.

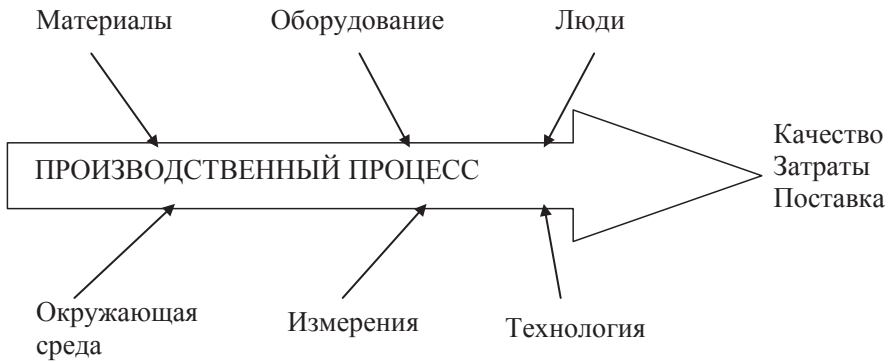


Рис. 1.2. Диаграмма Ишикавы

1.2. Виды и структура производственного процесса (ПП)

Производственный процесс, состоящий из основного, вспомогательного, обслуживающего — это изготовление продукции в соответствии со специализацией, когда в основном используется инструмент, обеспечивающий бесперебойную работу.

Таблица 1.1

Структура производственного процесса

Признак	Вид процесса
Назначение в производстве	Основной, вспомогательный, обслуживающий
Стадийность	Заготовительный, обрабатывающий, сборочный
Организационные отношения	Простой, сложный
Отношения к труду	Трудовой, естественный
Протекание во времени	Дискретный, непрерывный, импульсивный

Процесс состоит из операций, которые определяют его структуру.

Операция — часть ПП, выполняемая на одном рабочем месте, одними и теми же средствами труда над одними и теми же предметами труда, одним или несколькими рабочими без переналадки оборудования.

Виды операций: основные, в процессе которых происходит изменение формы, свойств, объема, взаиморасположения предметов труда; вспомогательные, в процессе которых происходит изменение месторасположения деталей, сборочных единиц в пространстве.

Структура ПП определяет состав подразделений предприятия. На структуру ПП в машиностроении оказывают влияние следующие факторы: конструкция изделий, объем выпуска, трудоемкость, уровень специализации, кооперирования. Структура ПП и объем работ определяют потребность в ресурсах. Взаимосвязи факторов, влияющих на ПП, представлены на рис. 1.3.

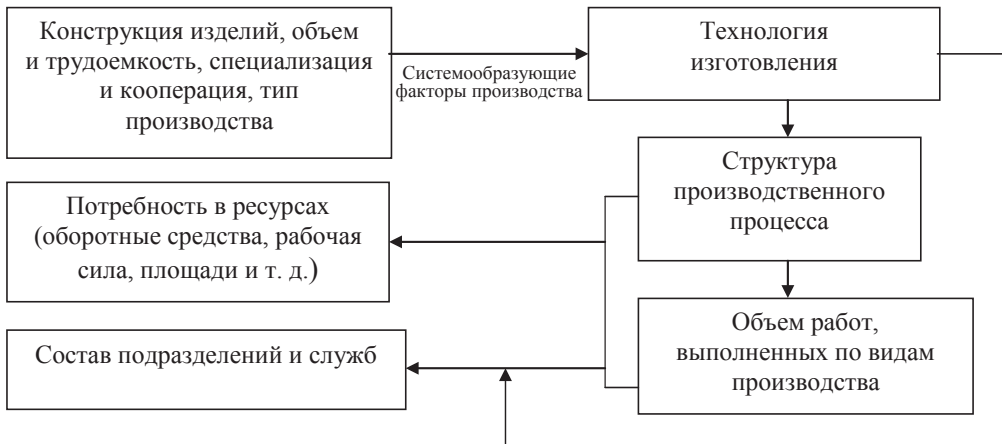


Рис. 1.3. Системообразующие факторы производства

1.3. Принципы организации ПП

Организация ПП на предприятии машиностроения включает в себя (рис. 1.4):

- строгое разделение труда между подразделениями на основе их специализации, рационального размещения и полного использования средств труда на каждом специализированном участке;
- четкое распределение рабочих, обеспечивающих всем необходимым для высокопроизводительного труда, упрощения маршрутов движения деталей;
- правильное планирование в пространстве и времени.



Рис. 1.4. Принципы организации ПП

1.4. Формы, методы и типы организации ПП

Понятия, отражающие существенные всеобщие свойства и отношения явлений, происходящих в процессе производства, определяются как категории организации производства. К ним относятся формы, методы, принципы и типы организации производства.

Понятия, отражающие существенные всеобщие свойства и отношения явлений, происходящих в процессе производства, определяются как категории организации производства. К ним относятся формы, методы, принципы и типы организации производства.

Форма организации производства — это определенное сочетание в пространстве и во времени элементов производственного процесса.

К формам организации производственного процесса относятся концентрация, специализация, кооперирование, комбинирование, централизация, размещение. Формы организации производства, представленные на машиностроительных предприятиях, изображены на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Формы организации производства

Типы производства — совокупность организационно-технических и экономических особенностей производства, обусловленных номенклатурой изготавливаемых изделий, объемами и степенью регулярности выпуска одноименной продукции. Факторы, определяющие тип производства:

- объем выпуска продукции — N ;
- трудоемкость единицы продукции — t ;
- действительный фонд времени работы оборудования в плановом периоде — F_d .

Концентрация — это форма организации производства, при которой происходит процесс сосредоточения производства в крупных цехах, производствах и предприятиях.

Централизация — это форма организации производства, при которой происходит процесс сосредоточения производства за счет его перегруппировки.

Специализация — это форма организации производства, при которой происходит выделение особого вида производства и создание нового производственного подразделения.

Предметная (подетальная) специализация — это закрепление за производственной системой отдельных видов изделий.

Технологическая специализация проявляется в том, что самостоятельные предприятия ограничиваются выполнением отдельных стадий технологических процессов.

Специализация вспомогательных производств осуществляется путем концентрации однородного вспомогательного производства на самостоятельных специализированных предприятиях или путем создания базовых специализированных цехов на действующих предприятиях.

Метод организации производства — это совокупность приемов и операций изготовления продукции или оказания услуг, выполняемых при определенном сочетании элементов производственного процесса (рис. 1.6).

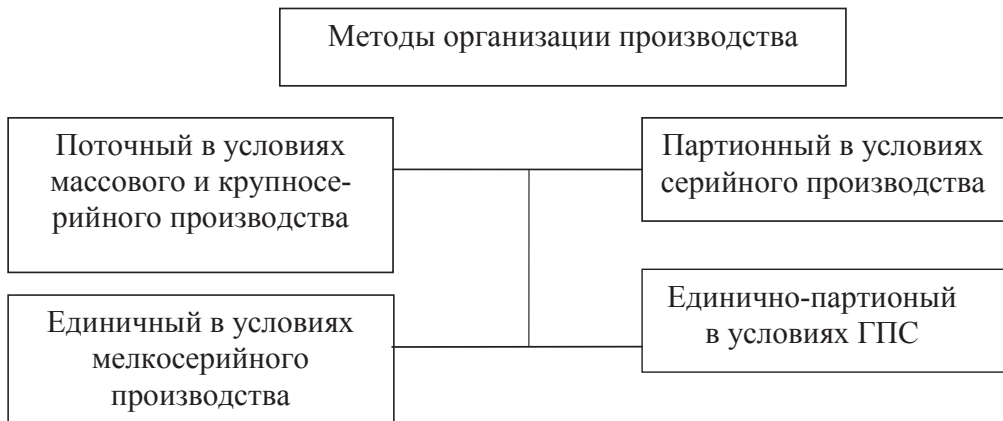


Рис. 1.6. Методы организации производства

Выбор форм организации производства представлен в табл. 1.2.

В зависимости от соотношения объема производства и действительного фонда времени: $N \cdot t > < F_d$ различают массовый, серийный и единичный типы производства и их разновидности (рис. 1.7).

Таблица 1.2

Зависимость уровня специализации и уровня кооперирования от типа производства

Тип производства	Вид специализации	Уровень кооперации
Массовый	Подетальная	Отсутствует или небольшой
Крупносерийный		
Среднесерийный	Предметная	По отдельным операциям.
Мелкосерийный	Технологическая	Пооперационная
Единичный		

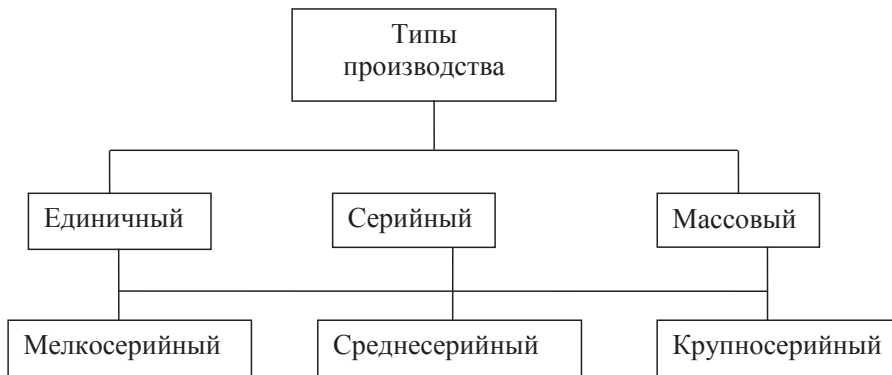


Рис. 1.7. Типы производства

Следовательно, тип организации производства характеризует степень постоянства загрузки рабочих мест одной и той же производственной работой (деталеоперацией) в плановом периоде.

Тип производства определяется по показателям массовости J_m и показателю закрепления операций $K_{з.о}$.

Показатели, характеризующие тип производства, и формулы их расчета приведены в табл. 1.3, а их ориентировочные значения в соответствии с ГОСТ ЕСТПП 14.004–83 — в табл. 1.4.

Таблица 1.3

Показатели типа производства

Показатель	Обозначение	Формула расчета
Массовость	J_m	t/r
Закрепление операций	$K_{з.о}$	K_0/S

где t — затраты времени единицы производственной работы (трудоемкость); r — такт выпуска (запуска) изделий (деталей); K_0 — число детали-операций, обрабатываемых на рабочих местах в цехе (на участке); S — число рабочих мест в цехе (на участке).

Таблица 1.4

Определение типа производства по показателям

Тип	Массовый	Серийный			Единичный
		Крупно серийный	Средне серийный	Мелко серийный	
$K_{3,0}$	= 1	2–10	11–22	23–44	> 45
J_m	< 1	0,5–0,1	0,1–0,04	< 0,04	–

Показатель массовости J_m чаще всего используется при проектировании, показатель закрепления операций $K_{3,0}$ — при анализе организации производства на предприятии. $K_{3,0}$ характеризует частоту смены операций на рабочем месте. J_m показывает, как в среднем занято рабочее место выполнением одной и той же операции. Тип производства цехов определяется по $K_{3,0}$ его ведущих участков.

1.5. Организация производственных процессов во времени

Организация производственного процесса во времени характеризуется производственным циклом. Производственный цикл определяется как интервал календарного времени от начала до окончания процесса изготовления или ремонта изделия:

$$T_{\text{Ц}} = T_{\text{ТЕХ}} + T_{\text{ТР}} + T_{\text{СК}} + T_{\text{К}} + T_{\text{МО}} + T_{\text{ЕСТ}},$$

где $T_{\text{ТЕХ}}$ — технологическое время обработки; $T_{\text{ТР}}$ — время на транспортировку; $T_{\text{СК}}$ — время на складирование; $T_{\text{К}}$ — время на контроль; $T_{\text{МО}}$ — время на межоперационные перерывы; $T_{\text{ЕСТ}}$ — длительность естественных процессов.

1.6. Организация производственных процессов в пространстве

Организационная структура ПС содержит следующие уровни: завод, цех, участок, линия.

Производственную деятельность завода обеспечивают входящие в его состав цехи, службы и подразделения. Цехи подразделяются

на производственные, вспомогательные и обслуживающие. К производственным относят цехи, в которых изготавливают заготовки, детали, сборочные единицы и изделия, составляющие производственную программу завода.

Эти цеха подразделяются на заготовительные (раскройно-заготовительные, литейные, кузнечные и др.), обрабатывающие (механические термические, прессы, металлопокрытий, окрасочные и др.) и сборочные (сварочные, сборочные, узловые и общей сборки, испытательные станции и др.)

К *вспомогательным* относят цехи, обеспечивающие функции технологического обслуживания цехов в целом: инструментальные, ремонтно-строительные, модельные и др. цехи, а также энергетические установки (электростанции, котельные, компрессорные, кислородные и др.).

К *обслуживающим* относят цехи, выполняющие функции хозяйственного и частично технического обслуживания: транспортный, складской, заводские лаборатории, заводоуправление, столовая, поликлиника.

Структура механосборочного производства зависит от конструктивных и технологических особенностей изделий, типа производства и ряда других факторов.

Состав элементов производственной структуры предприятия показан на рис. 1.8.

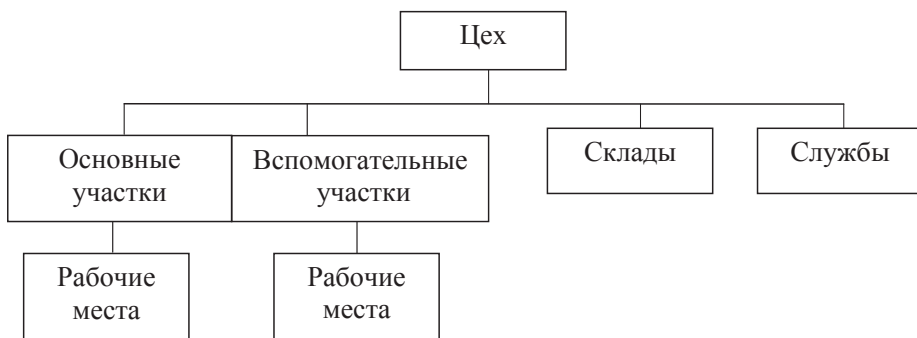


Рис. 1.8. Элементы производственной структуры цеха

Состав элементов производственной структуры является многофакторным. Таким образом, производственная структура зависит от многих факторов:

- конструктивной особенности продукции, технологии ее изготовления и требований НТП;
- объемы производства и структуры трудоемкости;
- формы специализации;
- уровня кооперирования с другими предприятиями;
- типа производства.

В табл. 1.5 приводится характеристика форм специализации цехов по наиболее важным технико-экономическим показателям.

Таблица 1.5

Сравнительная оценка форм специализации цехов, %

Показатели	Форма специализации		
	технологическая	предметная	поддетальная
Производительность труда	100	125	135
Использование оборудования	100	80	90
Потери от брака	100	40	30
Себестоимость продукции	100	96	92
Время цикла	100	40	25
Объем незавершенного производства	100	50	35
Комплексный показатель эффективности	1	1,5	1,9

Технологическая специализация проявляется в том, что самостоятельные предприятия ограничиваются выполнением отдельных стадий технологических процессов.

При поддетальной форме специализации при соблюдении единства пространства и времени имеется возможность саморегулирования производственной системы к возмущающим явлениям.

Таким образом, поддетальная форма специализации является саморегулирующей системой, которая создает предпосылки действия бригадной формы организации труда.

Снижение себестоимости при предметной форме специализации способствует улучшению технико-экономических показателей предприятия.

Взаимосвязь типов производства и форм специализации проиллюстрирована в табл. 1.6. Производственную деятельность завода обеспечивают входящие в его состав цехи, службы и подразделения. В качестве производственных единиц выступают объединение, предприятие, производственный цех, участок, поточная линия, рабочее место.

Таблица 1.6

Типы производства и специализация

Тип производства	Специализация
Массовый	Подетальная (поточная линия)
Серийный, мелкосерийный	Предметная
Единичный	Технологическая

В качестве производственных единиц выступают объединение, предприятие, производство цех, участок, поточная линия, рабочее место. В состав предприятия входят цехи, корпуса, линия, участок (рис. 1.9)

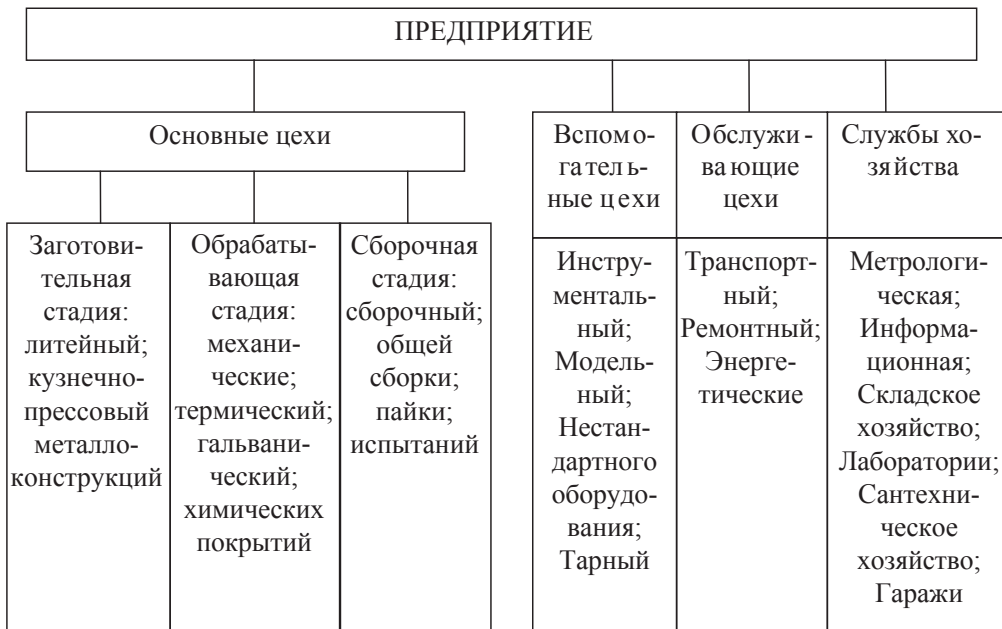


Рис. 1.9. Элементы производственной базы предприятия

2. Методика проектирования производственной структуры

Анализ производственной структуры осуществляется в несколько этапов:

- 1) анализ сборочной стадии;
- 2) анализ обрабатывающей стадии;
- 3) анализ заготовительной стадии.

Традиционный анализ выполняется по схеме, показанной на рис. 2.1 и в табл. 2.1.

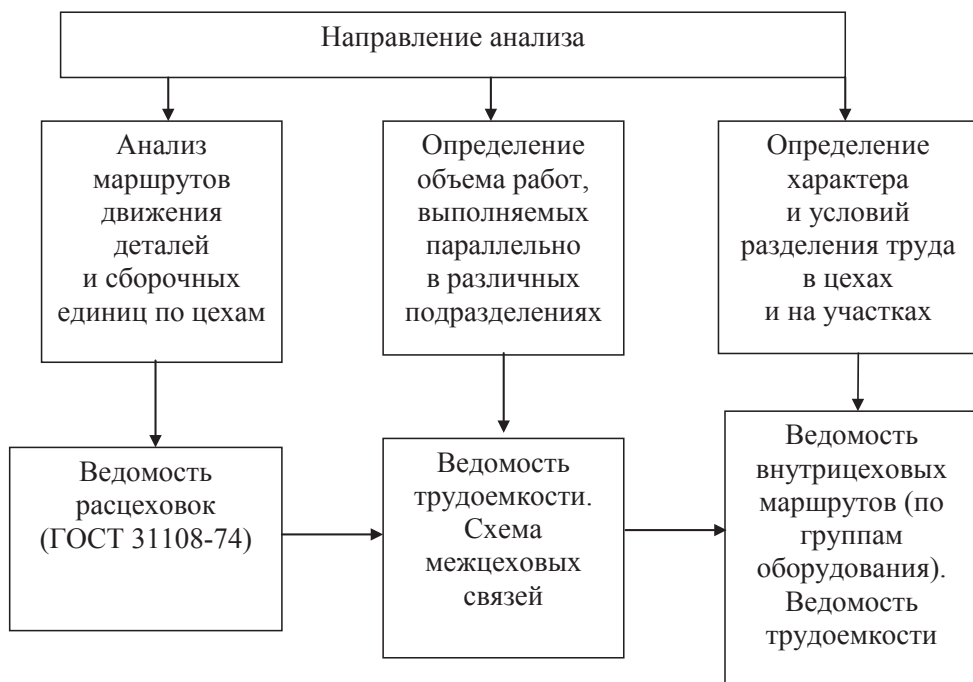


Рис. 2.1. Анализ производственной структуры

Таблица 2.1

Анализ по маршрутной ведомости

Маршрут	Изделия (детали)		
	А	В	С
1–9–2–3–10	90	2	100
1–2–3–5–10	1	20	150
1–2–9–2–9–10	80	30	1
1–9–2–9–3–10	25	100	15

Производственная структура предприятия, ее достоинства и недостатки выявляются в процессе анализа.

Анализ движения деталей ведется по маршрутной ведомости и определяет количество и объем работ изделий (деталей), которые проходят по технологическому маршруту.

Проектирование производственной структуры происходит на двух уровнях: макропроектирование (анализ структуры и осуществление классификации изделий и деталей) и инженерное проектирование.

Анализ ведется по стадиям отдельно, начиная со сборочной, обрабатывающей и заготовительной.

I этап. Классификация изделий по признакам:

- серийность;
- степень постоянства выпуска продукции;
- форма организации сборочного процесса и длительность цикла.

По первому признаку выделяют изделия массового, серийного и единичного производства.

По второму признаку — регулярно повторяющиеся изделия в производстве, нерегулярно повторяющиеся и неповторяющиеся.

По третьему признаку — изделия для поточной сборки и изделия для партионной сборки. Последние в свою очередь делятся на изделия с коротким и длительным циклами.

Эти признаки необходимы для проектирования производственной структуры сборочной стадии.

II этап. Классификация деталей

Классификация деталей для механической обработки ведется по признакам, на основании которых строят дерево вхождения деталей.

Признаки:

- P_1 — конструкционный тип детали (призма, тело вращения, плоские);

- P_2 — габаритные размеры;
- P_3 — материал;
- P_4 — масса;
- P_5 — технологический маршрут.

Определения этих признаков недостаточно для выбора специализации участков, поэтому проектирование производственной структуры осуществляется на базе двух групп признаков: организационно-плановых и конструктивно-технологических.

Организационно-плановые признаки:

- показатель относительной трудоемкости деталей;
- показатель массовости, характеризующий тип производства;
- признак общности наладки оборудования.

Конструктивно-технологические признаки определяют:

- форму обрабатываемых поверхностей;
- вид заготовки (размер);
- габариты деталей (размер);
- конструктивный тип деталей (выбор оборудования);
- технологический маршрут (типоразмер оборудования и его установка).

По конструктивно-технологическим, технологическим признакам мы стремимся к определенной форме специализации, т. е. к созданию предметных, поддетальных или технологических участков.

Организационно-плановые признаки требуют создания участков, близких по типу производства и равновеликих по относительной трудоемкости обработки.

Такой признак, как общность наладки, требует обработки деталей разного конструктивного типа на одном участке при условии общей наладки рабочих мест (т. е. валы, втулки, корпуса, имеющие автоматическую обработку, должны обрабатываться на одном участке).

Показатель относительной трудоемкости детали дает возможность сформировать равновеликие участки.

Групповое производство (см. рис. 2.2) — разновидность производственной структуры механообрабатывающей стадии производственного процесса (за производством закрепляется несколько типов деталей).

Групповая организация производства — совместное изготовление или ремонт группы изделий разной конфигурации на специализированных рабочих местах.



Рис. 2.2. Групповое производство

3. Основные задачи проектирования

При проектировании механосборочного производства одновременно ставят и решают технологические, экономические и организационные задачи, тесно связанные между собой. В общем виде задача проектирования может быть сформулирована в следующем виде: спроектировать цех или участок, обеспечивающий выпуск определенной номенклатуры, требуемого качества, заданную программу при достижении минимально возможных приведенных затрат на изготовление и с учетом всех требований к охране труда.

Для решения технологических задач необходимо: проработать вопросы технологичности изделий, спроектировать технологические

процессы, выявить трудоемкость и станкоемкость операций, установить типаж и количество оборудования, состав и количество работающих, нормы расхода материалов, определить площади и размеры участков и цеха, разработать компоновку цеха и планировку оборудования, определить задания для строительного и энергетического проектирования.

Для решения экономических задач необходимо: рассчитать себестоимость и рентабельность выпуска изделий, определить удельные приведенные затраты, размеры основных и оборотных средств, составить калькуляции, решить вопросы финансирования.

Для решения организационных задач необходимо: выбрать принципы формирования производственных подразделений, разработать структуру управления, научную организацию труда, документооборот, организацию служб производства, систему контроля за ходом производства и т. д.

При разработке нескольких вариантов проекта необходимо выбрать оптимальный. Сложность решения оптимизационной задачи заключается в определении значений весовых коэффициентов k_i , которые должны характеризовать влияние каждого из показателей на приведенные затраты. Фактический уровень эффективности, как правило, должен определяться по отношению к нормативным показателям, сумма значений которых по данному проектному решению принята за 100 %.

Полученный уровень эффективности (%) определяется по формулам:

$$W_1 = 100W_{1п}/W_{1н}; W_2 = 100W_{2п}/W_{2н},$$

где n — нормативные значения показателей; $п$ — проектные.

Комплексный показатель полученного решения рассчитывают по сумме частных показателей, взвешенных в их значимости:

$$W_{ki} = \sum W_i k_i,$$

где W_i — частные критерии.

Таким образом, разработанный проект механосборочного производства должен удовлетворять принятым критериям качества проектирования. В ряде случаев число критериев оценки качества может быть больше 2. Например: трудоемкость, станкоемкость, протяженность коммуникаций, цикл производства, мобильность размещения.

3.1. Последовательность проектирования

Проектирование механосборочного производства представляет собой сложную динамическую систему, включающую в себя последовательные этапы: структурно-функциональный, алгоритмический, параметрический и планировочный этапы.

Структурно-функциональный этап представлен в виде структурной модели, которая отражает состав, тип и взаимосвязь элементов, и функциональной, учитывающей свойства элементов и системы, необходимые для выполнения ими своего служебного назначения.

Алгоритмический этап учитывает связь между элементами и системами в процессе производства.

Параметрический этап заключается в определении количества взаимосвязей между отдельными параметрами элементов системы.

Параметрические модели представляют собой уравнение материального энергетического баланса в различных проявлениях.

Планировочный этап учитывает размерные связи между отдельными элементами системы.

3.2. Алгоритм проектирования производственной системы

Алгоритм проектирования производственной системы состоит из следующий этапов:

1. Разработка программы выпуска.
2. Габариты масса и материал изделия.
3. Параметры количества изделия.
4. Режим работы производства.
5. Оценка технологичности изделия.
6. Разработка технологического процесса изготовления изделий.
7. Расчет станкоемкости и трудоемкости операций.
8. Определение количества основного оборудования.
9. Разработка требований к работе основного оборудования.
10. Составление заданий на нестандартное оборудование.
11. Проектирование системы инструментообеспечения.
12. Проектирование контроля качества изделий.

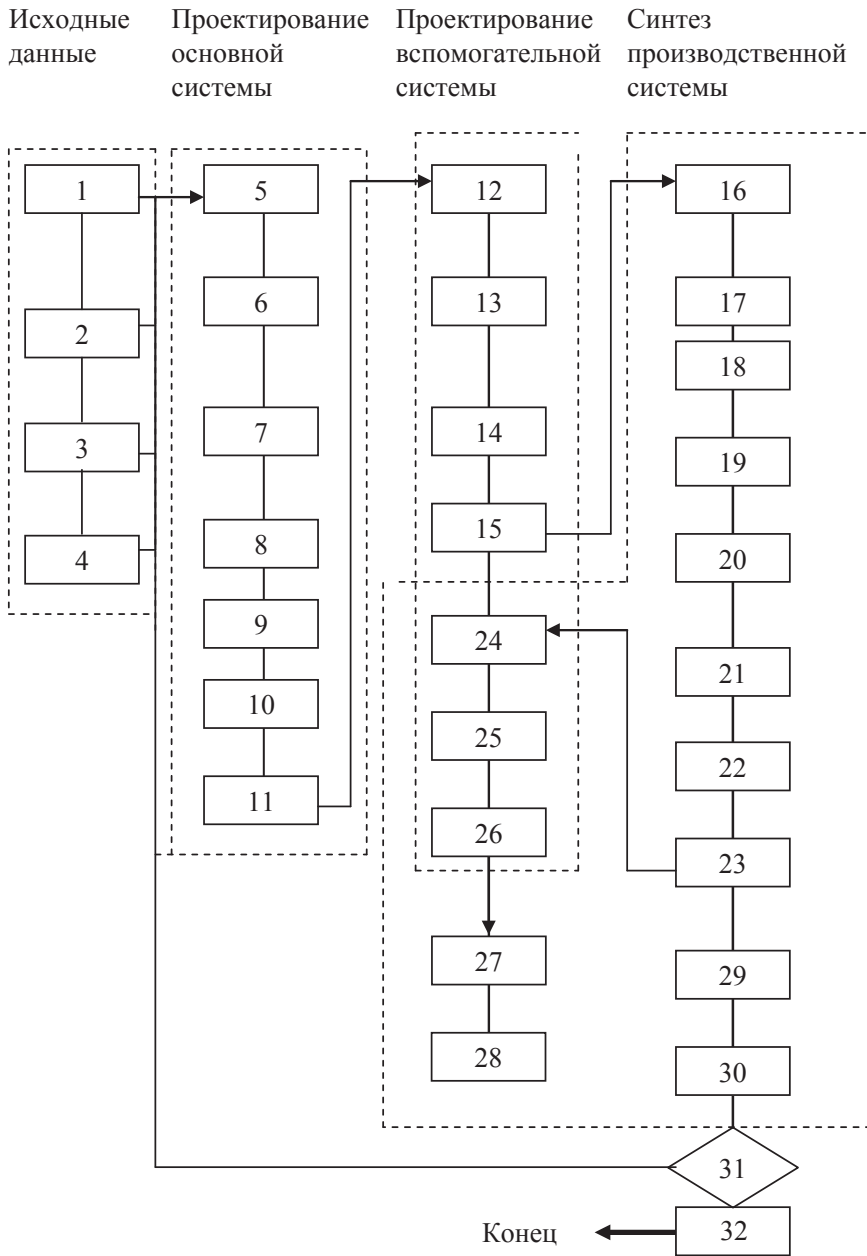


Рис. 3.1. Алгоритм проектирования производственной системы

13. Проектирование складской системы
14. Проектирование охраны труда.
15. Разработка производственных маршрутов изготовления изделий.
16. Выбор принципа формирования стр. подразделений.
17. Выбор состава производственных подразделений.
18. Определение состава и количества оборудования в структурных подразделениях.
19. Расчет площади производственных подразделений.
20. Расчет площади цеха и его габаритных размеров.
21. Компоновка цеха.
22. Построение схем размещения и производственных подразделений.
23. Проектирование транспортной системы.
24. Проектирование системы технического обслуживания.
25. Проектирование системы производства.
26. Планировка оборудования в производственных подразделениях и в цехе.
27. Определение состава и количества работающих в подразделениях и цехе.
28. Формирование схемы материальных, энергетических и информационных потоков.
29. Расчет технико-экономических показателей проекта.
30. Выбор наилучшего варианта проекта.
31. Разработка заданий по реализации проекта.

3.3. Выявление ведущих деталей изготавливаемого оборудования (станка)

Одним из важнейших этапов проектирования является определение ведущих деталей станка. Необходимо выявить ведущие детали станка, их примерные габариты и основные технологические операции.

В качестве ведущих выбираются детали, определяющие выбор размеров основных типов станков для обработки базовых деталей (ста-

нин, корпусных деталей средних размеров), деталей типа тел вращения (наиболее длинных валов и ходовых винтов, крупных маховиков, венцов).

На рис. 3.2 приведена компоновка токарного станка.

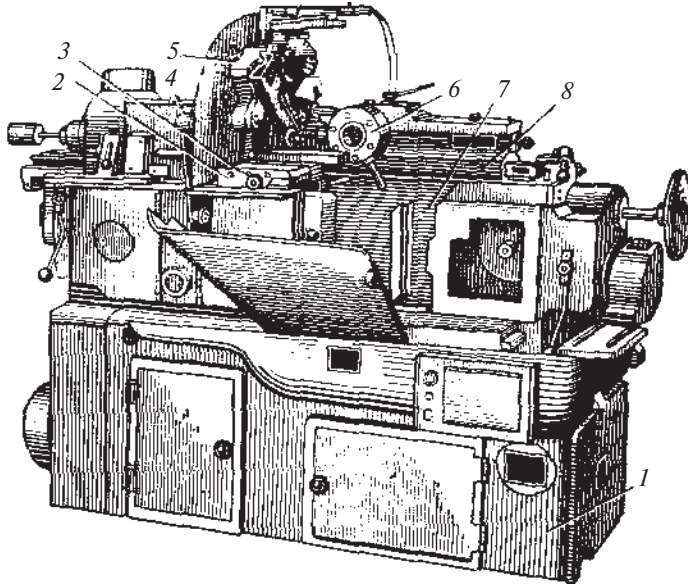


Рис. 3.2. Компоновка токарного станка:

- 1 — основание; 2 — передний поперечный суппорт; 3 — продольный суппорт;
4 — шпиндельная бабка; 5 — вертикальный суппорт; 6 — револьверная головка;
7 — станина; 8 — суппорт револьверной головки

На рис. 3.3 приведена компоновка радиально-сверлильного станка. К фундаментной плите 1 крепят неподвижную колонну 2 с поворотной гильзой 3. На гильзе установлена траверса 4, которая может перемещаться по ней и закрепляться с помощью механизма 5 на определенной высоте в зависимости от размеров обрабатываемой заготовки. Шпиндельная головка 6, внутри которой находятся коробка скоростей 7 и коробка подач 8, перемещается по направляющим траверсы в горизонтальном направлении и вместе с траверсой поворачивается вокруг колонны. Шпиндель 9 с инструментом получает главное вращательное движение и движение подачи (поступательное вертикальное). Заготовку закрепляют на столе 10 или непосредственно на фундаментной плите 1.

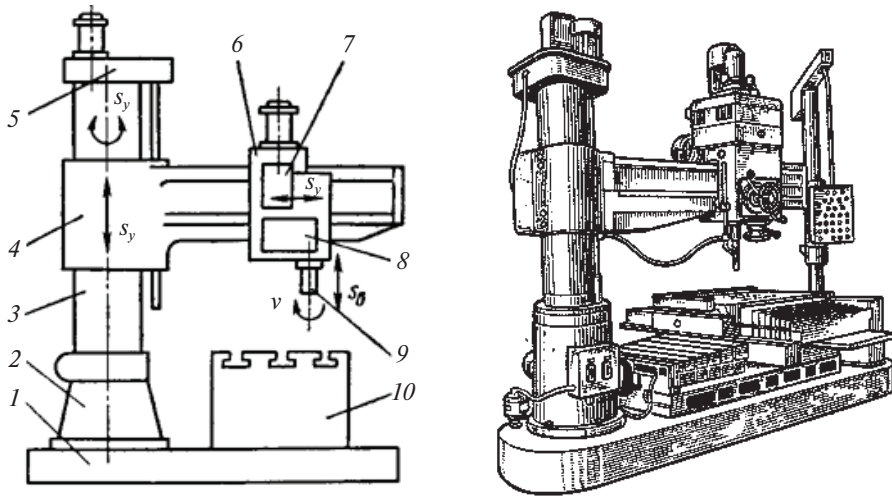


Рис. 3.3. Компоновка радиально-сверлильного станка

На рис. 3.4 приведена компоновка вертикально-фрезерного станка. В станине 1 размещена коробка скоростей 2. Шпиндельная головка 3 смонтирована в верхней части станины и может поворачиваться в вертикальной плоскости. При этом ось шпинделя 4 можно поворачивать под углом к плоскости рабочего стола 5. Главным движением является вращение шпинделя.

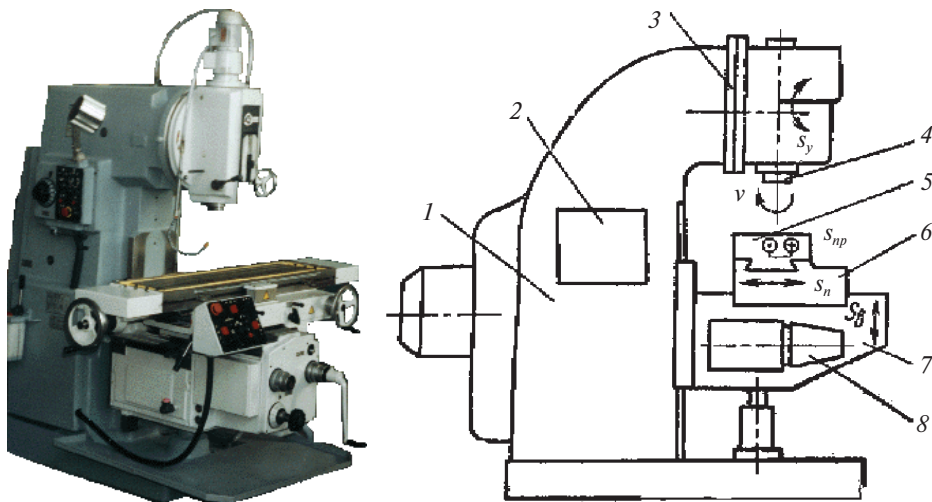


Рис. 3.4. Компоновка вертикально-фрезерного станка

Стол, на котором закрепляют заготовку, имеет продольное перемещение по направляющим салазок 6. Салазки имеют поперечное перемещение по направляющим консоли 7, которая перемещается по вертикальным направляющим станины. Таким образом, заготовка, установленная на столе 5, может получать подачу в трех направлениях. В консоли 7 смонтирована коробка подачи 8.

4. Проектирование организации производства

Системный подход в организации производства на предприятии и его структурных подразделениях дает возможность осуществить проектирование предприятия как производственной системы. Можно выделить два этапа проектирования предприятия как системы: макропроектирование и организационное проектирование.

Макропроектирование осуществляется при создании новых предприятий, повышения уровня механизации, автоматизации производственного процесса. Организационное проектирование обосновывает решения, направленные на рациональное сочетание в пространстве и во времени основных элементов производственной системы и включает следующие этапы:

- разработка организационной структуры предприятия;
- обоснование производственной структуры основных цехов предприятия;
- обоснование организационных решений по важнейшим видам обеспечения основного производства на предприятии;
- проверка экономической целесообразности разработанных проектов;
- осуществление пространственной планировки цехов и составление генерального плана предприятия.
- Выполнение работ по проектированию предприятий включает следующие стадии:
- разработка или получение задания на проектирование структуры;

- разработка технического предложения;
- разработка технического проекта;
- разработка рабочего проекта.

Макропроектирование осуществляется при создании новых предприятий или производств. Этапы макропроектирования включают:

- обоснование объектов и объемов производства продукции;
- выбор наиболее целесообразной организационно-правовой формы (ОФП);
- определение места расположения предприятия (МРП).

5. Проектирование предприятия

5.1. Проектирование основного производства

Проектирование основного производства осуществляется при создании новых предприятий или при техническом перевооружении, при реконструкции существующего производственного процесса.

Общий алгоритм проектирования основного производства представлен на рис. 5.1.

Проектирование предприятий, имеющих три стадии производственного процесса, а именно: заготовительную, обрабатывающую и сборочную, начинается с проектирования сборочной стадии.

Традиционный анализ производственной структуры предприятия (цеха) оформляется в виде аналитических таблиц.

Синтез производственной структуры цехов обрабатывающей стадии базируется на классификации деталей, обрабатываемых в цехе. Группирование деталей по конструктивно-технологическим признакам и формирование производственных участков осуществляется в соответствии с методикой, предложенной В. А. Петровым: детали закрепляются за участками и устанавливается возможность организации поточного производства и создания гибких производственных систем.



Рис. 5.1. Алгоритм проектирования основного производства

5.2. Организация поточных линий

Реализация принципов рациональной организации производственных процессов и поточного метода возможна в поточном производстве.

Поточный метод организации производства основан на ритмичной повторяемости согласованных во времени основных и вспомогательных операций, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных в соответствии с последовательностью операций технологического процесса.



Рис. 5.2. Алгоритм проектирования организационной структуры цеха

Различают две формы организации поточного производства: поточное, групповое поточное.

Поточная форма организации производства характеризуется тем, что обрабатывается один или несколько одноименных предметов. При однономенклатурных линиях в течение планового периода обрабатывается одно наименование деталей по единичному технологическому процессу. Многономенклатурные поточные линии характеризуются тем, что за линией закреплена группа предметов, обрабатываемых по типовому технологическому процессу.

Групповая форма организации поточного производства характеризуется тем, что одновременно обрабатываются близкие в конструктивно-технологическом отношении изделия (детали). На групповых поточных линиях обработка ведется по групповым технологическим процессам и групповой оснастке.

На групповых поточных линиях закрепленные детали обрабатываются без переналадки оборудования. Для обработки на таких линиях подбираются конструктивно- и эксплуатационно-подобные детали, характеризующиеся общностью технологических методов формообразования, обработки и размерных признаков. Для всех закрепленных деталей разрабатываются единые технологический процесс, набор инструмента и приспособлений, которые обеспечивают возможность одновременной либо поочередной обработки всех закрепленных деталей без переналадки оборудования.

Содержание и основные этапы проектирования организационной структуры механического цеха приведены на рис. 5.2.

5.3. Гибкие производственные системы (ГПС)

Современное производство характеризуется широкой номенклатурой и частой сменой изделий, что обуславливает большой удельный вес мелкосерийного и среднесерийного производства.

Гибкость производства — способность без каких-либо существенных изменений техники, технологий, организации производства обеспечить освоение производства новых изделий, выполнение новых видов работ в краткие сроки с минимумом затрат трудовых и матери-

альных ресурсов вне зависимости от конструктивных и технологических характеристик изделия. Такие системы называются ГПС.

Развитие техники (станки с ЧПУ, микроэлектроника) обусловило интенсификацию работ по автоматизации средне- и мелкосерийного производства. В настоящее время решается задача обеспечения гибкости и комплексной автоматизации за счет создания ГАП.

ГАП — комплексно-автоматизированное производство с широкой номенклатурой изделий, обладающее способностью быстро и экономно переходить от выпуска изделий одного вида к другому в пределах установленной номенклатуры.

Регламент создания ГАП иллюстрируется в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Ориентировочные данные для создания ГПС

Наименование оборудования	Тип производства	Номенклатура труда	Партионность	Частота переналадки	$K_{ио}$	K_C
Универсальные станки	Единичный: $K_{3,0} >$	> 300	< 30	Произвольная	0,4	1,4
Станки с ЧПУ	Мелкосерийный: $K_{3,0} = 22-40$	20–300	30–100	1 раз/день	0,6	1,0
Многоцелевые станки, ГПМ	Серийный $K_{3,0} = 11-21$	10–100	50–300	1 раз/3 дн.	0,7	1,0
ГАЛ, ГАУ, ГАЦ	Крупносерийный: $K_{3,0} = 2-10$	2–300	300–3000	1 раз/5 дн.	0,8	2,5
Автоматическая линия	Массовый: $K_{3,0} = 1$	2–30	> 10000	Без переналадок	0,9	2,0

Примечание. $K_{3,0}$, $K_{ио}$, K_C — соответственно коэффициенты: закрепления операций, использования оборудования, сменности; ГПМ, ГАЛ, ГАУ, ГАЦ — соответственно гибкие: производственный модуль, автоматическая линия, установка, центр.

6. Компонентно-планировочные решения производственной системы

6.1. Пространственная планировка предприятия

Пространственная планировка предприятия основывается на пространственных планировках основных и обеспечивающих подразделений и документально оформляется в виде генерального плана предприятия.

Под генеральным планом предприятия понимается расположение на территории всех цехов, служб, сооружений, устройств и коммуникаций, согласованное с особенностями рельефа местности, требованиями благоустройства территории и охраны природной среды.

Основные требования к разработке генерального плана предприятия:

- обеспечение прямолинейности процесса и кратчайшего расстояния между взаимосвязанными цехами, для чего цехи и склады располагаются по схеме (рис. 6.1);
- размещение вспомогательных цехов вблизи основных, которые потребляют их продукцию или имеют наибольшее количество оборудования;
- зонное расположение цехов, однородных по характеру производства, противопожарным и санитарно-гигиеническим условиям;
- обязательное выделение зоны горячих, деревообрабатывающих, энергетических цехов и зоны общезаводских служб;
- обеспечение возможности дальнейшего расширения предприятия без нарушения идеи плана, без сноса ранее построенных зданий, с учетом «розы ветров»;
- разграничение людских и грузовых потоков;
- расположение цехов и хозяйств с учетом направления преобладающих ветров и сторон света для обеспечения благоприятных условий проветривания и естественного освещения.

Показатели оценки эффективности использования площади территории при проектировании следующие:

1) коэффициент плотности застройки территории (1):

$$K_{\text{пл}} = \frac{Q_{\text{зд}}}{Q}; \quad (6.1)$$

2) коэффициент использования площади территории (2)

$$K_{\text{исп}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{Q}, \quad (6.2)$$

где $Q_{\text{зд}}$ — площадь зданий; $Q_{\text{исп}}$ — площадь используемой территории; Q — общая площадь территории предприятия.

Коэффициент плотности застройки территории $K_{\text{пл}}$ должен быть равен 0,3–0,4 с учетом зеленой зоны.

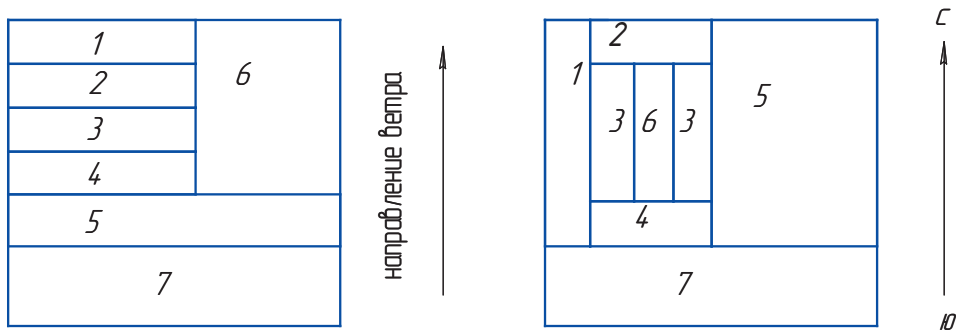


Рис. 6.1. Варианты схем генерального плана предприятия:

1 — сортировочные или подъездные пути; 2 — складские помещения; 3 — заготовительные цеха; 4 — обрабатывающие и сборочные цеха; 5 — вспомогательные цеха; 6 — энергетические устройства; 7 — общезаводские устройства (заводоуправление, клуб, столовая и т.д.)

Компоновочные схемы механосборочных цехов приведены на рис. 6.2.

Отделение или цех общей сборки с конвейером размещают перпендикулярно к линиям обработки после узловой сборки в конце корпуса или в его середине (рис. 6.2, а, б). При этом обеспечивают наиболее благоприятные условия передачи изготавливаемых деталей и сборочных единиц на конвейер общей сборки в процессе прямой межоперационной передачи.

В серийном и единичном производстве применяют компоновочные схемы размещения цеха (отделения) общей сборки в отдельном пролете перпендикулярно или параллельно пролетам или участкам механических цехов (рис. 6.2, в, г).

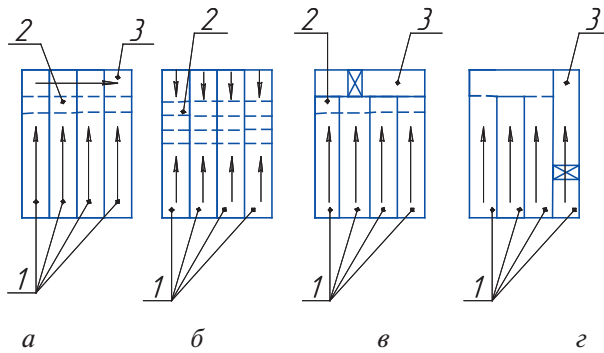


Рис. 6.2. Компоновочная схема механосборочного цеха:
1 — механическая обработка; 2 — узловая сборка; 3 — общая сборка

Компоновочная схема механического цеха представлена на рис. 6.3.

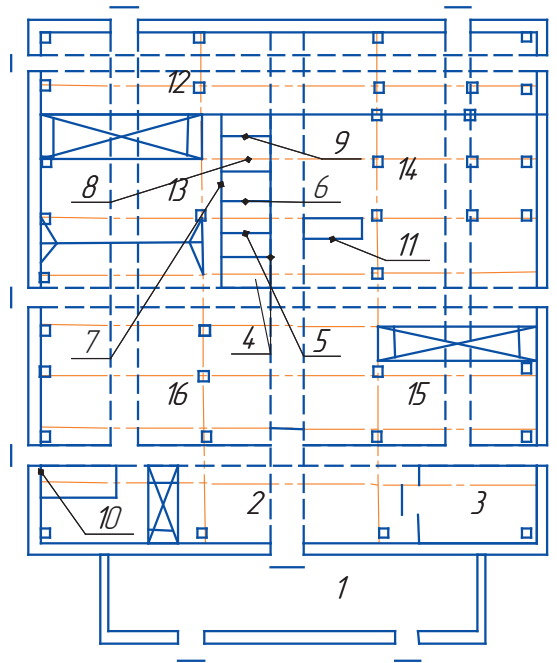


Рис. 6.3. Компоновочная схема механического цеха:

1 — служебно-бытовые помещения (2 этажа); 2 — склад заготовок и материалов; 3 — заготовительное отделение; 4 — участок ремонта приспособлений и инструмента; 5 — инструментально-раздаточная кладовая; 6 — заточное отделение; 7 — бюро техконтроля; 8 — цеховая ремонтная суппортов база; 9 — отделения по ремонту электрооборудования; 10 — отделение по переработке стружки; 11 — отделение приготовления и раздачи СОЖ; 12 — промежуточный склад; 13 — участок валов; 14 — участок шестерен; 15 — участок обработки; 16 — участок обработки станин и столов

Содержание и основные этапы проектирования пространственной планировки цеха приведены на рис. 6.4.

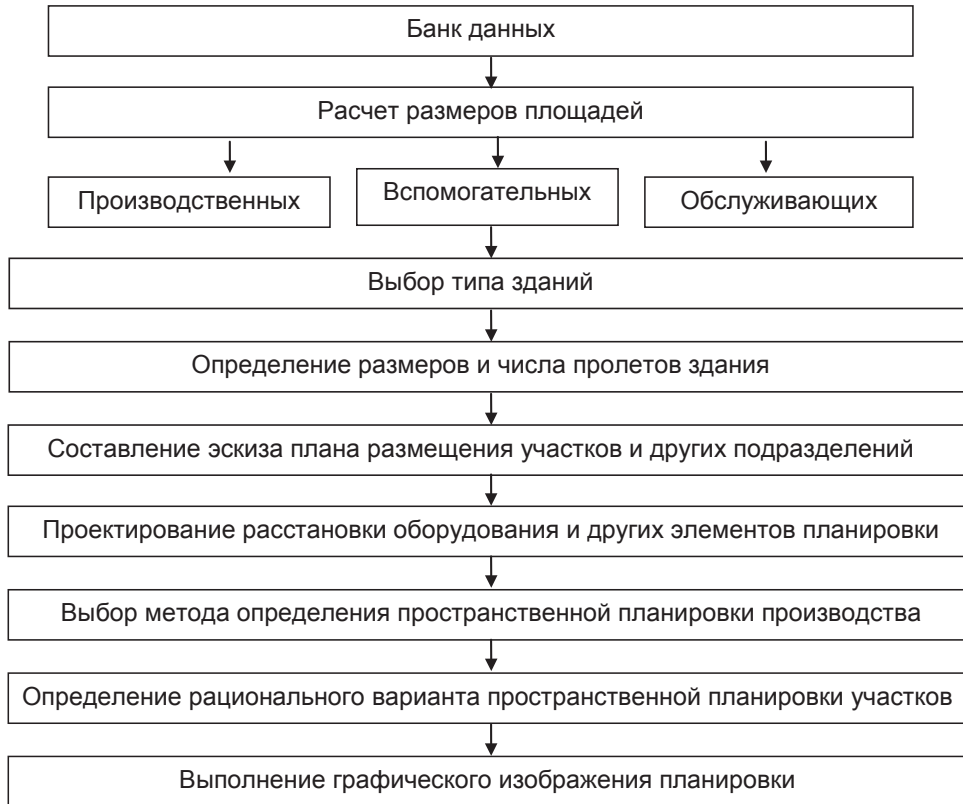


Рис. 6.4. Алгоритм проектирования пространственной планировки цеха

6.2. Выбор варианта расположения оборудования на участках механической обработки

Расположение станков на участках и линиях механической обработки определяется организационной формой производственного процесса, длиной станочных участков, числом станков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами. Варианты размещения станков приведены на рис. 6.5.

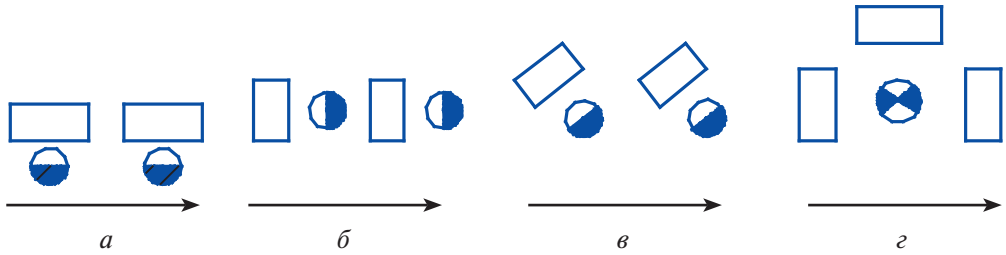


Рис. 6.5. Варианты размещения станков относительно транспортных средств:
a — продольное; *б* — поперечное; *в* — угловое; *г* — кольцевое

6.3. Предварительное определение площади цеха и основных параметров производственного здания.

Планировка оборудования и рабочих мест

Основные требования к оформлению планов расположения оборудования и рабочих мест, а также используемые при этом обозначения приведены на рис. 6.6.

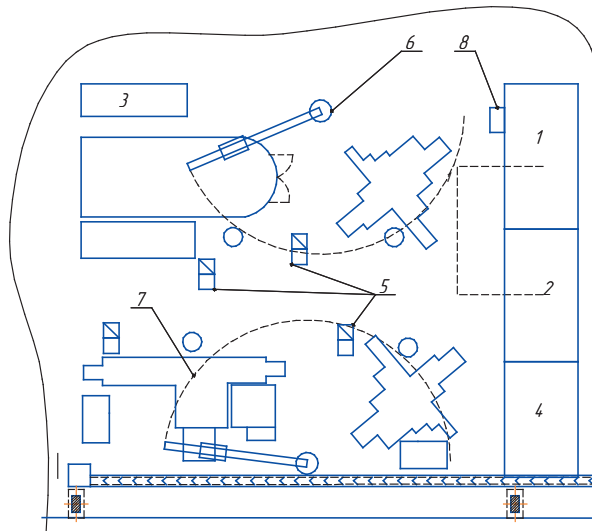


Рис. 6.6. Фрагмент планировки расположения основного и вспомогательного оборудования на участке механообработки:

1 — участок ремонта приспособлений и инструмента; 2 — инструментально-раздаточная кладовая; 3 — заточное отделение; 4 — бюро техконтроля; 5 — стеллаж для инструмента и оснастки; 6 — консольно-поворотный кран; 7 — токарный станок; 8 — пожарный щит

Ширину магистральных проездов, по которым осуществляются 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 (мм) составляет: при одностороннем движении $A = B + 1400$, при двустороннем движении $A = 2B + 1600$, для робокар при одностороннем движении $A = B + 1400$, где B — ширина груза, мм. Ширину пешеходных переходов принимают равной 1400 мм.

При размещении оборудования в соответствии с выбранным вариантом необходимо следовать установленным нормам расстояний между оборудованием, а также ширины проездов.

При предварительной проработке компоновочной схемы общую площадь участка и цеха определяют по показателю $S_{уд}$ площади на один станок или одно рабочее место:

$$S_o = S_{p.m} \cdot C_{ц},$$

где $C_{ц}$ — принятое число станков, а в случае сборки — рабочих мест цеха (участка); $S_{p.m}$ — площадь рабочего места.

Этот показатель зависит от габаритных размеров применяемого оборудования и транспортных средств.

Пример планировочного решения станочной линии со стационарным конвейером приведен на рис. 6.7.

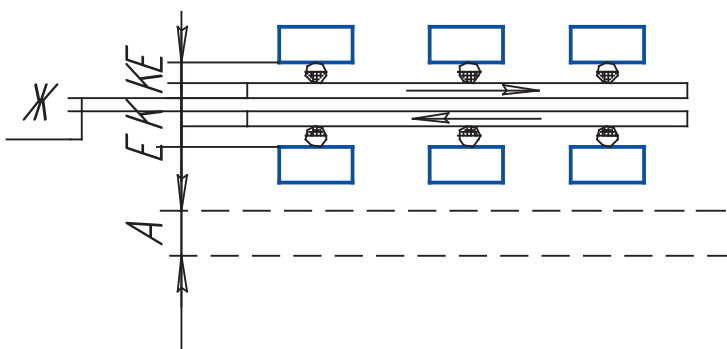


Рис. 6.7. Транспортная система со стационарным конвейером, при нормах расстояний $A = 1400$; $D = 400$; $E = 1070$; $\Gamma = 900$; $Ж \geq 300$; K зависит от размера изготавливаемых деталей

Указанные нормы для схемы рис. 6.8 даны в табл. 6.1.

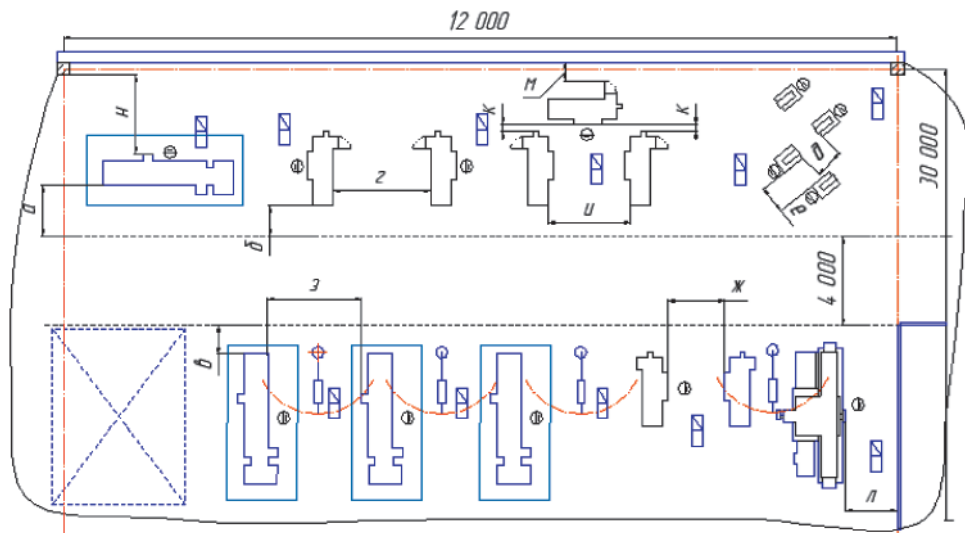


Рис. 6.8. Схема расположения станков

Нормы расстояний, мм, станков от проезда, между станками, а также от станков до стен и колон зданий представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Нормы расстояний, мм, станков от проезда, между станками,
а также от станков до стен и колон зданий**

Расстояние	Наибольший габаритный размер станка в плане, мм, не более		
	1800	4000	8000
От проезда:			
до фронтальной стороны станка (а)	1600/1000	—	2000/1000
боковой стороны станка (б)	500	—	700/500
тыльной стороны станка (в)	500	—	500
Между станками при расположении:			
в затылок (г)	1700/1400	2000/1600	2600/1800
тыльной стороной друг к другу (д)	700	800	1000
боковыми сторонами друг к другу (е)	900	—	1300/1200
фронтальными сторонами друг к другу	900	1300/1200	—
одного станка (ж)	2100/1900	2500/2300	2600
двух станков (з)	1700/1400	1700/1600	—
по кольцевой схеме (и)	2500/1400	2500/1600	—
От стен колонн:			
до фронтальной стороны станка (л)	1600/1300	1600/1500	—
тыльной стороны станка (м)	700	800	900

Важным при проектировании является выбор строительных параметров здания — сетки колонн и высоты пролета. Поперечный разрез пролета показан на рис. 6.9.

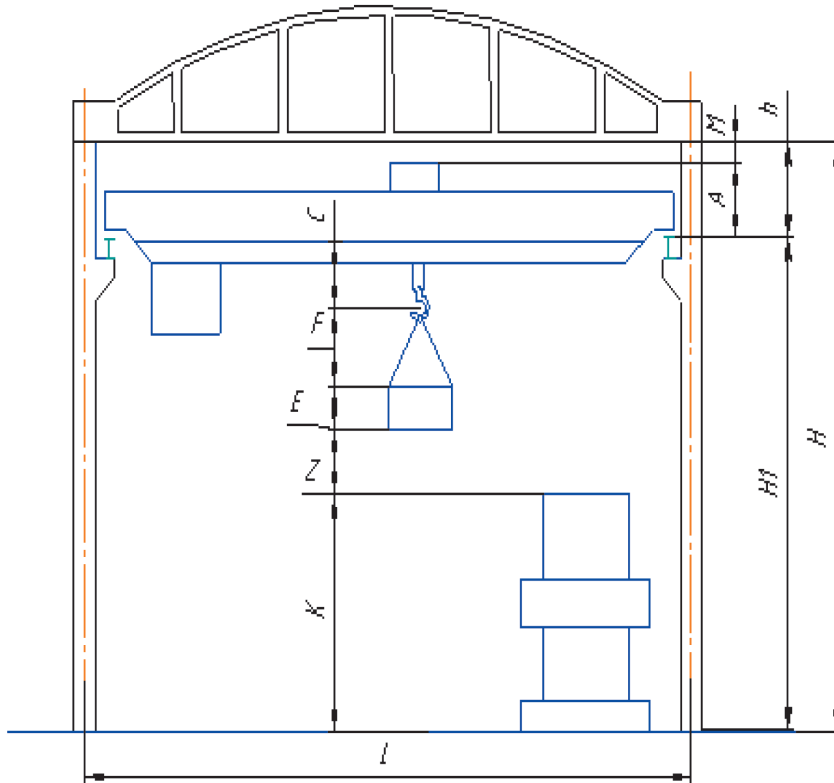


Рис. 6.9. Поперечный разрез пролета

Сетку колонн (ширину l и шаг t колонн) и высоту H пролета выбирают из унифицированного ряда указанных величин, приведенных в табл. 6.2.

Высота пролета: $H = K + Z + E + F + C + A + M$, где K — высота оборудования, не менее 2,3 м; Z — безопасное расстояние между грузом и оборудованием, не менее 0,4 м; E — высота наибольшего по размеру изделия в положении транспортирования, этот промежуток принимается равным 0,5–1,0 м; F — расстояние от верхней кромки наибольшего транспортируемого изделия до центра крюка крана в верхнем его положении, необходимое для захвата изделия цепью или канатом и зависящее от размеров изделия; принимается не менее 1 м; C — расстояние

от предельного верхнего положения крюка до горизонтальной линии, проходящей через вершину головки рельса; величина этого расстояния колеблется в пределах от 0,5 до 1,6 м в зависимости от грузоподъемности и конструкции крана; A — высота мостового крана; M — расстояние от верхней точки крана до перекрытия, не менее 0,1 м; $H = H1 + h$; $H = K + Z + E + F + C$; $h = A + M$.

Таблица 6.2

**Размеры унифицированных пролетов и грузоподъемность
подъемно-транспортных средств**

Ширина пролета, м	Высота H цеха до нижнего пояса ферм, м	Высота головки кранового рельса, м	Тип кранов	Грузоподъемность крана, т*
18	6,0; 7,2; 8,4	—	Подвесные	0,25–5,0
24	7,2; 8,4			
30	7,2; 8,4			
18	8,4; 9,6	6,15; 6,95; 8,16	Электрические мостовые	10; 20/5
24	10,8			
18	12,6; 14,4	9,65; 11,45	То же	10; 20/5; 30/5
24				
30				
30	16,2; 18,0	12,65; 14,45	То же	30/5 50/10; 75/25
36		12,0; 13,8		
30	16,2; 18,0	12,0; 13,8	То же	100/20
36		15,6		
30		11,2; 13,0; 14,8		
	19,8			150/30

* В числителе и знаменателе указаны значения грузоподъемности двухкрюковых кранов.

7. Состав и количество основного технологического оборудования

7.1. Основные положения

Характер и состав технологического оборудования во многом определяется типом производства. Для определения типа производства обычно пользуются K закрепления операций:

- для единичного производства > 40 ;
- мелкосерийного $> 20-40$;
- серийного $> 10-20$;
- крупносерийного $> 1-10$;
- массового — 1.

Таким образом, тип производства с технологической точки зрения характеризуется средним числом операций, выполняемых на одном рабочем месте, а это в свою очередь определяет степень специализации и особенности использования оборудования.

7.2. Производственная программа и методы проектирования цеха

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.

Проектирование по приведенной программе применяют для проектирования цехов средне и мелкосерийного производства. Многономенклатурную программу задают приведенной, эквивалентной по трудоемкости фактической многономенклатурной программе. С этой целью все детали или сборочные единицы разбивают на группы по конструктивным и технологическим признакам. Формирование групп и выбор типовых представителей — очень ответственный процесс, так

как от этого зависит точность последующих технологических расчетов и проектных решений.

В практике проектирования любой объект производства, входящий в группу, может быть приведен по трудоемкости к представителю с учетом различия в массе, программе выпуска, сложности обработки или сборки и др. Общий коэффициент приведения:

$$K_{\text{пр}} = k_1 k_2 k_3 \dots k_n,$$

где k_1 — по массе, k_2 — серийности, k_3 — сложности, k_n — точности комплектующих поставок.

7.3. Методы определения трудоемкости и станкоемкости обработки

При проектировании цеха, участка наряду с характеристикой и номенклатурой выпускаемых изделий необходимо иметь достоверные данные о трудоемкости изделия.

Трудоемкостью изделия называется время, затрачиваемое на изготовление и выраженное в человеко-часах (Т чел./ч).

Ориентировочно связь между трудоемкостью и станкоемкостью выражается через среднее значение коэффициента многостаночного обслуживания K_M — среднее число станков, обслуживаемых одним рабочим:

$$T_{\text{ст.ч}} = T_{\text{чел./ч}} \cdot K_M.$$

Трудоемкость обработки комплекта деталей:

— для массового производства $T_{\text{и}} = \sum \sum t_{\text{ш}i, j}$

— для серийного $T_{\text{и}} = \sum \sum t_{\text{ш-к}i, j}$,

где $t_{\text{ш}i, j}$ и $t_{\text{ш-к}i, j}$ — штучное и штучно-калькуляционное время выполнения j операции обработки i -й детали.

При дипломном проектировании годовой расчет стоимости производственного участка можно ориентировочно определить по формуле

$$T = T_3 K_p K_y,$$

где T_3 — годовая стоимость изготовления деталей по заводским данным; $K_p = N_{\text{пр}}/N_6$ — коэффициент изменения стоимости на годовой проектный объем; K_y — коэффициент ужесточения, который представляет собой стоимость внедрения к стоимости заводской.

7.4. Расчет выполнения операции при поточном производстве

$$C_p = T_{ш}/t,$$

где $T_{ш}$ — штучное время выполнения операции, мин; $T_{ш} = T_0 + T_в + T_{тех} + T_{орг} + T_{пер}$ (T_0 — основное время; $T_в$ — вспомогательное время; $T_{тех}$ — время технического обслуживания; $T_{орг}$ — организационное время; $T_{пер}$ — время перерывов); t — такт выпуска деталей.

7.5. Расчет выполнения операции при непоточном производстве

$$C_p = T_{с\Sigma}/\Phi_о,$$

где $T_{с\Sigma}$ — суммарная стоимость оборудования, годовое количество деталей оборудования на участке на станках данного типоразмера, станко-часы; $\Phi_о$ — эффективный фонд времени работы станка, ч.

В практике проектирования любой объект производства, входящий в группу, может быть приведен по трудоемкости к представителю производства с учетом различия в массе, программе выпуска, сложности обработки или сборки и других.

7.6. Укрупненные способы определения количества оборудования

Отношение $\varphi = \Sigma_{пр}/\Sigma_{баз}$ является коэффициентом увеличения условной производительности проектируемого цеха по сравнению с базовым.

Величина, обратная коэффициенту увеличения условной производительности, соответствует коэффициенту ужесточения $K_y = 1/\varphi = \Sigma_{баз}/\Sigma_{пр}$, который выражает уменьшение трудоемкости изготовления аналогичных деталей в цехе с новой проектной структурой оборудования.

Полученное значение коэффициента ужесточения используют для корректировки станкоемкости изготовления деталей изделия по базо-

вому варианту. Если изделие по базовому варианту отличается от проектного, то вводят в расчет K_1 — коэффициент приведения по массе и коэффициент сложности K_3 .

Таблица 7.1

Расчет условной производительности

Оборудование	Структура оборудования, %		Условная производительность одного станка	Условная производительность оборудования	
	Базового	Проектного		Базового	Проектного
Простые токарные станки	А	—	а	Аа	—
Токарные гидрокопировальные станки	Б	Б*	б	Бб	Б*б
Горизонтальные и вертикальные фрезерные станки	В	В*	в	Вв	В*в
Токарные станки с ЧПУ	Г	Г*	г	Гг	Г*г
Многоцелевые станки	—	Д*	д	—	Д*д
Гибкие производственные модули	—	Е*	е	—	Е*е
ИТОГО	100	100	—	$\Sigma_{\text{баз}}$	$\Sigma_{\text{пр}}$

Скорректированная станкоемкость изготовления деталей в цехе с проектной структурой оборудования $T_{\text{с.пр}} = T_{\text{с.баз}} K_y K_1 K_3$, где $T_{\text{с.баз}}$ — станкоемкость изготовления деталей изделия в базовом варианте.

Общее число станков проектируемого цеха:

$$C_{\text{п}} = \Sigma_{T_{\text{с.пр}}} N_L / \Phi_o K_{3,\text{ср}}$$

где N_L — заданный годовой выпуск каждого из закрепленных за цехом изделий; Φ_o — эффективный годовой фонд времени работы оборудования; $K_{3,\text{ср}}$ — средний коэффициент загрузки станков цеха.

Для массового $K_{3,\text{ср}} = 0,7$, среднесерийного — $0,8$, мелкосерийного — $0,85$.

Далее в соответствии с принятой структурой оборудования находят число станков каждого типа: $C_{\text{пА}} = C_{\text{пА}}/100$, $C_{\text{пБ}} = C_{\text{пБ}}/100$ и т. д. После определения числа станков каждого типа уточняют общее число основных станков цеха (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Условная производительность станков отдельных видов

Станки	Проценты
Токарные простые	100
Токарные револьверные	350
Токарные гидрокопировальные	400–500
Токарные с ЧПУ	300–400
Токарные многоцелевые	500–600
Вертикально-сверлильные одношпиндельные	100
Вертикально-сверлильные с ЧПУ	300–400
Многоцелевые	500–600
Протяжные	600
Шлифовальные однокамневые	100
Шлифовальные многокамневые и бесцентрово-шлифовальные	500

При более укрупненном расчете количество оборудования станков механического цеха может быть определено по технико-экономическим показателям:

$$C_{\Pi} = T''_{\text{уд}} mN / \Phi_o K_{\text{з.ср}},$$

где $T''_{\text{уд}}$ — станкоемкость 1 т изделий, станко-ч; N — заданный годовой выпуск изделий; m — масса изделий, т; Φ_o — эффективный годовой фонд времени работы оборудования; $K_{\text{з.ср}}$ — средний коэффициент загрузки станков цеха (0,85).

Расположение производственных участков цеха. Предварительное определение площади цеха и основных параметров производственного здания

При предварительной проработке компоновочной схемы общую площадь участка и цеха определяют по показателю $S_{\text{уд}}$ площади на один станок или одно рабочее место:

$$S_o = S_{\text{уд.о}} C_{\Pi},$$

где C_{Π} — принятое число станков, а в случае сборки — рабочих мест цеха (участка); $S_{\text{уд.о}}$ — площадь одного рабочего места.

Этот показатель зависит от габаритных размеров применяемого оборудования и транспортных средств.

8. Организация технического обслуживания

Единая система планово-предупредительного ремонта (ЕСППР) содержит определенный комплекс нормативов, которые установлены на единицу ремонтной сложности (ЕРС); в качестве эталона принят 1 К62.

ЕСППР определяет и ряд организационных нормативов. К ним относятся:

1. Межремонтный цикл — период времени между двумя капитальными ремонтами или от момента ввода в эксплуатацию до первого капитального ремонта. За межремонтный цикл осуществляется весь комплекс ремонтных операций, которые называются структурой ремонтного цикла.

Структура ремонтного цикла $K - O - T_1 - O - T_2 - O - C - O - T_3 - O - T_4 - O - K$, где K — капитальный ремонт; T_i, C — текущий ремонт; O — техническое обслуживание, осмотры.

2. Время между двумя ремонтами называется межремонтным периодом: $t_{\text{межрем}}$.

3. Время между ремонтом и осмотром называется межосмотровым периодом: $t_{\text{межосм}}$.

Межремонтный цикл определяется по зависимости:

$$T_{\text{рц}} = \beta_{\text{п}} \cdot \beta_{\text{у}} \cdot \beta_{\text{м}} \cdot \beta_{\text{т}} \cdot 24000 + 0,25 \cdot T_{\text{рц}},$$

где $\beta_{\text{п}}, \beta_{\text{у}}, \beta_{\text{м}}, \beta_{\text{т}}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно тип производства, условия работы оборудования, материал, обрабатываемый на оборудовании, массу оборудования: $0,25 \times T_{\text{рц}}$. Дополнительный межремонтный цикл нового оборудования устанавливается до первого капитального ремонта.

В предлагаемой системе технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО) имеются отличия от ЕСППР:

- нет средних ремонтов;
- основное внимание уделяется содержанию и проведению мероприятий по техническому обслуживанию;
- рекомендуется пятипериодный межремонтный цикл: $K - T_1 - T_2 - T_3 - T_4 - K$, где K — капитальный ремонт; T_i — техническое обслуживание и осмотры (текущий ремонт);

- сокращается длительность межремонтного цикла;
- меняется содержание текущих ремонтов;
- в цикле предусматривается один плановый осмотр;
- принимается новая ЕРС, отличная от трудоемкости и затратам от ЕСППР;
- делается упор на централизацию ремонтов;
- специализируются ремонтные бригады.

По системе ТОРО осуществляется организация ремонта станков с ЧПУ с 1980 г., а в настоящее время эта система, принятая на ВАЗе, применяется и для других видов оборудования.

Вывод станков в ремонты после наработки нормативного количества часов оперативного времени, определяемого по формуле

$$T_{\text{рц}} = 16800 \cdot K_{\text{мт}} \cdot K_{\text{и}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{мас}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{д}},$$

где 16800 ч — межремонтный цикл для станков нормальной точности массой до 10 т и свыше 10 т до 100 т; $K_{\text{мт}} \cdot K_{\text{и}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{мас}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{д}}$ — коэффициенты, учитывающие обрабатываемый материал, применяемый инструмент, класс точности оборудования, категорию массы, возраста, долговечности.

9. Общая эксплуатационная система (ОЭС)

Для внедрения этой системы создается программа действий, включающая следующие этапы:

- повышение эффективности использования каждой единицы оборудования;
- автономное обслуживание самими операторами;
- создание планового подразделения в отделе эксплуатации;
- повышение квалификации с целью улучшения работы на оборудовании и при его обслуживании;
- создание организационных структур, ответственных за состояние оборудования;
- самостоятельное обслуживание оборудования рабочими-операторами — ключевой момент развития ОЭС.

План включает принцип 5 С: сортировка, рациональное расположение, уборка, стандартизация, совершенствование.

Все нововведения, которые вносятся в систему, оцениваются с точки зрения их влияния на общий уровень эффективности использования оборудования и шести источников потерь (рис. 9.1).

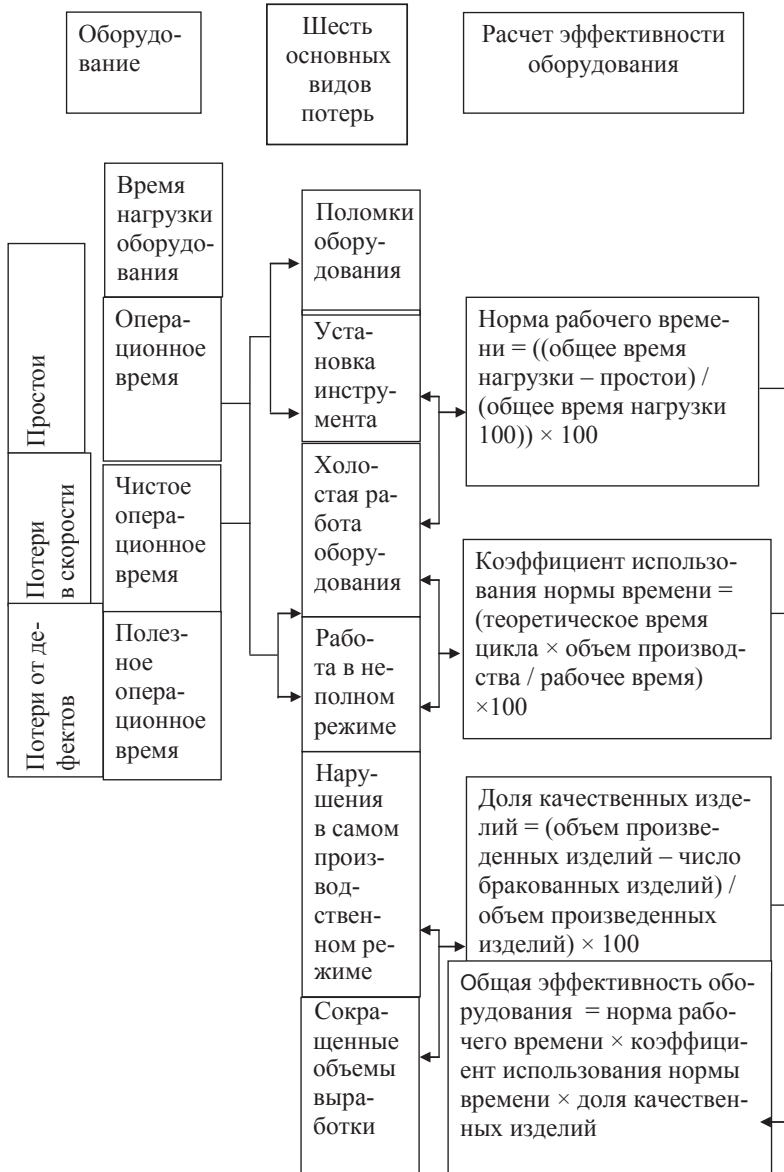


Рис. 9.1. Шесть видов потерь при использовании оборудования

Организация ПП на предприятии машиностроения включает в себя строгое разделение труда между подразделениями на основе их специализации, рационального размещения и полного использования средств труда на каждом специализированном участке, четкое распределение рабочих, обеспечивающих всем необходимым для высокопроизводительного труда, упрощения маршрутов движения деталей, правильное планирование в пространстве и времени.

10. Проектирование системы инструментального обеспечения

10.1. Задачи инструментального обеспечения

Задачи инструментального обеспечения:

- обеспечение производственного процесса во всех его звеньях необходимым инструментом и технологической оснасткой в соответствии с производственным заданием цеха (участка);
- поддержание необходимого уровня запасов инструмента и оснастки, обеспечивающих ритмичность производственного процесса.

Решение задач возлагается на подразделения инструментального обеспечения предприятия, которые состоят из следующих элементов:

- органы управления (инструментальный отдел, бюро инструментального хозяйства цехов);
- инструментальное производство (инструментальный цех, участки по ремонту, восстановлению и заточке инструмента, участки сборки УСП);
- склады (центральный инструментальный склад, центральный склад абразивов, склад технологической оснастки, инструментально-раздаточные кладовые в цехах);
- органы управления инструментального обслуживания в цехах — бюро инструментального хозяйства (БИХ) цеха.

10.2. Планирование запасов инструмента

Запасы инструмента на предприятии состоят из двух частей: запасы на ЦИС (центральный инструментальный склад) и запасы в инструментально-раздаточных кладовых цехов (ИРК). Эти запасы составляют оборотный фонд инструмента. Общие запасы могут составлять 6–8-месячный расход и распределяются так: 75 % на ЦИС и 25 — в ИРК цехов.

Запас инструмента на рабочих местах включает установленный инструмент и инструмент, находящийся в запасе (резерве) (рис. 10.1).

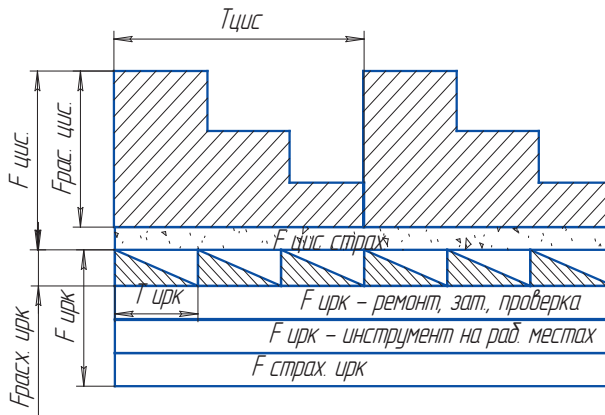


Рис. 10.1. Запасы инструмента

Чтобы регулировать запасы и делать своевременные заказы на их пополнение, используется так называемая система «точка заказа» (рис. 10.2), суть которой сводится к нахождению такой величины запаса ($F_{Т.З}$), при поступлении которой необходимо сделать заказ на пополнение запаса инструмента данного наименования:

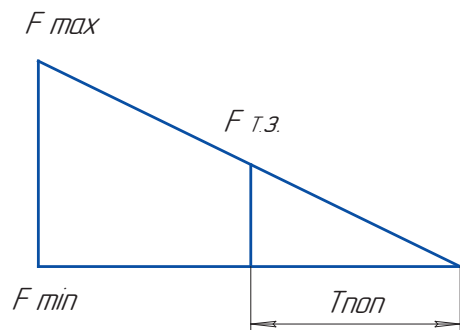


Рис. 10.2. Система регулирования запасов «точка заказа»

$$F_{Т.З} = T_{п.п} \cdot R_{СР},$$

где $T_{п.п}$ — период срочной поставки, $R_{СР}$ —

11. Система комплексного обеспечения рабочих мест

Система КОРМ направлена на снижение или исключения потерь рабочего времени и тем самым — на повышение производительности труда. Система КОРМ базируется на следующих трех принципиальных положениях.

1. Реорганизация инструментального хозяйства цеха.

Хранение инструмента организовано по библиотечному принципу:

- инструменты размещены на стеллажах, каждая ячейка которого имеет свой адрес;
- в инструментальной кладовой имеется картотека инструментальных карт, заведенных на каждую деталь-операцию, которая требует для своего исполнения специального инструмента;
- номер инструментальных карт соответствует десятичным (чертежным) номерам соответствующих операций технологического процесса;
- адреса ячеек хранения инструментария представлены в инструментальных картах против соответствующего специального инструмента.

2. Разработка комплекса цеховой документации.

Основным документом системы КОРМ является сопроводительная карта.

3. Создание управляющего органа КОРМ — группы подготовки производства (ГПП).

12. Структура складов

Склады заготовок предусматриваются при механических цехах единичного производства. В состав этого склада целесообразно ввести заготовительное отделение для резки проката на штучные заготовки и зацентровки.

Укладку поддонов в штабель осуществляют напольными электропогрузчиками. Высокая маневренность и высота подъема вильчатого захвата электропогрузчика обеспечивают укладку пяти ярусов поддонов с заготовками.

В нашем случае целесообразно использовать тупиковую схему компоновки склада (рис. 12.1). В этом случае склад получается более компактным, удобна передача освобождающейся тары с одного участка на другой, оба участка могут обслуживать одни и те же рабочие. Продольно-поперечная схема имеет преимущества в лучшей увязке с расположением производственных участков, так как участки выдачи при этом совмещены с началом линии обработки соответствующих деталей.

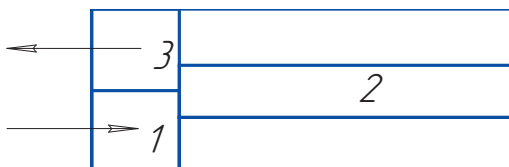


Рис. 12.1. Компоновка склада с участками приема (1), хранения (2) и выдачи валов (3)

13. Транспортная система

13.1. Структура транспортной системы

Автоматизация транспортных работ в ГПС позволяет исключить тяжелый труд вспомогательных рабочих и высвободить их для участия в основном процессе, экономит время основных рабочих, которые затрачивают 5–15 % общего фонда времени на получение и сдачу заготовок, деталей, средств оснащения.

По прибытии грузов в ГПС, после окончания работ над партией деталей, транспортные средства являются главными исполнительными устройствами, которые реализуют алгоритмы управления по передаче грузов в системе. Потоки грузов в ГПС чрезвычайно разнообразны — это заготовки, полуфабрикаты, готовые детали, средства оснащения, отходы производства. Для этого материального потока можно использовать универсальные транспортные средства, но нередко применяют отдельные транспортные подсистемы деталей в ориентированном положении; в другом случае корпусные детали в неориентированном положении перемещаются на поддонах или в ориентированном положении на спутниках. В дальнейшем эти разные устройства (палеты, тара ящичного типа, поддоны, спутники) будем называть складской и технологической тарой или специальной тарой (Т).

Применение спутников, на которых устанавливают и закрепляют детали, является основным способом перемещения корпусных деталей в ГПС. Спутник, который имеет форму прямоугольной плиты, на своей верхней части может нести разнообразные детали; нижняя его часть, имеющая специальные пазы, одинаково базируется на центральных и локальных накопителях, транспортных средствах, рабочих столах станков. Таким образом, спутник имеет функцию не только станочного приспособления, но и приспособления для транспортирования и хранения остальных видов подсистемы.

Взаимосвязь транспорта в ГПС с системой управления, устройствами хранения элементов материального потока, различные конструктивные решения значительно усложняют задачи разработки транспортной системы ГПС.

Для ГПС типа участка можно выделить внесистемный, межоперационный и операционный транспорт. Внесистемный транспорт обеспечивает связь ГПС с другими производственными подразделениями и, прежде всего, с системой более высокого уровня, которая отвечает за обеспечение ГПС заготовками и средствами оснащения, определяет дальнейшие перемещения готовых деталей к потребителю, обеспечивает доставку режущего инструмента и другой оснастки. Роль внесистемного транспорта меняется в зависимости от степени самостоятельности ГПС.

Межоперационный транспорт является основным средством для связи рабочих мест в ГПС. Этот тип транспорта подробно рассмотрен в данном параграфе.

Операционные транспортные устройства предназначены для перемещения заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей, средств оснащения, стружки и смазочно-охлаждающих технологических средств в пределах технических операционных единиц, таких как гибкий производственный модуль (ГПМ), позиции контроля (КН), комплектации (КМ), кантования (КВ).

Транспортными устройствами могут быть автооператоры, например для замены инструмента, промышленные роботы для установки заготовок и смены деталей, устройства перемещения тары, спутников, палет.

В зависимости от характеристик перемещаемых грузов можно выделить несколько основных вариантов в построении транспортной системы (рис. 13.1). ГПС имеют технологическую направленность, и по этому параметру их делят на системы для деталей типа тел вращения и корпусных деталей. В зависимости от этого несколько меняется характер груза: в одном случае — это ящичная тара для хранения деталей навалом, а в другом — палеты или кассеты для перемещения специальной тары, которые обеспечивают перемещение и хранение деталей.

Транспортная система ГПС отвечает за перемещение тары с деталями, а также порожней тары, что необходимо учитывать при расчете производительности транспорта.

Режущий и вспомогательный инструмент обычно автоматически транспортируется инструментальными блоками. Автоматизированные транспортные системы (АТС) для перемещения приспособлений используют очень редко ввиду нечастой их замены. Если гибкий производственный модуль обеспечен системой автоматической сме-

ны приспособлений, он должен иметь вместительный пристаночный накопитель, достаточный для функционирования модуля в течение нескольких смен без обслуживания его транспортом ГПС.

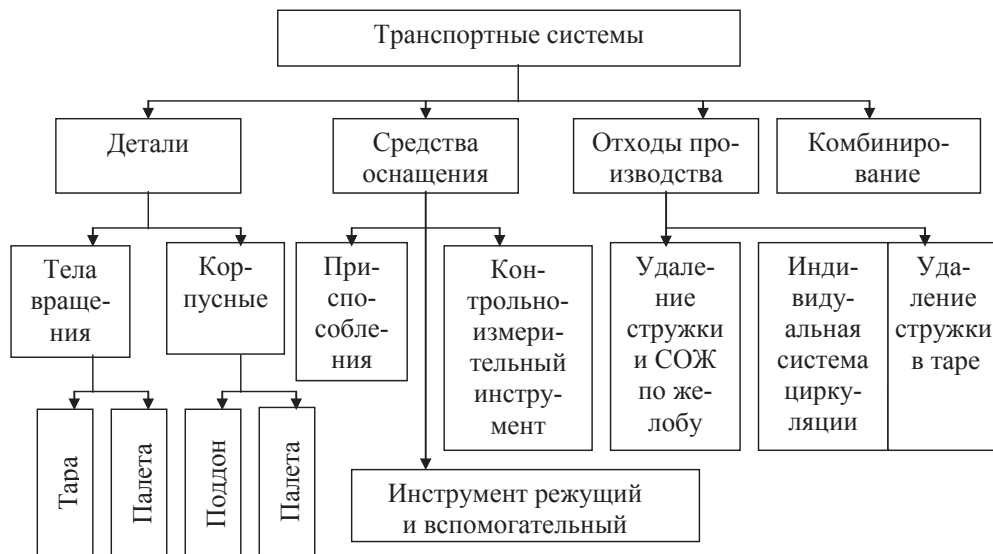


Рис 13.1. Классификация транспортных систем в зависимости от перевозимых грузов

Автоматизированное транспортирование контрольно-измерительного инструмента выполняется редко, так как для систем с низкой степенью автоматизации несложно иметь запас этого инструмента на рабочих местах. Для ГПС с высокой степенью автоматизации контроль осуществляется на модулях универсальными контрольно-измерительными щупами или с помощью измерительных машин.

Отходы производства (стружка и отработанная смазывающе-охлаждающая жидкость) удаляются двумя способами. В первом случае предусматривается централизованное удаление обоих компонентов. В другом — на станочных модулях имеются индивидуальные системы подачи и очистки СОЖ, а стружка конвейером подается в тару ящичного типа, которую должен забрать автоматизированный транспорт ГПС.

13.2. Компоновочные схемы транспортных систем

Конфигурация и протяженность траектории перемещения зависят от размера ГПС, частоты заявок на транспортное обслуживание и расположения технологического оборудования в пространстве. В общем случае различают три основные структурные (топологические) схемы: линейную, петлеобразную, разветвленную (рис. 13.2). Межоперационный транспорт является основным средством для связи рабочих мест в ГПС.

Операционные транспортные устройства предназначены для перемещения заготовок, полуфабрикатов, готовых деталей, средств оснащения.

Автоматизация транспортных работ в ГПС позволяет исключить тяжелый труд вспомогательных рабочих и высвободить их для участия в основном процессе.

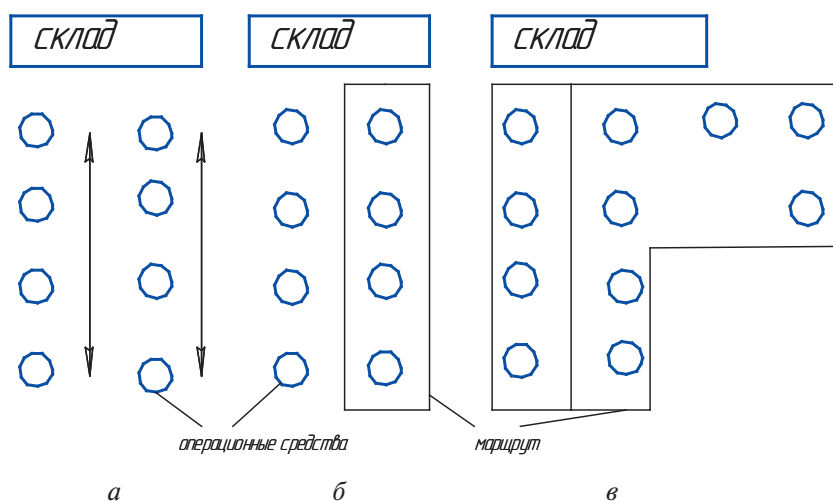


Рис. 13.2. Компоновочные схемы транспортных систем:

а — линейная; *б* — петлеобразная; *в* — разветвленная

Переход от линейной схемы (рис. 13.2, *а*) к разветвленной (см. рис. 13.2, *в*) ведет к усложнению системы управления транспортных перемещений. При разветвленной структуре, где нередко применяют более чем одно транспортное устройство, необходимо предусматривать места для обгона или разъезда транспорта; алгоритмы

управления должны исключить возможные столкновения и обеспечить их равномерную загрузку.

Схема транспортных потоков зависит от технологических и организационных решений, полученных на этапе предварительной разработки ГПС. На рис. 13.3 показаны варианты транспортной системы для различного состояния заготовок на входе, взаимодействия внесистемного и межоперационного транспорта ГПС. Для простоты анализа транспортные перемещения показаны однонаправленными. Предварительно ориентированные заготовки не требуют в ГПС операций комплектации, т. е. ориентации и сборки заготовок с приспособлениями-спутниками или ячеистой тарой. В ряде случаев, что более характерно для ГПС тел вращения, комплектация производится непосредственно на производственном модуле (вручную или автоматически). Поэтому в зависимости от типа производственных модулей ГПС и способа подачи заготовок в систему можно применять один из трех вариантов: комплектацию вне системы, на специальных рабочих местах ГПС или непосредственно на гибком производственном модуле.

Для стыковки различных технических средств транспортирования и хранения необходимо предусматривать устройства передачи грузов (УПГ), которые могут быть выполнены как автономные объекты, а также встроены в одно из средств хранения и транспортирования. Набор средств и способов передачи груза между внесистемным транспортом (ТРВ) и операционными средствами чрезвычайно разнообразен. В одних случаях возможна передача напрямую (блоки 1, 2, 11).

Рассмотрим, каким образом конструктивно реализуются указанные варианты транспортных схем. Простая транспортная система, которая включает в себя внесистемный транспорт, доставляет грузы в неориентированном положении к ГПМ (рис. 13.4). Непосредственно на модуле производится комплектация (ручная или автоматическая), например с использованием бункерных устройств или адаптивных роботов.

Данная структурная схема применима для ГПС технологической специализации, где число операций по каждой детали меняется от единицы до двух, или для первого ГПМ — по ходу технологического маршрута.

Транспортная система с центральным накопителем в виде замкнутого конвейера или барабана большого диаметра показана на рис. 13.5.

Транспортные перемещения между ЦНК и модулем выполняют промышленные роботы ПР или автооператоры АВ. Заготовки передаются после остановки вращающегося накопителя.

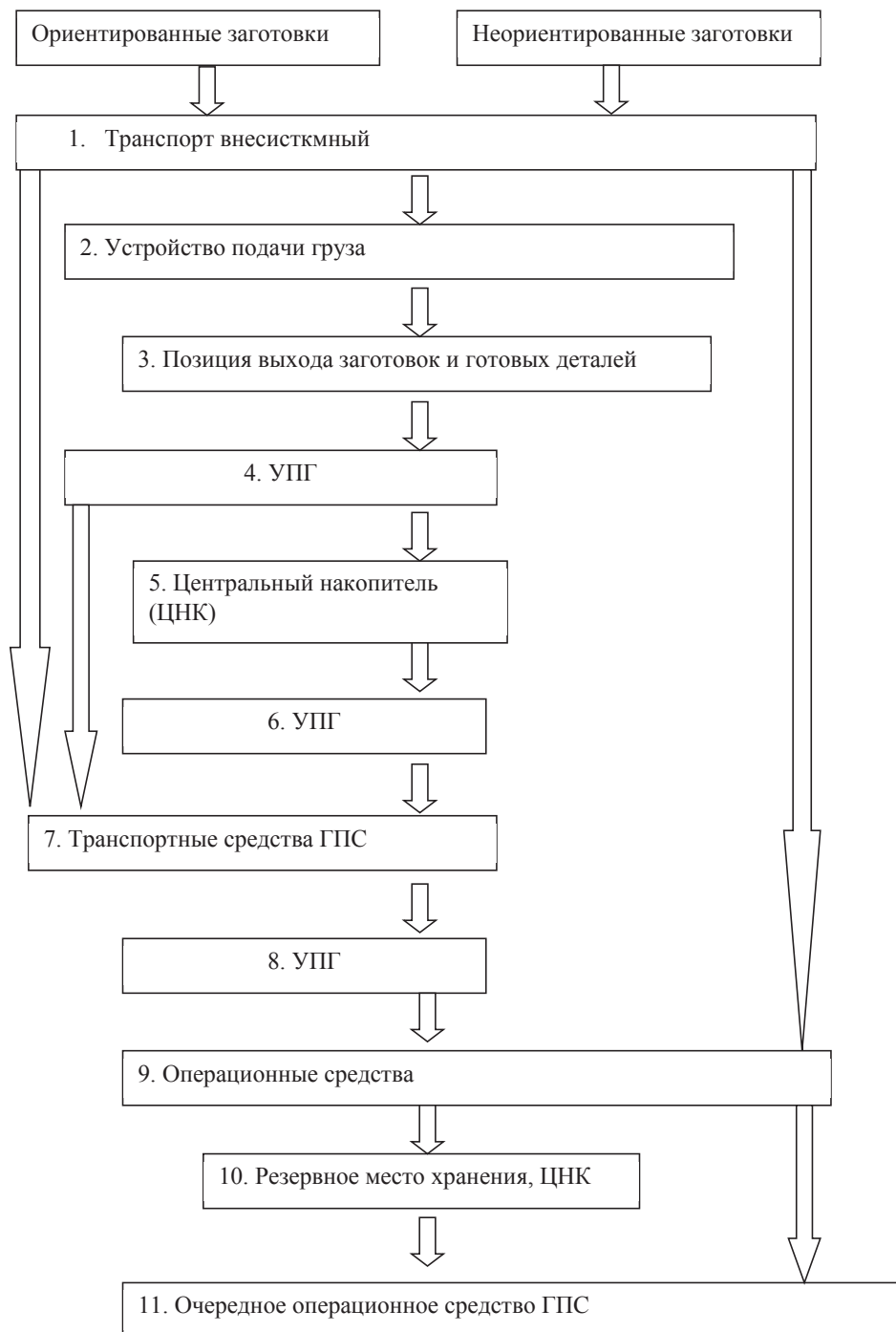


Рис. 13.3. Схема транспортных потоков в ГПС

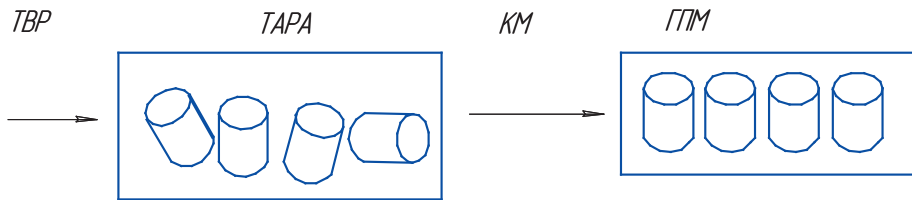


Рис 13.4. Взаимодействие внесистемного транспорта (ТВР) и гибкого производственного модуля (ГПМ) с комплектацией (КМ) на рабочем месте

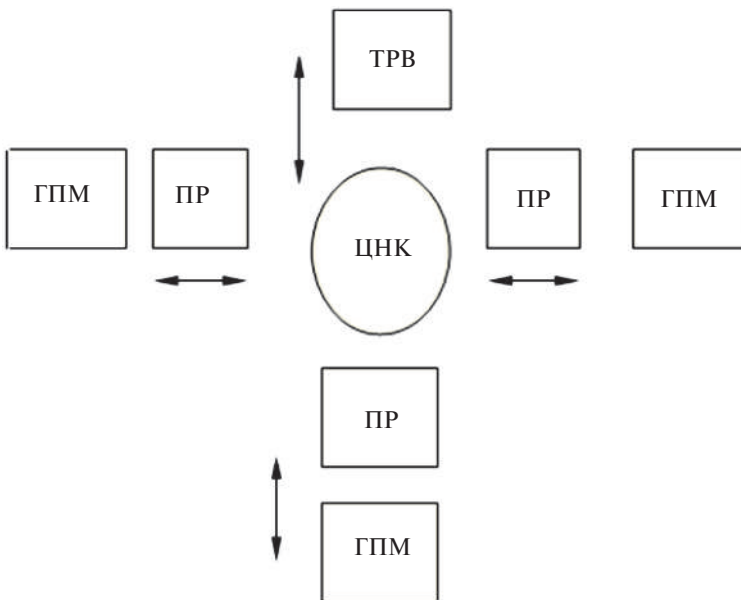


Рис. 13.5. Транспортно-накопительная система с центральным накопителем типа «конвейер» и промышленным роботом или автооператором

Автоматизированные самостоятельные транспортные средства ГПС отсутствуют при применении стеллажного склада, штабелер которого работает непосредственно с накопителями модулей и позициями загрузки-выгрузки заготовок и готовых деталей (рис. 13.6). Широкого распространения такие системы не получили из-за сложности согласования длины склада и числа применяемого оборудования, которое размещается в линию вдоль склада.

Решение задачи состоит в подборе числа ярусов склада, т. е. его высоты и вместимости транспортируемых накопителей. На штабелер подобного склада приходится большая нагрузка, так как интенсивность его работы больше, чем других транспортных схем.

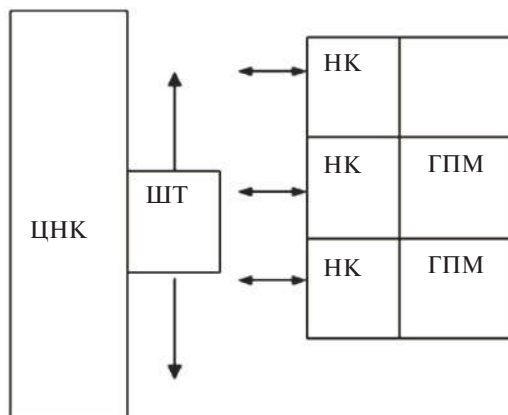


Рис. 13.6. Транспортно-накопительная система с центральным накопителем (ЦНК) типа «стеллажный склад» и штабелером

Штабелер отвечает за прием и выгрузку заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей. Скорость перемещения штабелера невелика ввиду его большой массы, частых остановок и пусков. Поэтому данные системы при всех их преимуществах можно применять для ГПС небольших размеров, имеющей до пяти — семи станков. Модификация стеллажного склада до одно- или двухъярусного и применение быстродействующей легкой тележки позволяют повысить производительность подобной транспортной системы. Стеллажный склад с штабелером наиболее часто применяют в ГПС для автоматизации складских операций. Штабелер имеет рамную Г-образную конструкцию. Он перемещается по рельсовому пути, который расположен в верхней части стеллажного склада; внизу штабелер опирается роликами на двутавр. Каретка, оснащенная выдвижным телескопическим столом для загрузки-выгрузки тары, перемещается по вертикальным направляющим с помощью цепной передачи.

Штабелер по заданному адресу перемещается электромеханическими передачами с подводом питания на соответствующий участок адресной линии. После выхода штабелера к заданному адресу включается привод телескопического стола каретки. Если выполняется операция приемки груза из стеллажа, то после ввода в ячейку стола каретка поднимается на небольшую высоту, телескопический стол забирает тару и возвращается в исходное положение, после чего каретка опускается на ту же высоту. Затем тара с деталями транспортируется к приемно-передающему устройству или непосредственно на локаль-

ные накопители операционных средств. В некоторых системах штабелер не является неотъемлемой частью склада, а может перемещаться от ЦНК к модулям ГПС. Такой штабелер-тележка (ШТ-ТЛ) показан на рис. 13.7. Большого распространения данная схема не получила, так как обладает небольшой производительностью.

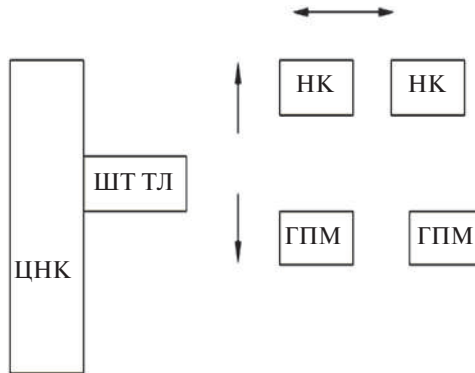


Рис. 13.7. Транспортно-накопительная система с штабелером-тележкой

Более универсальной и наиболее применяемой является транспортная накопительная система, состоящая из стеллажного склада, штабелера, позиции входа-выхода и транспортной тележки (рис. 13.8). Такие системы экономят производственную площадь, легко адаптируются к возможным изменениям конфигурации и состава ГПС.

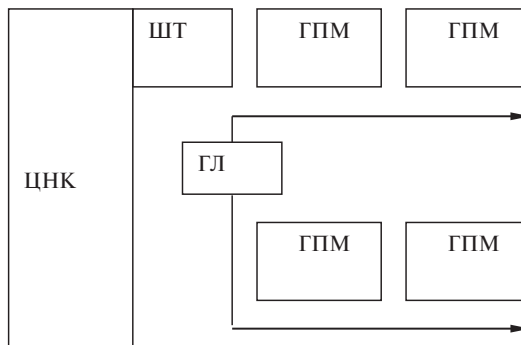


Рис. 13.8. Транспортно-накопительная система, состоящая из стеллажного склада (ДНК), штабелера (ШТ) и тележки (ТЛ)

Анализ транспортных систем позволяет сделать вывод, что структурные схемы перемещений и конструкция транспортных устройств

тесно взаимосвязаны с накопительными системами; поэтому процессы транспортирования и хранения при разработках ГПС рассматривают в рамках транспортно-накопительной системы (ТНС). ТНС, в том числе рассмотренные выше, можно разделить на три типа: системы без автономных транспортных средств; системы, где роль накопителя выполняют транспортные средства; ТНС, которые включают как центральные накопители, так и автоматизированные транспортные устройства. Первая и вторая разновидности ТНС сравнительно редко применяются на практике из-за меньшей универсальности и отсутствия комплектных устройств ТНС. Но именно с анализа этих ТНС необходимо начинать разработку процессов хранения и перемещения элементов материального потока. К достоинствам ТНС первых двух типов можно отнести более высокую надежность и меньшую капиталоемкость из-за уменьшения количества транспортных и складских средств.

Транспортные средства, применяемые в ГПС, можно отнести к двум классам — колесному транспорту и конвейерам. Конвейеры иногда используют как операционный транспорт для удаления отходов, перемещения специальной тары типа спутников, палет, хранения и перемещения инструмента. Различают конвейеры ленточные, скребковые и пластинчатые, винтовые, роликовые (приводные и неприводные рольганги), толкающие, элеваторные.

Колесные транспортные средства получили наибольшее распространение для перемещения грузов в ГПС. Наибольшее применение в практике получили автоматические тележки с размещением груза на платформе. Подвесные средства типа монорельсовых или порталных устройств не занимают производственные площади, но они хуже адаптируются к возможным изменениям в составе ГПС.

14. Проектирование подсистем удаления и переработки стружки

При выборе способов удаления и переработки стружки определяют ее количество как разность массы заготовок и деталей. При укрупненных расчетах массу стружки можно принимать равной 10–15 % массы готовых деталей.

Для облегчения транспортирования длина стружки должна быть не более 200 мм, а диаметр спирального витка — не более 25–30 мм.

Критерием оценки выбранного варианта являются минимальные приведенные затраты на годовой выпуск. В работе (5) приведены следующие рекомендации.

При количестве стружки до 0,3 т в год, приходящейся на 1 м² площади цеха, целесообразно собирать стружку в специальные емкости и доставлять к месту сбора или использовать транспортные роботы. Указанный способ транспортирования всегда применяют, когда на участке обрабатывают заготовки из разнородных материалов. В ГПС для этой цели используют транспортные роботы.

При количестве стружки до 0,3–0,65 т/г, приходящейся на 1 м² площади, цеха предусматривают линейные конвейеры вдоль станочных линий со специальной тарой в конце конвейера в углублении на подъемнике. Заполненная стружкой тара вывозится на накопительную площадку или участок переработки.

Если на 1 м² площади цеха стружки приходится до 0,65–1,2 т/г при общем количестве не менее 3000 т/г, рекомендуется создавать систему линейных и магистральных конвейеров, которые транспортируют стружку на накопительную площадку или бункерную эстакаду, расположенную за пределами цеха для погрузки на автосамосвалы.

Для крупных цехов при количестве стружки более 1,2 т/г на 1 м² площади цеха и при общем количестве более 5000 т/г экономически целесообразно создавать комплексно-автоматизированную систему линейных и магистральных конвейеров с выдачей стружки в отделении переработки (рис. 14.1).

В табл. 14.1 приведены рекомендации для уборки стружки различными конвейерами.

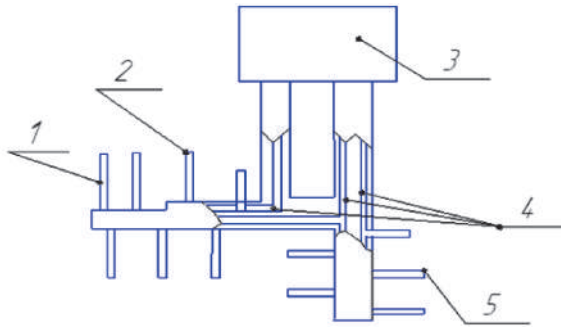


Рис. 14.1. Схема комплексно-автоматического сбора и транспортирования стружки: 1, 2, 5 — линейные конвейеры соответственно для алюминиевой, стальной и чугунной стружки; 3 — отделение сбора и переработки стружки; 4 — магистральные конвейеры

Таблица 14.1

Конструктивные разновидности конвейеров для стружки

Материал стружки	Линейные конвейеры		Магистральные конвейеры	
	Вид	Ширина, мм	Вид	Ширина, мм
Сталь	Пластинчатые, винтовые, с бегущим магнитным полем	400–500	Пластинчатые	800
Чугун	Скребковые	180–500	Скребковые, ленточные	800
Алюминий	Лотковые с гидросмывом	250–450	Пластинчатые	600

Линейные конвейеры при размещении станков участков необходимо группировать в линии по видам обрабатываемых материалов, располагая линейные конвейеры с тыльной стороны. Учитывая сложность транспортирования витой стружки, целесообразно приближать участки с оборудованием, на котором для этого на центрифугах отделяют СОЖ, а затем промывают стружку горячей водой или щелочными растворами в специальных моечных машинах или подвергают обжигу, где органические примеси испаряются и выгорают и образуется витая стружка.

В процессе переработки витая стружка подвергается дроблению. Затем стружку всех видов с остатками масел и СОЖ подвергают обезжириванию.

Алюминиевую стружку дополнительно подвергают магнитной сепарации для удаления из нее стружки черных металлов.

Лучшим способом переработки стружки для вторичного переплава является брикетирование. Для этого используют специальные горизонтальные брикет-прессы, на которых стружку прессуют в брикеты цилиндрической формы диаметром 140–180 мм, высотой 40–100 мм и массой 5–8 кг.

Переработка с брикетированием в отделении цеха или корпуса экономически целесообразна при интенсивности образования стальной стружки 2,7 т/ч; чугунной — 1,5 т/ч и алюминиевой — 5 т/ч. Если интенсивность образования стружки меньше, то создают специализированные отделения.

15. Проектирование подсистем приготовления и раздачи жидкости

В механических цехах применяют три способа снабжения станков СОЖ: централизованно-циркуляционный, централизованно-групповой и децентрализованный.

Централизованно-циркуляционный способ применяют для цехов с большим числом станков, потребляющих одинаковые жидкости. Наиболее универсальной СОЖ, применяемой при различных методах обработки заготовок из разных металлов, является укринол 1 М. При централизованно-циркуляционном способе в состав подсистемы входит центральная корпусная станция для приготовления, регенерации и утилизации СОЖ (рис. 15.1)

Централизованно-групповой способ характеризуется тем, что охлаждающие жидкости попадают по трубопроводам из центральной установки к разборным кранам, установленным на участках. В процессе управления станком используется автономная система охлаждения, которая ежедневно пополняется из разборных кранов для восполнения потерь жидкости вследствие ее разбрызгивания, уноса со стружкой и обработанной заготовкой. Способ применяют для цехов с большим числом станков использующих разные жидкости.

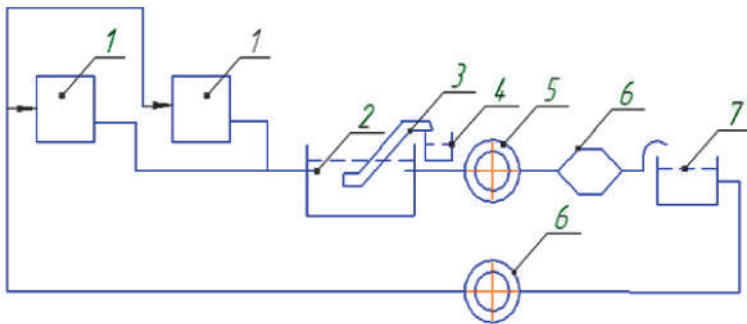


Рис. 15.1. Схема централизованно-циркуляционной системы снабжения станков охлаждающей жидкостью:

1 — станок; 2 — бак-отстойник; 3 — пластинчатый конвейер; 4 — приемник для шлама;
5 — насос; 6 — фильтр; 7 — бак для отчистки жидкости

Для небольших цехов используют децентрализованную систему снабжения, при которой жидкости на отделения СОЖ доставляют к станкам в таре и так же удаляют отработанную жидкость.

Площадь отделения для приготовления и раздачи СОЖ составляет 40–120 м² при числе станков 50–400.

Учитывая пожарную опасность, отделения для приготовления и раздачи СОЖ и склад масел располагают у наружной стены здания с отдельным наружным входом.

16. Система охраны труда работающих

Система охраны труда работающих предназначена для создания безопасной работы персонала и организации мероприятий по созданию высокого уровня производственной среды и культуры.

Безопасность жизнедеятельности — это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключаются потенциальные опасности, влияющие на здоровье человека. Безопасность следует принимать как комплексную систему мер по за-

щите человека и среды его обитания от опасностей, формируемых конкретной деятельностью. Чем сложнее вид деятельности, тем более компактна система защиты.

Структура системы охраны труда персонала приведена на рис. 16.1.

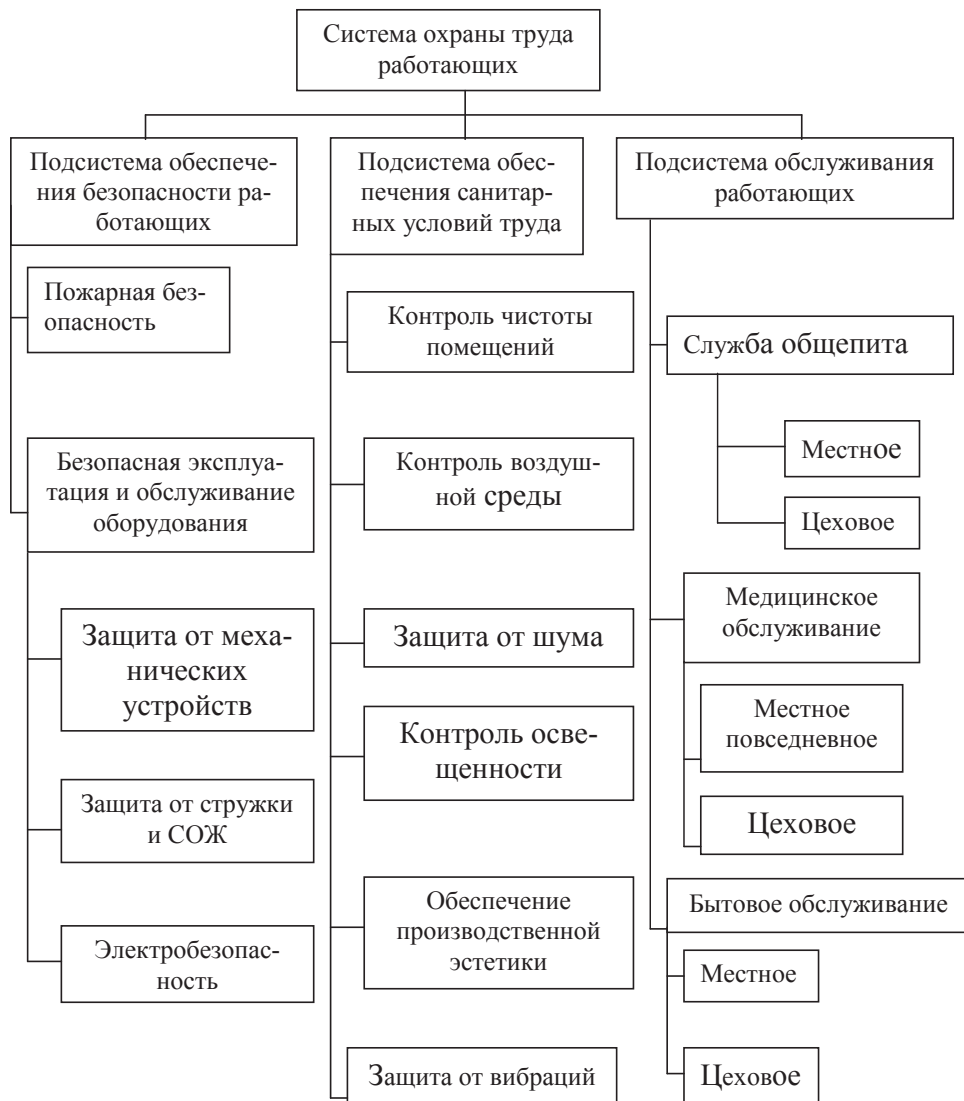


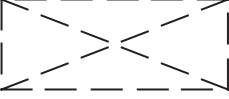





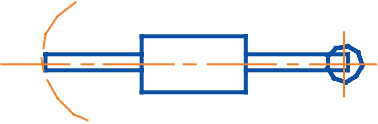




Рис. 16.1. Структура системы охраны труда работающих

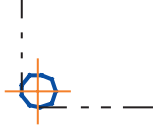

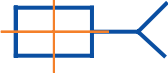









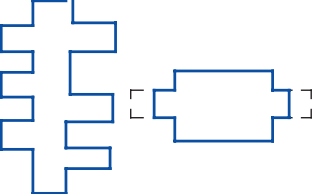


Библиографический список

1. Технология машиностроения: Производство машин : учебник для вузов : в 2 т. / В. М. Бурцев [и др.] / под ред. Г. Н. Мельникова. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. — 640 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, А. Г. Касилова, Р. К. Мещеряков. — 5-е изд., испр. — М. : Машиностроение-1, 2003. — Т. 2. — 944 с.
3. Проектирование автоматизированных участков и цехов : учеб. для машиностроит. спец. вузов / В. П. Вороненко [и др.] под ред. Ю. М. Соломенцева. — 3 изд., стер. — М. : Высш. шк., 2003. — 272 с.
4. Андерс А. А. Проектирование автоматизированных участков и цехов автотракторной промышленности / А. А. Андерс, Н. М. Потапов, А. В. Шулешкин. — М. : Машиностроение, 1982. — 272 с.
5. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко. — М. : Машиностроение, 1990. — 351 с.
6. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов / М. Е. Егоров. — М. : Высш. шк., 1969. — 480 с.

Приложение 1 Условные обозначения, применяемые на планировке

Наименование	Условное обозначение
Капитальная стена	
Контрольный пункт	
Место складирования заготовок изделий	
Пульт управления	
Кран мостовой	
Кран балка с тельфером	
Стеллаж многоярусный однорядный	
Кран-штабелер автоматизированный	
Кран консольный поворотный с электроталью	
Каретка-оператор с автоматическим адресованием грузов	
Тележка рельсовая	

Окончание табл. прил. 1

Наименование	Условное обозначение
Конвейер подвесной цепной	
Конвейер роликовый однорядный	
Промышленный робот	
Точка подвода электрокабеля к оборудованию	
Окно	
Сплошная перегородка	
Перегорodka из стеклоблоков	
Барьер	
Ворота распашные	
Ворота откатные	
Колонны железобетонные и металлические	
Канал для транспортирования стружки	
Автоматическая линия и технологическое оборудование	
Рабочее место	
Многостаночное обслуживание одним рабочим	






Приложение 2

Условная производительность станков отдельных видов



Станки	Проценты
Токарные	100
Токарные револьверные	350
Токарные гидрокопировальные	400–500
Токарные с ЧПУ	300–400
Токарные многоцелевые	500–600
Вертикально-сверлильные одношпиндельные	100
Вертикально-сверлильные с ЧПУ	300–400
Многоцелевые	500–600
Протяжные	600
Шлифовальные однокамневые	100
Шлифовальные многокамневые и бесцентрово-шлифовальные	500

Приложение 3

Условные обозначения, применяемые на принципиальных компоновочных схемах

Наименование	Условное обозначение
Загрузочно-разгрузочное устройство	
Устройство контроля груза	
Промышленный робот (автоматический манипулятор)	
Опускная секция	
Приемо-передающее устройство	

Окончание табл. прил. 3

Наименование	Условное обозначение
Конвейерный подвесной манипулятор	
Передающая тележка	

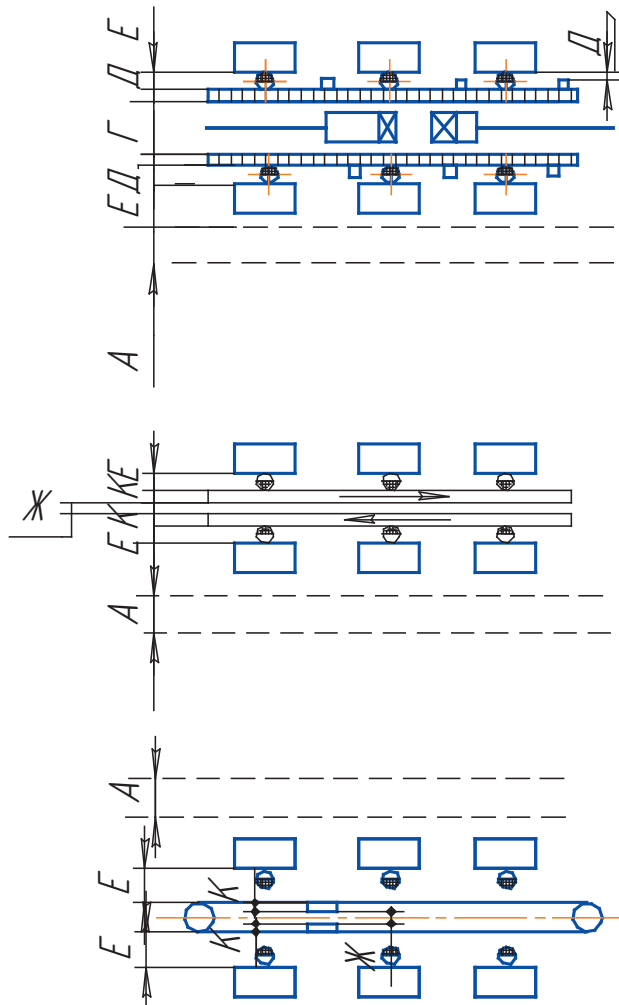


Рис. ПЗ. Транспортные системы:

a — автоматизированная напольная транспортно-складская система; *б* — стационарный конвейер; *в* — подвесной конвейер, при нормах расстояний $A = 1,4$; $D = 0,4$; $E = 1,07$; $\Gamma = 0,9$; $Ж \geq 0,3$; K зависит от размера изготавливаемых деталей

Приложение 4

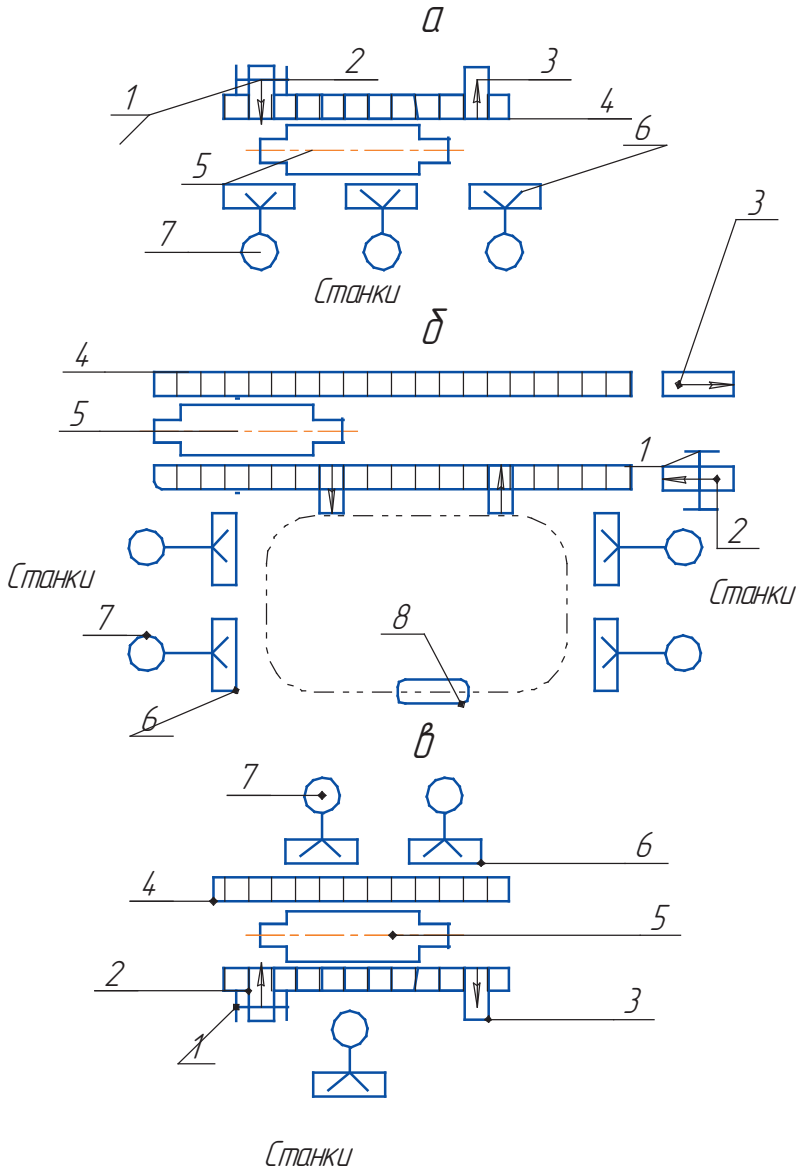


Рис. П4–1. Варианты компоновок ТНС линейного типа *a*, *б*, *в*:

1 — устройство контроля груза; 2, 3 — загрузочно-разгрузочное устройство; 4 — стеллажи-накопители; 5 — штабелер; 6 — приемно-передающее устройство; 7 — промышленный робот (автоматический манипулятор); 8 — транспортный манипулятор (передающая тележка)

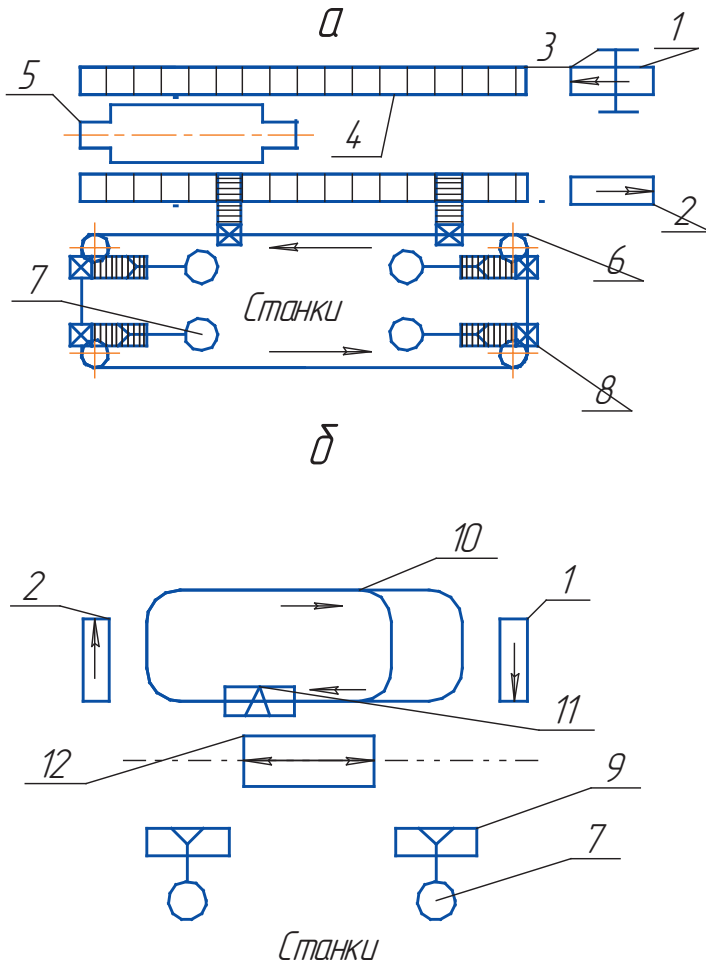


Рис. П4–2. Компоновка ТНС замкнутого типа а, б:

1, 2 — загрузочно-разгрузочное устройство; 3 — устройство для контроля габаритов груза; 4 — стеллажи; 5 — кран-штабелер; 6 — подвесной грузонесущий конвейер; 7 — промышленный робот; 8 — приемно-передающее устройство с опускающим столом; 9 — приемно-передающее устройство; 10 — монорельсовая дорога; 11 — опускающая секция; 12 — передаточная тележка

Учебное издание

Шабашов Алексей Александрович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Редактор О. С. Смирнова
Корректор Е. Е. Афанасьева
Верстка О. П. Игнатъевой

Подписано в печать 25.07.2016. Формат 70×100/16.
Бумага писчая. Печать цифровая. Гарнитура Newton.
Уч.-изд. л. 3,4. Усл. печ. л. 6,1. Тираж 100 экз.
Заказ 221

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8(343)375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8(343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: 8(343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru



ШАБАШОВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» УрФУ.

Является специалистом в области проектирования машиностроительного производства, имеет 18 публикаций, из них четыре учебно-методические и четырнадцать — научные работы, используемые в педагогической практике. Является лауреатом конкурса министерства промышленности, науки и технологий по разработкам «Организация машиностроительного производства». Принимает участие в повышении квалификации работников Уральских производственных предприятий