

Белорусский национальный технический университет
Машиностроительный факультет
Кафедра «Инженерная экономика»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
_____ Т.А. Сахнович
« » 2024 г.

СОГЛАСОВАНО
Зам. декана
_____ Е.Н. Костюкевич
« » 2024 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»**

для
специальности 6-05-0718-01 «Инженерная экономика»

Авторы: Е.Н. Костюкевич, Т.И. Серченя

Рассмотрено и утверждено на заседании совета машиностроительного факультета 04.03.2024 г., протокол № 6

Перечень материалов.

1. Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности 6-05-0718-01 «Инженерная экономика» профилизиаций «Бизнес-процессы промышленных предприятий», «Цифровое производство» (рег. № УД-МСФ28-7/уч.)

2. Лекции по дисциплине «Организация производства».

3. Задания для практических занятий по дисциплине «Организация производства».

4. Тестовые задания по дисциплине «Организация производства»

5. Вопросы к экзамену по дисциплине «Организация производства».

Пояснительная записка. Электронный учебно-методический комплекс представляет собой электронный ресурс, поддерживающий проведение лекционных и практических занятий по дисциплине, содержащий теоретические, практические и методические материалы

Цели ЭУМК. Целью создания ЭУМК является достижение необходимого качества самостоятельной подготовки студентов очной (дневной) формы обучения и заочной формы получения высшего образования, интегрированной со средним специальным образованием, а также проведения лекционных и практических занятий с обучающимися, имеющими различный уровень подготовки.

Особенности структурирования и подачи учебного материала.

Структура ЭУМК включает четыре основных раздела: теоретический; практический; контроль знаний и вспомогательный раздел.

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины в объеме, установленном учебным планом по специальности и представлен конспектом лекций. В данном разделе приведено краткое изложение содержания учебного материала всех тем учебной дисциплины.

Практический раздел ЭУМК содержит материалы для проведения практических занятий в объеме, установленном учебным планом по специальности, а также задачи для самостоятельной работы.

Раздел контроля знаний ЭУМК представлен контрольными вопросами по темам учебной дисциплины, тематикой вопросов для самостоятельного изучения, тестовыми заданиями и требованиями к выполнению курсовой работы.

Вспомогательный раздел ЭУМК состоит из учебной программы со списком рекомендуемой литературы, законодательных и нормативных актов.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК. Открытие электронного издания производится посредством запуска файла ЭУМК_Организация производства.pdf. Возможен просмотр электронного издания непосредственно с компакт-диска до предварительного копирования на жесткий диск компьютера.

Оглавление

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	7
РАЗДЕЛ I. ОРГАНИЗАЦИЯ ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	7
ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ И МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА. РАЗВИТИЕ НАУКИ И ПРАКТИКИ	7
1.1. Основные понятия	7
1.2. Развитие науки и практики организации производства. Зарубежный и отечественный опыт	9
ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ И ЕГО ОРГАНИЗАЦИЯ	16
2.1. Промышленное предприятие как система	16
2.2. Основные элементы и структура производственных систем	21
2.3. Основные принципы организации промышленного предприятия. Особенности машиностроительного предприятия	24
ТЕМА 3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС И ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА.....	29
3.1. Основные понятия. Системные связи в процессе	29
3.2. Понятие об идеальном производственном процессе. Принципы его организации.....	34
3.3. Формы организации производственных процессов.....	40
3.4. Типы производства и их технико-экономическая характеристика.....	43
ТЕМА 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ПРОСТРАНСТВЕ И ВО ВРЕМЕНИ	53
4.1. Пространственные связи в производственном процессе	53
4.2. Состав цехов и промышленных хозяйств. Генеральный план завода.....	58
4.3. Принципы построения производственной структуры подразделений предприятия	63
4.4. Организация производственного процесса во времени	66
ТЕМА 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА	76
5.1. Понятие о поточном производстве. Разновидности поточных линий.....	76
5.2. Однопредметные непрерывно-поточные линии	79
5.3. Планировка поточной линии.....	81
5.4. Прерывные, переменные и групповые поточные линии.....	89
5.5. Автоматические поточные линии.....	96
5.6. Гибкие автоматизированные производственные системы и робототехника	97
5.7. Поток в литейном, кузнечном и сборочном производстве	101
РАЗДЕЛ II. ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА (ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ)	110
ТЕМА 6. ЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА.....	110
6.1. Понятие о подготовке производства	110
6.2. Жизненный цикл новой продукции и его влияние на показатели ее	

производства и использования.....	113
6.3. Планирование работ по подготовке производства новых изделий.....	116
6.4. Автоматизация проектирования продукции.....	123
ТЕМА 7. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА.....	126
7.1. Содержание, основные стадии и этапы конструкторской подготовки производства	126
7.2. Основные требования, предъявляемые к конструкции новой машины .	129
7.3. Организация работ по конструктивной стандартизации. Ее эффективность	135
7.4. Экономическая оценка и доводка конструкции новой машины. Пути повышения эффективности опытно-конструкторских работ	140
ТЕМА 8. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА.....	146
8.1. Содержание и основные этапы технологической подготовки производства	146
8.2. Состав и содержание технологических документов. Порядок разработки карт технологического процесса.....	151
8.3. Технологическая типизация и стандартизация и их эффективность	155
8.4. Экономическая оценка и выбор технологических вариантов	161
ТЕМА 9. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ	164
9.1. Понятие качества продукции и определяющие его факторы	164
9.2. Стандарты качества. Сертификация продукции	167
9.3. Основные виды и методы контроля. Учет и анализ брака.....	170
9.4. Комплексное управление качеством. Заводские органы технического контроля.....	175
ТЕМА 10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКОЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА	179
10.1. Значение и эффективность технологической оснастки. Классификация и источники покрытия потребности в ней	179
10.2. Организация производства инструмента	182
10.3. Организация эксплуатации инструмента.....	188
10.4. Организация хранения, учета и выдачи инструмента	192
ТЕМА 11. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ХОЗЯЙСТВА	199
11.1. Значение операций по техническому обслуживанию и ремонту орудий труда в производственном процессе	199
11.2. Система планово-предупредительного ремонта оборудования	201
11.3. Организация технического обслуживания оборудования	207
11.4. Организация ремонта оборудования	210
ТЕМА 12. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА	215
12.1. Характер энергетических процессов и энергоносители на машиностроительном предприятии.....	215
12.2. Основные источники и схемы энергоснабжения машиностроительных	

предприятий	217
12.3. Нормирование и учет энергопотребления	218
12.4. Структура энергетического хозяйства	220
ТЕМА 13. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА	222
13.1. Значение операций перемещения в производственном процессе. Классификация тр анспортных средств	222
13.2. Грузооборот и грузопотоки	225
13.3. Выбор транспортных средств для межцехового перемещения. Определение потребности в них	228
13.4. Внутрицеховые грузопотоки и транспортные средства	231
13.5. Организация работы внутризаводского транспорта. Основные направления совершенствования грузопотоков и удешевления перевозок... ..	234
13.6. Подразделения заводского транспортного хозяйства	237
ТЕМА 14. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СНАБЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ОРГАНИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА .	239
14.1. Движение материальных ресурсов на предприятии. Регулирование запасов материалов.....	239
14.2. Приемка и размещение материалов. Виды складов и типы складских помещений.....	246
14.3. Снабженческие склады	249
14.4. Производственные склады	254
14.5. Нормирование и определение потребности в материальных ресурсах. Заводские органы материально-технического снабжения.....	257
ТЕМА 15. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА. ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО	260
15.1. Традиционные и новые подходы к организации производства	260
15.2. Концепция бережливого производства. Характеристика основных элементов концепции бережливого производства.....	261
15.3. Цифровое производство. Характеристика основных инструментов	268
2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	282
Практическое задание №1 СОСТАВ ЦЕХОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ХОЗЯЙСТВ. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ЗАВОДА (Производственная структура предприятия)	282
Практическое задание № 2 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ	284
Практическое задание № 3 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЕНИ	287
Практическое задание № 4 ОРГАНИЗАЦИЯ ОДНОПРЕДМЕТНЫХ НЕПРЕРЫВНО ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ.....	294
Практическое задание № 5 ПРЕРЫВНЫЕ, ПЕРЕМЕННЫЕ И ГРУППОВЫЕ ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ	299
Практическое задание № 6 ЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	304

Практическое задание № 7 ОРГАНИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	309
Практическое задание № 8 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	312
Практическое задание № 9 УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ ..	314
Практическое задание № 10 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКОЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА	319
Практическое задание № 11 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОРУДИЙ ТРУДА И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ХОЗЯЙСТВА	323
Практическое задание № 12 ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА	325
Практическое задание № 13 ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА	327
Практическое задание № 14. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СНАБЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ОРГАНИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА	330
3 КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ.....	331
ТЕСТ ПО ТЕМЕ «ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»	331
4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	345

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

РАЗДЕЛ I. ОРГАНИЗАЦИЯ ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ И МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА. РАЗВИТИЕ НАУКИ И ПРАКТИКИ

- 1.1. Основные понятия.
- 1.2. Развитие науки и практики организации производства. Зарубежный и отечественный опыт.

1.1. Основные понятия

Организация производства – наука, изучающая условия и факторы рационального сочетания в пространстве и во времени действий людей при использовании материальных элементов производства в процессе превращения их в продукцию, благодаря чему продукция изготавливается с минимальными затратами всех ресурсов.

Организация производства – способ существования любого производства как такового. Производство представляет собой процесс воздействия человека на вещество природы в целях создания материальных благ, необходимых для существования и развития общества.

Основные элементы процесса труда:

- 1) труд как сознательная целенаправленная человеческая деятельность;
- 2) предметы труда, т. е. все то, на что направлена целесообразная деятельность человека;
- 3) средства труда, прежде всего их активная часть – орудия труда (машины, механизмы, инструменты и др.), при помощи которых человек преобразует предметы труда, приспособливает их для удовлетворения своих потребностей.

Однако данное определение отражает только материально-вещественную сторону производства, которая сама по себе еще не отражает сущность производства. Не менее важной стороной производства является его социальная сторона, которая проявляется в совокупности экономических, трудовых, юридических и других отношений, без которых производство также невозможно, как и без вышеуказанных материально-вещественных элементов.

Взаимосвязь элементов организации производства представлена рис. 1.1.



Рис. 1.1 Взаимосвязь элементов организации производства

Основополагающими задачами организации производства являются:

- формирование взаимосвязей между материальными (вещественными) элементами производства;
- обеспечение взаимосвязей между материальными (вещественными) и личностными элементами производства;
- поддержание взаимосвязи между людьми в процессе производства (общая цель, единый экономический интерес).

Предмет организации производства – создание и поддержание условий для производства продукции заданного качества и объема.

Объекты организации производства – материальные и социальные элементы производства (материалы, оборудование, работники) в их взаимосвязанном виде, т.е. в виде рабочих мест, участков, цехов, предприятий.

Если целью производства является выпуск продукции, выполнение работ, оказание услуг, то целью организации производства является создание условий для выпуска и реализации продукции. Особенности организации данного процесса на каждом предприятии определяются не только его содержанием и составом, но и построением производственного процесса во времени и пространстве, типами производства, производственной структурой предприятия и другими организационно-экономическими факторами.

При изучении закономерностей функционирования и развития промышленного производства важное значение имеет анализ и обобщение практического опыта работы предприятия, цехов и производств. Причем к каждому явлению следует подходить диалектически, т.е. рассматривать взаимосвязи в непрерывном развитии. Это позволяет понять причины и закономерности возникновения новых и неизбежность отмирания старых решений, приемов и методов организации производства.

Любое инженерное и организационное решение, какими бы удачными они ни были, могут быть улучшены или заменены новыми, более эффективными, вследствие технических достижений, изменившихся условий производства или

постановки новых задач. Поэтому наука об организации производства не дает и не может дать готовых точных решений независимо от времени, пространства, предприятия, участка, цеха, характера и объема выпуска продукции, целей и задач, стоящих перед производством в данный момент, и других условий. Другими словами, **организация производства** – это непрерывный творческий поиск путей эффективной организации производственного процесса на предприятии и в его подразделениях при неуклонном повышении уровня социального развития трудового коллектива.

Чтобы эта работа была результативна, необходимо:

- рассматривать проблемы организации производства во взаимосвязи с задачами развития экономического потенциала предприятия, отрасли, государства в целом;
- изучать закономерности возникновения, развития, совершенствования различных форм и методов организации производства, причины их отмирания и замены новыми;
- обобщать и внедрять передовой опыт отечественных и зарубежных предприятий.

Организация производства нередко требует сложных математических расчетов и анализа, на основе которых выбирается вариант решения, наилучший в условиях конкретного предприятия или его подразделения. Поэтому математические дисциплины являются основой для расчета оптимальных количественных и качественных параметров и показателей.

1.2. Развитие науки и практики организации производства. Зарубежный и отечественный опыт

Основные этапы многовекового развития теории и практики организации производства приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Этапы развития теории и практики организации производства

Годы	Основной вклад	Автор
1776	Разделение и специализация труда	Адам Смит
1790	Взаимозаменяемость деталей и система сборки машин	Эли Уитни
1911	Научная организация и управление производством	Фредерик Тейлор
1912	Диаграммы и графики производственных процессов	Генри Гантт
1913	Организация поточного производства и сборочного конвейера	Генри Форд
1924	Статистический контроль качества продукции	Уолтер Шухарт
1939	Мотивация труда, развитие человеческих отношений	Элтон Мейо
1950	Системы менеджмента качества	Эдвард Деминг
1975	Гибкое бережливое производство, система канбан, опыт Тойота	Таити Оно

Организация производства, как и любая научная дисциплина, становится наукой с момента описания, теоретического обобщения и систематизации объективных знаний о действительности и закономерностях ее развития. Основоположителем современной науки об организации производства принято считать американского инженера-механика Ф.У. Тейлора (1856-1915). Свои идеи в области организации производства он сформулировал в виде «принципов научного управления», которые изложил в работах «**Научное управление**» («Scientific Management») и «**Управление производственными участками**» («Shop Management»). Издание этих книг положило начало многочисленным публикациям по организации производства.

Основные идеи Тейлора в области научного управления выражены в **следующих принципах**:

1) анализ и замена «традиционных и грубо практических методов» методами, базирующимися на научных законах, правилах и приемах, выработанных на основе обобщения опыта и специального изучения движений и времени, необходимого для выполнения работы;

2) отбор рабочих «на основе научно установленных признаков», их тренировка, обучение новым приемам;

3) отделение подготовки к работе от ее исполнения (под исполнением Тейлор понимал освобождение рабочего от всех функций, связанных с обдумыванием, расчетом, подготовкой, и возложение их на администрацию);

4) «сердечное сотрудничество администрации с рабочими в направлении достижения соответствия всех отдельных отраслей производства научным принципам».

Столь высокая интенсификация ручного труда по системе Тейлора вызвала крайне негативное отношение рабочего класса Америки. Американская федерация труда в одной из своих резолюций назвала эту систему «дьявольским замыслом низведения людей до положения машины». Поэтому она не получила и не могла получить широкого распространения, хотя методы анализа трудовых процессов широко использовались в трудах многих американских и европейских ученых.

Наука об организации производства использует элементы теории Тейлора, методику систематического анализа производственных процессов, расчленение их на составные части с целью выработки наиболее эффективных приемов для улучшения условий труда.

Значительный вклад в науку об организации производства внес другой американский инженер, Г. Эмерсон (1853-1931), сформулировавший основные принципы организации производства в книге «Двенадцать принципов производительности». Принципами Эмерсона являются:

1) четко сформулированные идеалы или цели, чтобы все части любой организации «действовали в одном и том же направлении»;

2) здравый смысл, позволяющий повышать эффективность производства за счет имеющихся средств производства;

- 3) компетентное консультирование руководителя производства функциональными исполнителями;
- 4) строжайшая исполнительская дисциплина исполнителей в производственном процессе, как внешняя (строгое выполнение правил внутреннего распорядка, выполнение указаний и т.д.), так и внутренняя (порядок на рабочем месте, подтянутость, опрятность, внимательность рабочего и др.);
- 5) справедливое отношение к подчиненному персоналу, в том числе оплата и условия труда;
- 6) быстрый, надежный, точный и постоянный учет (в первую очередь результатов производства);
- 7) диспетчирование, т.е. постоянное централизованное наблюдение за ходом производства и его регулирование;
- 8) нормализация усилий, недопущение их форсирования, которое может вызвать физическое и нервное перенапряжение персонала и преждевременный износ механизмов;
- 9) нормализация условий, в частности создание нормальной окружающей обстановки для высокопроизводительного труда;
- 10) нормирование времени выполнения операций (на уровне более высоком, чем подавляющая медлительность, но ниже слишком утомляющей скорости) с тем, чтобы хорошее нормирование дало «рабочему личную радость» и все «богатство коллективного проявления личных сил»;
- 11) письменные стандартные производственные инструкции, в которых была бы закреплена практика работы предприятия;
- 12) вознаграждение за высокую производительность (гарантированная почасовая оплата и премия), установление норм оплаты в зависимости от количества и вида обслуживаемых станков, условий и личности исполнителя.

Принципы Эмерсона отражают в основном условия повышения эффективности производства, но прежде всего в интересах работодателя. Для предупреждения конфликтов между рабочими и работодателями Эмерсон предложил прибегать к услугам специалистов – «характерологов, гигиенистов, физиологов, инженеров по отоплению и освещению, экономистов, специалистов по вопросам заработной платы, бухгалтеров, юристов».

Из европейских современников Тейлора и Эмерсона наибольшую известность благодаря работам в области организации производства получил французский инженер А. Файоль (1841–1925). В брошюре «Учение об управлении» Файоль изложил принципы успешного руководства производством: разделение труда, авторитет и ответственность, дисциплина, единоначалие, единство распорядительства и руководства, подчинение частного интереса общему, вознаграждение труда, централизация, иерархия, порядок, справедливость, стабильность персонала, инициатива, единение персонала. Файоль и созданная им школа управления исходили из того, что для эффективного руководства производством необходима специальная каста управляющих, наделенных особыми волевыми чертами характера.

Крупнейшим практиком в области организации производства был американский промышленник Г. Форд (1863-1947), положивший начало массовому производству дешевых автомобилей. Благодаря реализации на его заводах ряда новейших идей в области организации производства автомобиль действительно стал массовым, доступным. Начав с производства автомобилей в собственной небольшой мастерской, после ряда неудач в 1908 г. он добился крупного успеха, организовав производство автомобиля модели «Форд-Т», принесшего ему мировую известность.

На своих предприятиях Форд внедрил комплексную **систему организации непрерывного поточно-массового производства**. Эта система получила название «фордизм» и была основана на следующих принципах, которые ранее применялись разрозненно.

1. Полная взаимозаменяемость частей и деталей изделия, что позволило отдельные части и даже детали автомашины производить на самостоятельных участках, поточных линиях.

2. Использование специального транспортного устройства для перемещения предметов труда – конвейера («рабочий должен стоять недвижно, а работа – двигаться»).

3. Максимальное разделение труда путем расчленения технологического процесса на простейшие операции. Реализация этого принципа открыла возможности для широкого внедрения механизации и автоматизации.

4. Устранение излишних движений рабочего («по возможности он должен делать лишь одну операцию и лишь одним движением»). Как известно, этот принцип был разработан Ф.У. Тейлором, но Форд применил его не к отдельным рабочим, а в массовом масштабе по всему технологическому циклу.

5. Стандартизация всех элементов производственного процесса, включая сырье, технологические процессы, трудовые приемы и формы организации.

6. Полное освобождение основных производственных подразделений от функций проектирования и подготовки производства, выполнение этих работ централизовано осуществляется в специально созданных лабораториях, экспериментальных мастерских и т.п.

Использование в огромных масштабах достижений науки, техники и практики позволило Форду добиться небывалых успехов: если с 1908 по 1915 г. на его предприятиях был выпущен 1 миллион автомобилей, то за один только 1923 г. – 2 миллиона.

Массовое производство позволило значительно удешевить автомобиль и создало благоприятные условия для дальнейших технических и организационных нововведений.

В 40-е годы XX в. возникла так называемая доктрина «человеческих отношений» (Human relations). Авторы этой доктрины американский социолог Э. Мейо и его последователи, критикуя Тейлора, подчеркивали, что в организации производства основное внимание следует уделять не техническим и материальным, а психологическим и социальным факторам, которые создавали бы хорошее настроение рабочих и побуждали трудиться все лучше.

Исходя из этих предпосылок, сторонники доктрины «человеческих отношений» сформулировали рекомендации (на первый взгляд противоречащие идеям Тейлора), реализация которых на предприятиях, по их мнению, должна способствовать заинтересованности рабочего в максимальном росте производительности труда, что увеличит прибыль. Эти рекомендации предусматривают:

- исключение монотонности труда;
- привлечение рабочего к планированию и нормированию выполняемых им операций, т.е. использование не только физической, но и умственной энергии рабочего;
- создание «благоприятного социального климата» на производстве, уважение личности рабочего;
- демократизация управления, т.е. привлечение к нему рабочих, чтобы заинтересовать их в конечных результатах труда, развить чувство коллективной ответственности и создать атмосферу «подлинной общности интересов» (рабочих и хозяев).

Современные западные исследователи в области организации производства (П. Дракер, П. Диболей, Д. Стивенсон, Д. Дильворт, Р. Чейз и др.) не отвергают идеи Тейлора и Форда, указывая на их взаимосвязь с доктриной «человеческих отношений». При этом чем выше уровень научно-технического развития производства, тем неизбежнее обращение к человеку как основному фактору производства.

Наиболее последовательно идеи доктрины «человеческих отношений», как и идеи Тейлора и Форда, реализованы в организации современного производства на крупнейших японских предприятиях в виде таких принципов управления, как «уважение к человеку», «пожизненный наем основного персонала», «упор на обучение», «частое продвижение по службе и повышение зарплаты» и др. При этом большое внимание уделяется снятию отрицательных эмоций перед началом работы и в ходе рабочего дня.

Основоположником советской школы организации принято считать А.К. Гастева, который в 1920 г. организовал Центральный институт труда (ЦИТ). Он опубликовал ряд книг по вопросам организации труда: «Как надо работать?» (1921 г.), «Трудовые установки» (1924 г.), «Установка производства методом ЦИТ» (1927 г.), «Нормирование и организация труда» (1929 г.).

В 30-е годы появились научные работы и по стандартизации производственного процесса. Одной из первых была работа профессора Ленинградского политехнического института О.И. Непорента «Технические основы календарного движения производства» (1933 г.). В ней определены и описаны основные виды движения предметов труда в процессе производства, введены понятия «производственный ритм», «типы производства». В довоенное время опубликованы работы по оперативно-календарному планированию П.В. Крепыша, К.М. Корницкого, А.В. Темкина. Следует отметить Г.В. Теплова, который с 1940 по 1970 г. выпустил ряд учебников по планированию машиностроительного производства, а также работу К.Г. Татевосова «Производственный цикл в

механических цехах серийного машиностроения» (1940 г.). В 1965 г. был издан его фундаментальный труд «Основы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии» (переиздан в 1985 г.).

Великая Отечественная война выдвинула крупнейших практиков организации промышленного, и прежде всего военного, производства. Среди тех, кто внес крупнейший вклад в развитие оборонной промышленности в военные годы, кто прошел суровую проверку войной и стал блестящим организатором производства, были такие выдающиеся руководители, как Б.Л. Банников, П.В. Дементьев, В.А. Малышев, Д.М. Устинов, М.В. Хруничев, А.И. Шахурин и многие другие.

Не менее впечатляющими были успехи в области организации промышленного производства и в послевоенное время. Уже в 1950 г. была восстановлена промышленность и значительно превзойден довоенный уровень производства, освоены новые виды мирной и военной продукции, в том числе атомное оружие. К сожалению, величайшие практические достижения в организации производства на основе использования опыта первых советских специалистов и трудового энтузиазма народа не были научно обобщены и подробно описаны. В послевоенные годы выходили книги крупных руководителей народного хозяйства. В них описывались достижения советской промышленности в военные годы, но не раскрывались методы и способы организации конкретного производства.

В середине 60-х годов в большинстве политехнических и промышленных вузов были созданы инженерно-экономические факультеты для подготовки инженеров-экономистов. В это время наука об организации машиностроительного производства в стране была сосредоточена в основном на инженерно-экономических факультетах в вузах Москвы, Ленинграда, Свердловска, Харькова. На инженерно-экономическом факультете Ленинградского политехнического института работали такие известные в области организации производства ученые, как профессора С.А. Соколицын, Б.И. Кузин, В.А. Козловский, А.И. Неймарк, в Уральском политехническом институте – Г.А. Пруденский, А.С. Осинцев, В.Н. Радукин, В.Н. Веселов, в Москве организацию производства вели профессора И.М. Разумов, Э.А. Сатель, В.А. Летенко, Б.Н. Родионов, Н.А. Соломатин, в Харькове – профессор Е.Г. Либерман. Все названные ученые являлись руководителями авторских коллективов по созданию фундаментальных учебников по организации машиностроительного производства.

В настоящее время география подготовки и выпуска учебной литературы значительно расширилась. Под редакцией профессора О.Г. Туровца (Воронеж) издан учебник «Организация производства и управление предприятием» (2002 г.) для технических специальностей. Профессора М.И. Бухалков (Самара), Ю.В. Адаев (Пенза), Ю.М. Солдан (Рязань) и другие являются авторами известных учебников и учебных пособий по организации и планированию производства.

Белорусская школа организаторов производства стала формироваться с начала подготовки инженеров-экономистов в Белорусском политехническом

институте (ныне Белорусский национальный технический университет). Первый выпуск состоялся в 1970 году. Опыт преподавания курса «Организация производства» для этих специалистов обобщен в фундаментальном учебнике профессора кафедры «Экономика и организация машиностроительного производства» Н.С. Сачко «Организация и оперативное планирование машиностроительного производства» (1977 г.) и развит в его же книге «Теоретические основы организации производства» (1997 г.).

ТЕМА 2. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ И ЕГО ОРГАНИЗАЦИЯ

- 2.1. Промышленное предприятия как система.
- 2.2. Основные элементы и структура производственных систем.
- 2.3. Основные принципы организации промышленного предприятия. Особенности машиностроительного предприятия.

2.1. Промышленное предприятие как система

Под **промышленным предприятием** понимается совокупность пространственно-обособленных средств производства, предназначенных для изготовления конкретной продукции в установленных масштабах, и коллективов работников определенного квалификационного состава.

Любое предприятие можно рассматривать как систему. Под **системой** понимается совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (частей) объекта, предназначенных для достижения определенной цели (рис. 2.1).

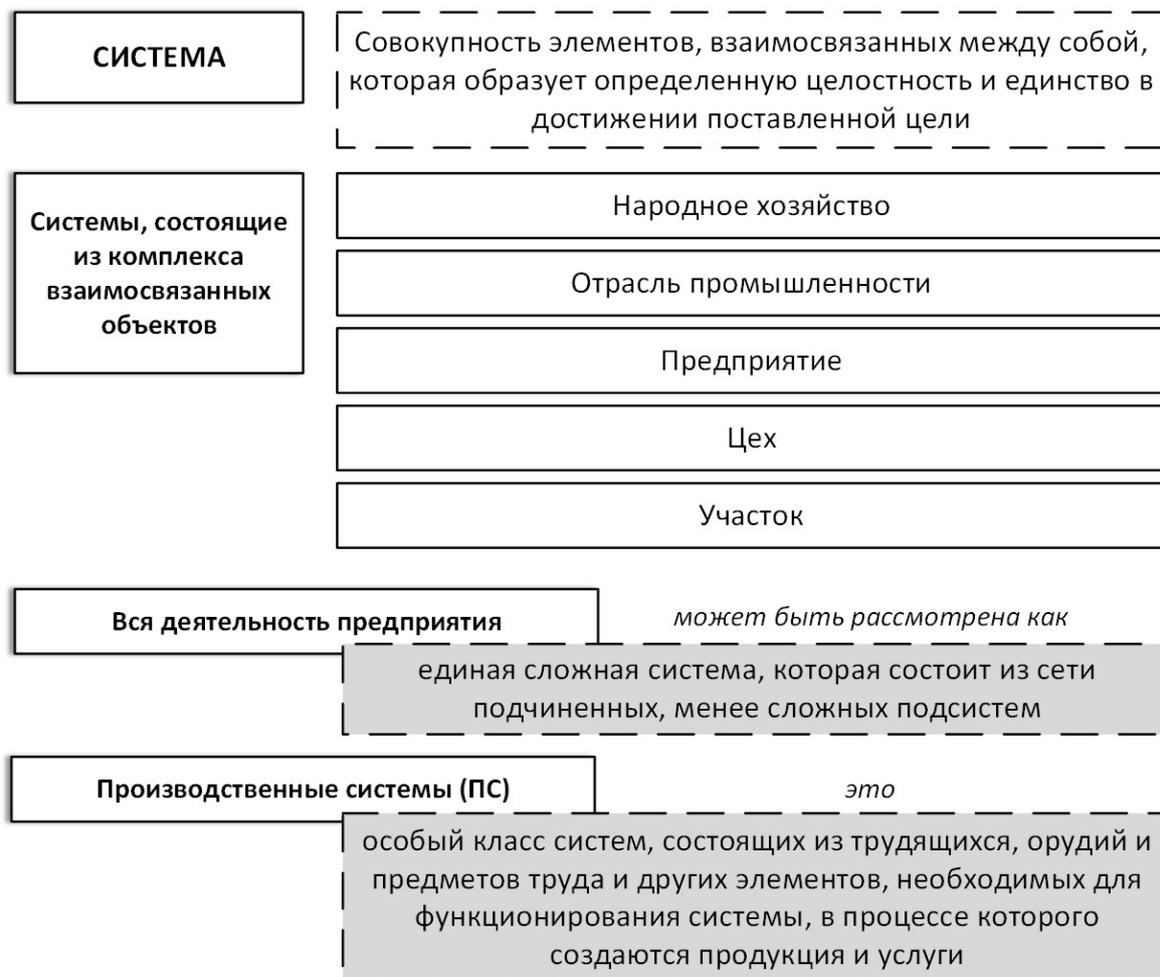


Рис. 2.1. Предприятие как система

Любой объект, рассматриваемый в качестве системы, должен обладать рядом признаков:

1. **Наличие исходных компонентов.** Любая система должна состоять, по крайней мере, из трех основных компонентов (устройств): входа, процесса и выхода (рис. 2.2).

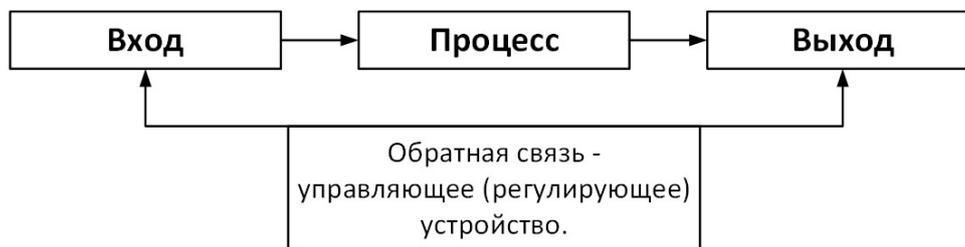


Рис. 2.2 Схема простейшей системы

Через **вход** в систему поступают исходные ресурсы, обуславливающие функционирование системы. Для промышленных предприятий это сырье, материалы, топливо, энергия, орудия труда, труд и т.д. Процесс преобразует исходные ресурсы входа, придавая им новые свойства. Выход из системы — это результат ее функционирования, та продукция, которую выпускает конкретное предприятие.

2. **Совокупность элементов.** Система состоит из определенного количества частей (подразделений), каждая из которых по отношению к системе в целом играет подчиненную роль и, в свою очередь, обладает определенными системными свойствами, т.е. каждый элемент может рассматриваться в качестве системы (рис. 2.3). На предприятии такой совокупностью элементов являются производства и цехи, а внутри них — участки и отдельные рабочие места (рис. 2.4).

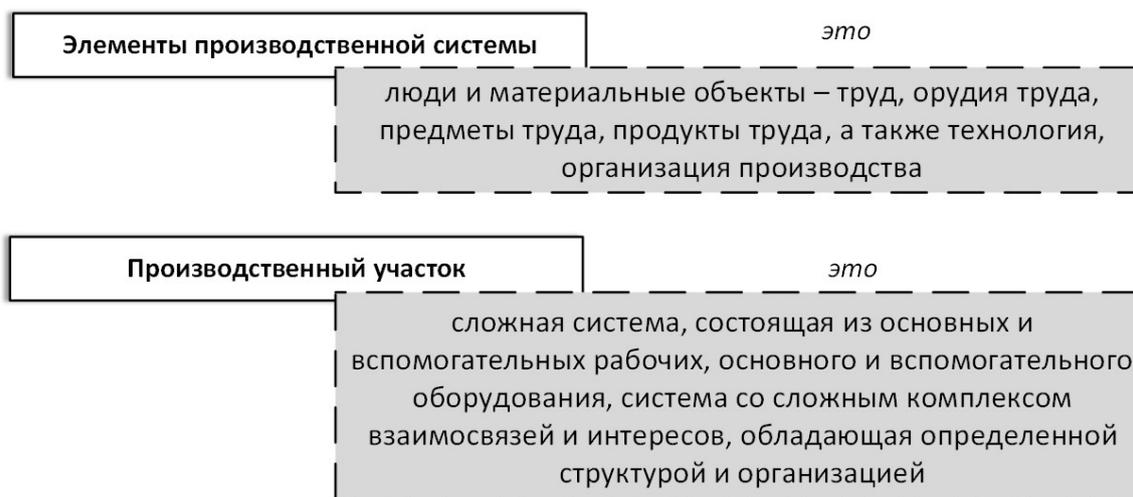


Рис 2.3. Элементы производственной системы



Рис. 2.4. Уровни производственной системы

3. **Наличие связей между элементами.** Система может существовать и успешно выполнять свои задачи лишь при наличии связей между элементами, объединяющих их в единое целое, причем связи элементов внутри системы должны существенно преобладать над их связями с элементами других систем. Такие связи называют системообразующими. При слабой взаимосвязи элементов или полном отсутствии связей совокупность элементов нельзя назвать системой.

4. **Целостность.** Целостность системы означает, что ее поведение зависит прежде всего от взаимодействия внутренних элементов, независимо от воздействия внешней среды, т.е. конечные результаты функционирования предприятия определяются в первую очередь результатами работы его производственных подразделений.

5. **Интегративные свойства,** присущие системе в целом и не свойственными ни одному из ее элементов. Хотя результаты работы предприятия и определяются результатами работы отдельных цехов, но не зависят от них полностью. Поэтому нельзя судить о работе предприятия по результатам работы цехов вне связи друг с другом. Другими словами, нельзя определить поведение системы в целом по поведению ее отдельных элементов.

6. **Внутренняя упорядоченная структура и организация.** Под структурой понимается количественный и качественный состав основных элементов системы и их взаимосвязи, обеспечивающие устойчивое состояние системы, а под организацией – их внутренняя упорядоченность и согласованность во времени, обеспечивающая функционирование системы как единого целого. Наличие организации способствует снижению уровня неопределенности поведения системы в целом, поскольку организация определяет поведение входящих в систему элементов. Понятия «структура» и «организация» вытекают непосредственно из понятий «целостность системы» и «связи». Отдельные структурные

подразделения системы группируются и организуются либо по функциональному (горизонтальному), либо по иерархическому (вертикальному) признаку.

7. Наличие в составе управляющего (регулирующего) устройства. Это устройство, контролируя параметры системы на выходе и сравнивая их с заданными, должно воздействовать на вход системы таким образом, чтобы поддерживать систему в равновесии, т.е. обеспечивать ее функционирование в заданном режиме работы.

Управление системой непосредственно связано с целью функционирования и критерием оценки деятельности системы. **Цель функционирования** – это требуемое (желаемое) состояние системы на выходе, определяемое ее вкладом в удовлетворение общественной или личной потребности, т.е. это количество и качество продукции данного вида, которое должно быть достигнуто с помощью потребленных ресурсов. Вместе с тем должен иметься критерий оценки деятельности системы, позволяющий определить степень достижения поставленной цели. В конечном счете, любой критерий требует сопоставления показателей выхода и входа. Для предприятия это прежде всего сопоставление объема и качества выпускаемой продукции с затратами всех видов ресурсов.

Наличие критерия оценки деятельности системы означает признание ограниченности потребляемых ею ресурсов, а также существование нескольких вариантов их использования и права выбора оптимального из них.

Каждая система существует и функционирует в определенных границах, отделяющих ее от внешней среды. Система может успешно функционировать и развиваться, лишь активно взаимодействуя с окружающей средой. **Окружающая среда** – это совокупность внешних по отношению к рассматриваемой системе объектов, которые оказывают влияние на систему, либо система влияет на них (рис. 2.5). Предприятие как система неизбежно подстраивается (адаптируется) к внешней среде как на входе (к поставщикам ресурсов), так и на выходе (к потребителям продукции), так или иначе, согласуя с ее требованиями свои материальные, информационные и трудовые связи (рис. 2.6). Особенности предприятия как производственной системы представлены на рис. 2.7.

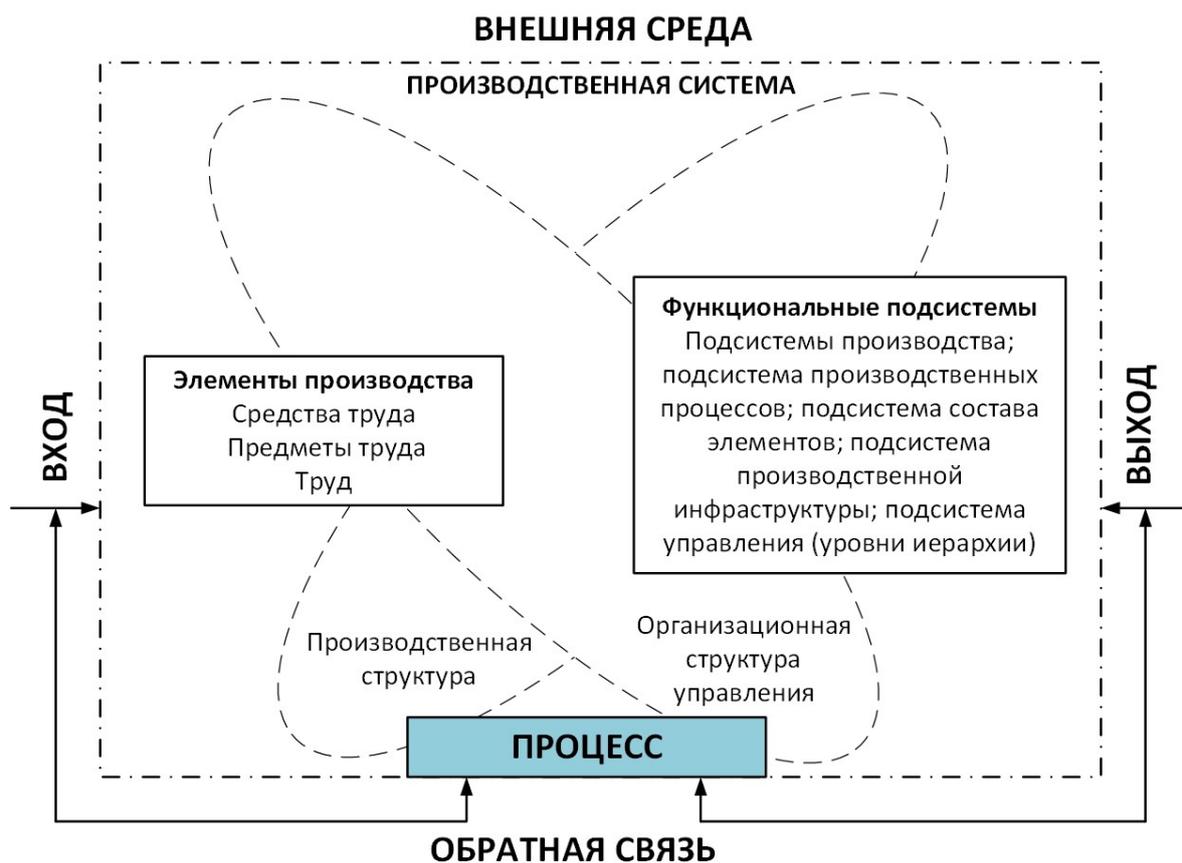


Рис. 2.5. Взаимодействие системы с окружающей средой

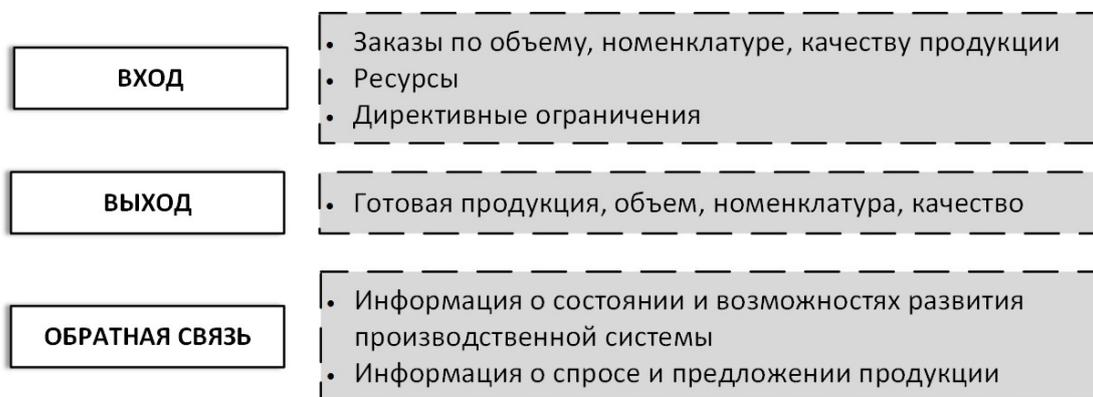


Рис. 2.6. Адаптация к внешней среде



Рис. 2.7. Особенности предприятия как производственной системы

2.2. Основные элементы и структура производственных систем

Как структурно обособленная часть системы элемент должен выполнять определенные, только ему присущие функции, т.е. обладать свойствами, отличными от свойств других элементов.

Отличительными особенностями элемента системы являются:

1. Соподчиненность выполняемой им функции целям и задачам системы. Каждый цех предприятия, выполняя ту или иную совокупность технологических операций, имеет определенные задачи исходя из закономерностей протекания этих операций. Но вместе с тем элементы системы должны быть подчинены одной основной задаче – обеспечению эффективного функционирования системы, т.е. предприятия в целом. Таким образом, задачи, решаемые тем или иным элементом, являются производными от функции, выполняемой системой в целом.

2. Тесное взаимодействие с другими частями системы. В производственной системе это взаимодействие осуществляется:

– на основе последовательного осуществления части функций над предметами труда, выполняемых системой в целом, вплоть до получения готового продукта;

- на основе комплексной переработки одинакового сырья и получения из него разнообразных продуктов;
- путем параллельного выполнения однородных (но не одинаковых) функций по обработке многих видов исходных материалов и получения из них частей готового продукта.

В системе первого вида вход каждого последующего (по ходу процесса) элемента совпадает с выходом предыдущего, вход первого элемента совпадает с входом системы, а выход последнего – с выходом системы (рис. 2.8). Примером системы первого вида является металлургический завод с полным производственным циклом. Такое построение элементов в системе позволяет использовать дополнительные полезные свойства вещества (помимо свойств промежуточного продукта). Эти полезные свойства, полученные на выходе предыдущего элемента, поступают на вход последующего в виде части необходимых ресурсов, благодаря чему достигается многократное использование части ресурсов, затраченных на входе системы. Многократное использование части ресурсов диктует необходимость максимального сокращения перерывов в процессе обработки предметов труда при переходе от одной стадии к другой. Это достигается сосредоточением всех элементов в одной системе при максимальной пространственной близости их друг от друга, что обеспечивает высокую эффективность деятельности системы в целом.

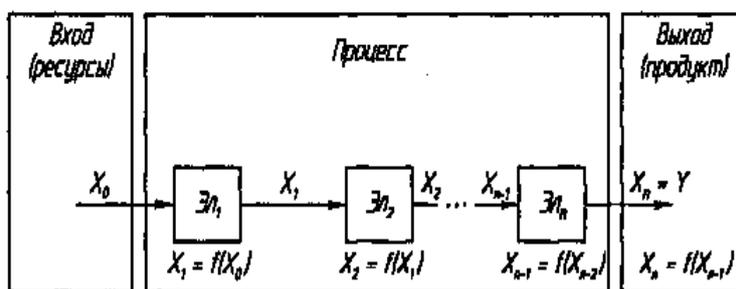


Рис. 2.8. Схема технологических взаимосвязей в производственной системе первого вида: X_0 – переменные на входе системы; X_n – переменная на выходе системы; X_1, X_2, \dots, X_{n-1} – переменные на выходе предыдущего элемента и одновременно на входе последующего

Для производственных систем второго вида характерно наличие многих выходов при одном входе (рис. 2.9). Примером такой системы является химический комбинат, использующий в производственном процессе сырье одного вида (уголь, природный газ, нефть, древесина) для одновременного выпуска многих видов продукции (кокс, газ, смола, сера, горючие, смазочные материалы и др.). В этом случае в наибольшей степени используется эффект глубины переработки сырья.

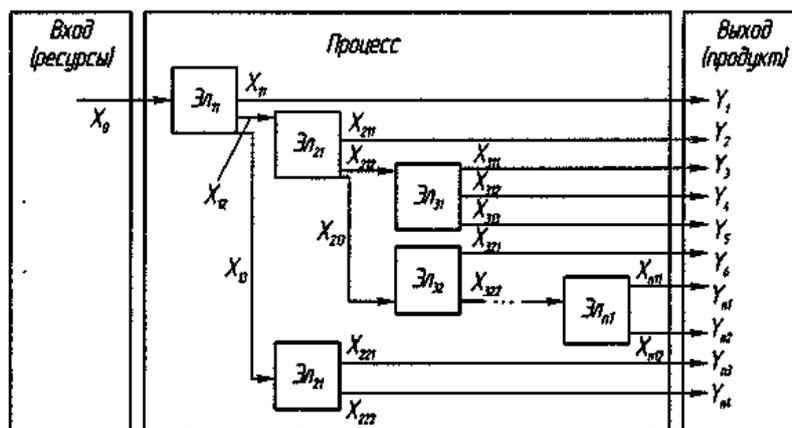


Рис.2.9. Схема технологических связей в производственной системе второго вида: X_0 – исходное сырье; $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n2}$ – переменные на выходе соответствующих стадий комплексной переработки исходного сырья; Y_1, Y_2, \dots, Y_{nA} – переменные (продукт) на выходе системы

Для производственных систем третьего вида характерно применение одновременно нескольких различных видов сырья, материалов, способов и методов их обработки, т.е. многих входов при одном выходе (рис. 2.10).

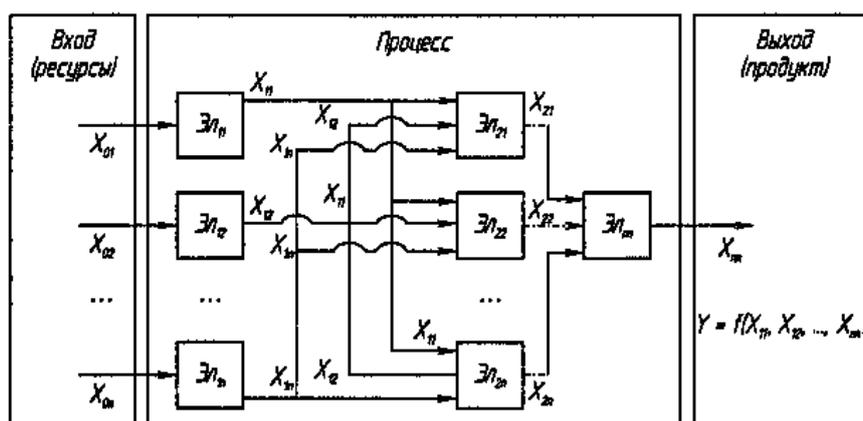


Рис. 2.10. Схема технологических связей элементов производственной системы третьего вида: $X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n}$ – виды исходных материалов; Y – готовый продукт; $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}$ – переменные на выходе соответствующих элементов

Пример такой системы – **машиностроительное предприятие**. Если рассматривать машиностроительный процесс в целом, то в нем можно выделить три последовательные стадии получения из исходных материалов готового продукта: заготовительную (первичное формоизменение металла), обрабатывающую (получение готовых деталей из заготовок) и сборочную (соединение отдельных деталей в узлы и готовое изделие – машину). Отличие от систем первого вида состоит в том, что применяются самые различные виды исходных материалов и способы их первичной обработки.

Характерной особенностью такой системы является наличие нескольких параллельных входов и выходов у каждого из элементов. Так, литейный цех может подавать заготовки одновременно нескольким механическим цехам, а

каждый механический цех может получать их как из нескольких однородных и разнородных цехов своего предприятия, так и «со стороны», т.е. непосредственно с входа системы. В элементах производственных систем третьего вида не создаются дополнительные полезные свойства веществ (помимо свойств промежуточного продукта), которые можно было бы использовать в последующих стадиях процесса на том же предприятии.

2.3. Основные принципы организации промышленного предприятия. Особенности машиностроительного предприятия

В основе организации промышленного предприятия лежит ряд общих принципов.

– **Планомерность в работе.** Каждое предприятие работает по плану, который предопределяет организацию всей его производственной деятельности.

– **Непрерывное совершенствование производства.** Оно означает постоянное совершенствование методов производства, повышение производительности труда, что невозможно без постоянного повышения технического уровня, внедрения новой техники и технологий.

На конкретном предприятии совершенствование производства проявляется в двух основных формах: 1) совершенствование выпускаемой продукции; 2) улучшение методов ее изготовления.

Совершенствование продукции отражается (применительно к машиностроению) в улучшении эксплуатационных характеристик машин (мощность, производительность, скорость, КПД, грузоподъемность, ремонтпригодность и т.д.), что обеспечивает экономию труда при их эксплуатации. В известной мере это происходит скачкообразно. Предприятие более или менее продолжительный период выпускает машины с постоянными характеристиками, а в это время накапливается опыт эксплуатации, изыскиваются технические возможности для улучшения параметров, упрощения конструкции. В результате на смену старой модели приходит новая, более совершенная. Улучшение методов производства – непрерывный творческий процесс поиска и реализации путей совершенствования технологий, оборудования, снижения материальных и трудовых затрат, благодаря чему снижается себестоимость продукции и повышаются доходы предприятия.

– **Внедрение передового опыта.** Этот принцип предполагает мобилизацию всех работников предприятия на достижение высоких производственных показателей на основе изучения, обобщения и распространения опыта работы наиболее квалифицированных рабочих.

– **Оплата в соответствии с количеством и качеством труда.** Обусловливает материальную заинтересованность работника в результатах труда, повышении квалификации, обеспечивает правильное сочетание личной заинтересованности и интересов всего общества.

– **Режим экономии.** Он предполагает экономию живого и овеществленного труда, т.е. снижение трудовых и материальных затрат. Экономное расходование материалов, топлива, энергии и других материальных ресурсов должно находиться в центре внимания всех работников предприятия. Например, конструктор должен знать основные способы экономии материалов при изготовлении разработанной им детали, технолог – основные направления снижения припусков на обработку и затрат труда, рабочий – способы экономии ресурсов на своем рабочем месте (материалов, энергии, инструмента и т.д.). Необходимо правильно определить размер фактической экономии и личный вклад каждого работника, что важно для морального и материального поощрения.

– **Соблюдение трудовой дисциплины.** Современное промышленное производство предъявляет определенные требования к поведению работников. Любое нарушение неизбежно приводит к производственным потерям. Трудовая дисциплина регламентируется трудовым законодательством, правилами внутреннего трудового распорядка, коллективными договорами, должностными и производственно-техническими инструкциями.

Эти документы возлагают на рабочих и служащих обязанность работать честно и добросовестно, вовремя приходить на работу, использовать рабочее время исключительно для производительной работы и выполнения служебных обязанностей, строго соблюдать технологическую дисциплину, не допускать брака, беречь станки, материалы, инструмент, содержать свое рабочее место в чистоте, соблюдать правила техники безопасности и т.п.

– **Повышение профессионального уровня.** Основной производительной силой промышленного предприятия является коллектив трудящихся. Успешность его работы непосредственно зависит от уровня технической подготовки каждого работника. Для качественного выполнения трудовых функций работнику необходимы профессиональные (технические) знания. Это требует организации на предприятии продуманной системы подготовки кадров и повышения квалификации. Чтобы система непрерывного повышения профессионального уровня кадров действовала успешно, необходимы организационные решения, стимулирующие у работников внутреннюю потребность дальнейшего совершенствования. Важным в решении этой проблемы является установление минимума технических, организационных и экономических знаний для рабочих и инженерно-технических работников, материальное и моральное поощрение за приобретение дополнительных профессий и специальностей.

Принципы организации едины для предприятий всех отраслей промышленности. Однако в каждой отрасли имеются особенности, обусловленные характером выпускаемой продукции, технологией ее изготовления и масштабами выпуска.

Машиностроительные предприятия характеризуются нижеследующими особенностями.

1. **Большое разнообразие и сложность выпускаемой продукции:** от микроминиатюрных машин и приборов, весящих несколько граммов, до комплектов турбогенераторов и прокатных станков массой несколько тысяч тонн.

Для изготовления отдельных частей и деталей используются материалы и полуфабрикаты, являющиеся продукцией практически всех известных отраслей промышленности – от металлургической и топливной до легкой и пищевой. Это требует сложных взаимосвязей машиностроительных заводов с многочисленными предприятиями – поставщиками материалов, полуфабрикатов, деталей и отдельных агрегатов, четкой координации их работы и взаимоувязки производственных программ.

2. **Сравнительно частая смена выпускаемой продукции.** Этот требует дорогостоящей перестройки и переналадки производства, реорганизации всей системы материально-технического снабжения, налаживания новых связей с многочисленными предприятиями-смежниками и поставщиками, вызывает необходимость организационной перестройки предприятий многих отраслей промышленности.

3. **Сложность технологических процессов,** обусловленная сложностью продукции и большим разнообразием применяемых материалов. Детали машины различаются не только формой и размерами, но и исходными материалами для их изготовления, способами получения заготовок, технологией обработки, химическими и другими свойствами. Поэтому машиностроительные предприятия имеют самые разные производства с присущими им особенностями (деревообработка, литье черных и цветных металлов различными методами, кузнечные и штамповочные процессы, термомеханическая обработка пластмасс и т.д.).

4. **Сложность организации производства,** обусловленная сложностью продукции и изготовления отдельных ее частей. Производственная структура машиностроительного завода насчитывает большое количество цехов и производственных участков. Одновременное изготовление частей одной и той же машины и необходимость их подачи в определенные сроки на сборку требуют четкой организации процесса во времени и в пространстве.

5. **Частые изменения в технологии и организации производства,** что обусловлено относительно частой сменой объектов производства, усложняющихся от модели к модели. Это требует большого объема работ по технической, организационной и экономической подготовке производства. Конструкторы и технологи, призванные реализовывать наиболее эффективные и прогрессивные решения, составляют 40-45 % численности всех специалистов, работающих на предприятии.

6. **Большое разнообразие профессий и специальностей.** Это усложняет работу с кадрами, требует значительных организационных усилий по созданию условий для их эффективного использования.

Основные цели организации производства и направления работ по их реализации представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Основные цели организации производства
и направления работ по их реализации**

Области деятельности	Основные цели организации производства	Направления работы по реализации целей
Изготовление и поставка продукции потребителям	Удовлетворение спроса потребителей, поставка продукции согласно заказам и договорам. Ритмичное выполнение планов производства по номенклатуре, ассортименту и качеству продукции	Организация: маркетинговых исследований; оперативного планирования производства; производственных процессов; материального и технического обеспечения производства; сбыта и реализации продукции
Повышение качества и обеспечение конкурентоспособности продукции	Разработка новых видов продукции и совершенствование выпускаемых изделий в соответствии с требованиями рынка. Обеспечение стабильности выпуска продукции высокого качества, сокращение брака и рекламаций.	Организация: маркетинговых исследований; подготовки производства и освоения новых видов продукции; производственных процессов; работы по обеспечению качества продукции и техническому контролю; метрологического обеспечения.
Рациональное использование производственных ресурсов	Повышение производительности и качества труда рабочих. Улучшение использования основных фондов и производственных мощностей. Сокращение длительности производственного цикла и запасов товарно-материальных ценностей	Организация: труда рабочих; функционирования орудий труда; движения предметов труда в производстве
Научно-техническое и организационное развитие производства	Совершенствование производственно-технической базы предприятий и повышение уровня организации производства	Реализация работ по составлению и выполнению планов технического развития и совершенствования организации производства
Совершенствование экономических отношений на предприятии	Создание условий для обеспечения единства интересов общества, коллектива и его членов	Предоставление экономической самостоятельности подразделениям предприятий и налаживание договорных отношений между ними
Социальная организация коллектива	Создание условий для повышения качества трудовой жизни и активизации творческой деятельности трудящихся	Организация труда рабочих. Привлечение трудящихся к решению задач организации и управления производством

Система показателей для оценки степени достижения целей организации производства представлен в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Система показателей для оценки степени достижения целей организации

Наименование показателя	Расчетная формула	Условные обозначения
Показатель эффективности организации производства, \mathcal{E}_n	$\mathcal{E}_n = \Delta T / \Delta Z$	ΔT – прирост объема товарной продукции за календарный период, тыс.руб.; ΔZ – увеличение затрат на производство за тот же период, тыс.руб.
Показатель удельного веса прироста объема производства за счет использования интенсивных факторов, ΔP	$\Delta P = \left(\frac{Q_0}{\Phi_0} - \frac{Q_{\text{баз}}}{\Phi_{\text{баз}}} \right) * \Phi_{\text{баз}}$	Q_0 и $Q_{\text{баз}}$ – объем производства соответственно в плановом (отчетном) и базовом периодах, тыс.руб.; Φ_0 и $\Phi_{\text{баз}}$ – стоимость основных фондов и материальной части оборотных средств соответственно в плановом (отчетном) и базовом периодах, тыс.руб.
Показатель степени удовлетворения спроса потребителей, C_{ny}	$C_{ny} = \frac{Q_n}{Q_{np}}$	Q_n – объем поставок продукции, по которой выявлен спрос, тыс.руб.; Q_{np} – объем продукции по выявленному спросу, тыс.руб.
Показатель ритмичности производства, K_p	$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$	a_1, a_2, \dots, a_n - величина выполнения плана в отдельные отрезки времени в пределах не выше планового задания, %; A_1, A_2, \dots, A_n - величина планового задания в отдельные отрезки времени, %
Показатель эффективности обновления продукции, Π_o	$\Pi_o = \frac{Q_{\text{обн}}}{\Delta Z}$	$Q_{\text{обн}}$ – прирост объема производства новой и усовершенствованной продукции за определенный календарный период, тыс.руб.
Коэффициент ритмичности, $K_{\text{ритм}}$	$K_{\text{ритм}} = \frac{\sum V_{i\Phi}}{\sum V_{i\Pi}}$	$V(i\Phi)$ – фактический объем выполненной работы за анализируемый период (декада, месяц, квартал) в пределах плана (свыше плана не учитывается); $V(i\Pi)$ – плановый объем работ
Показатель эффективности работ по повышению качества продукции, Π_k	$\Pi_k = \frac{\Delta Z_k}{\Delta Z_{\text{бр}}}$	$\Delta Z_k, \Delta Z_{\text{бр}}$ – соответственно затраты на повышение качества продукции и снижение затрат на брак в одном и том же календарном периоде, тыс.руб
Показатель степени использования оборудования во времени, $K_{\mathcal{E}}$	$K_{\mathcal{E}} = \frac{F_{\Phi}}{F_{\text{пл}}}$	$F_{\Phi}, F_{\text{пл}}$ – время фактической и плановой работы оборудования за месяц, сутки, смену, час.
Показатель внутрисменного использования рабочего времени, $\Pi_{\text{рв}}$	$\Pi_{\text{рв}} = \frac{1 - \Pi_{\text{нр}}}{\Phi_{\text{см}} * P_{\Phi}}$	$\Pi_{\text{нр}}$ – общие потери рабочего времени в смену, мин; $\Phi_{\text{см}}$ – сменный фонд времени одного рабочего, мин; P_{Φ} – число сотрудников, работы которых изучались

ТЕМА 3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС И ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА

- 3.1. Основные понятия. Системные связи в процессе.
- 3.2. Понятие об идеальном производственном процессе. Принципы его организации.
- 3.3. Формы организации производственных процессов.
- 3.4. Типы производства и их технико-экономическая характеристика.

3.1. Основные понятия. Системные связи в процессе

Основным компонентом предприятия как системы является производственный процесс. **Производственный процесс** представляет собой совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных и обслуживающих процессов труда и орудий труда в целях создания потребительских стоимостей – полезных предметов труда, необходимых для производственного или личного потребления (рис.3.1).



Рис. 3.1. Описание производственного процесса

Процесс изготовления продукта состоит из двух частей: основной и вспомогательной (рис. 3.2).

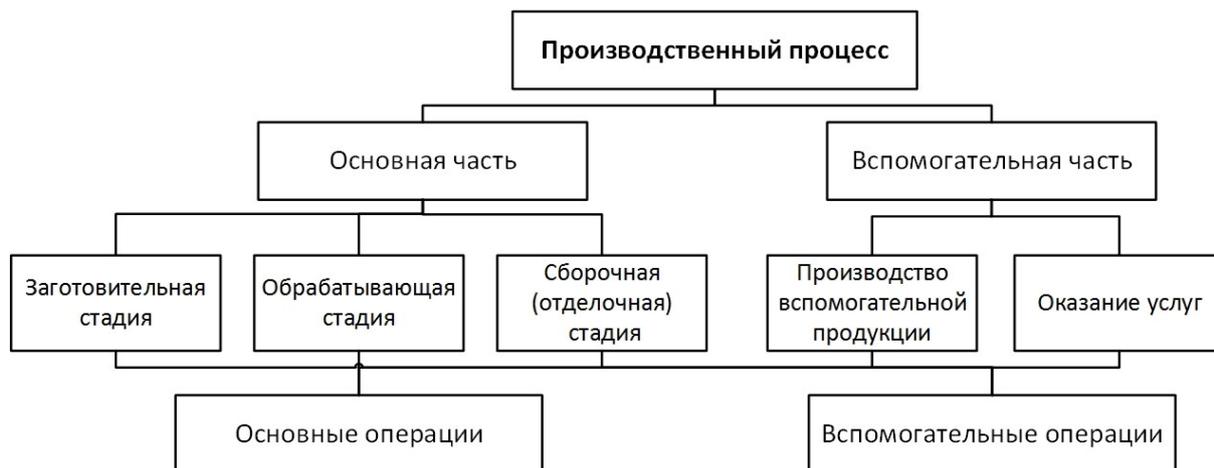


Рис. 3.2. Структура производственного процесса

В **основной части** происходит изменение форм, размеров, свойств, внутренней структуры предметов труда и превращение их в готовую продукцию путем сборки, отделки и других трудовых действий. В большинстве случаев основной процесс состоит из трех стадий (фаз), в которых осуществляется:

- первичное формоизменение исходных материалов;
- дальнейшая обработка с целью получения необходимых форм, размеров, свойств;
- отделка или сборка, в результате которой заготовки и детали превращаются в готовую продукцию.

Вспомогательная часть производственного процесса обеспечивает бесперебойное, эффективное протекание основной.

Различают, основные, вспомогательные и обслуживающие производственные процессы (рис. 3.3).

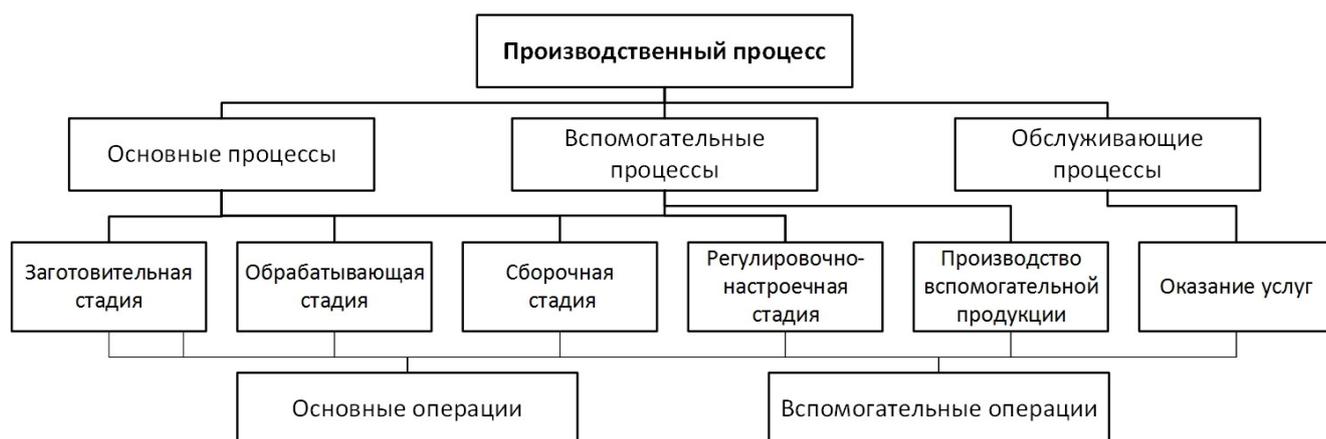


Рис. 3.3. Схема структуры производственного процесса

Основные производственные процессы – это та часть процессов, в ходе которой происходит непосредственное изменение форм, размеров, свойств, внутренней структуры предметов труда и превращения их в готовую продук-

цию. Например, на заводе это процессы изготовления деталей и сборки из них подузлов, узлов и изделия в целом.

К вспомогательным производственным процессам относятся такие процессы, результаты которых используются или непосредственно в основных процессах или для обеспечения их бесперебойного и эффективного осуществления. Примерами таких производственных процессов являются изготовление инструментов, приспособлений, запасных частей для ремонта оборудования, производство на предприятии всех видов энергии (электроэнергии, сжатого воздуха, и т.д.).

Обслуживающие производственные процессы – это процессы труда по оказанию услуг, необходимых для осуществления основных и вспомогательных производственных процессов. Например, транспортировка материальных ценностей, складские операции всех видов, технический контроль качества продукции и др.

Основные, а в некоторых случаях и вспомогательные производственные процессы протекают в разных стадиях. **Стадия** – это обособленная часть производственного процесса, когда предмет труда переходит в другое качественное состояние. Например, материал переходит в заготовку, заготовка – в деталь и т.д.

Основные производственные процессы протекают в следующих стадиях: заготовительной, обрабатывающей, сборочной и регулировочно-настроечной.

Заготовительная стадия предназначена для производства заготовок деталей. Она характеризуется весьма разнообразными методами производства. Например, раскрой или резка заготовок деталей из листового материала, изготовление заготовок методами литья, штамповки,ковки и т.д. Основная тенденция развития технологических процессов на этой стадии заключается в приближении заготовок к формам и размерам готовых деталей. Орудиями труда на этой стадии являются отрезные станки, пресово-штамповочное оборудование, гильотинные ножницы и др.

Обрабатывающая стадия – вторая в структуре производственного процесса – включает механическую и термическую обработку. Предметом труда здесь являются заготовки деталей. Орудиями труда на этой стадии в основном являются различные металлорежущие станки, печи для термической, аппараты для химической обработки. В результате выполнения этой стадии деталям придают размеры согласно заданному классу точности.

Сборочная (сборочно-монтажная) стадия – это производственный процесс, в результате которого получают сборочные единицы (мелкие сборочные единицы, подузлы, узлы, блоки) или готовые изделия. Предметом труда на этой стадии являются детали и узлы собственного изготовления, а также полученные со стороны (комплектующие изделия). Различают две основные организационные формы сборки: стационарную и подвижную.

Стационарная сборка – это когда изделие изготавливается на одном рабочем месте (детали подаются). Подвижная сборка – это когда изготовление

изделия осуществляется при его перемещении от одного рабочего места к другому.

Орудия труда здесь не так многообразны, как в обрабатывающей стадии. Главными здесь являются всевозможные верстаки, стенды, транспортирующие и направляющие устройства (конвейеры, электрокары, роботы и др.).

Регулировочно-настроечная стадия является заключительной в структуре производственного процесса. Она проводится с целью получения необходимых технических параметров готового изделия. Предметом труда здесь являются готовые изделия или их отдельные сборочные единицы. Орудия труда, универсальная контрольно-измерительная аппаратура и специальные стенды для испытаний.

Составными элементами стадий основного и вспомогательного процессов являются **технологические операции**. Деление производственного процесса на операции, а далее на приемы и движения, необходимо для разработки технически обоснованных норм времени выполнения операций.

Операция – часть производственного процесса, которая, как правило, выполняется на одном рабочем месте без переналадки и одним или несколькими рабочими (бригадой).

В зависимости от степени технического оснащения производственного процесса различают операции: ручные, машиноручные, машинные, автоматические, аппаратные.

Как основные, так и вспомогательные, а иногда и обслуживающие производственные процессы состоят из основных и вспомогательных элементов – операций. К **основным** относятся операции, непосредственно связанные с изменением размеров, форм, свойств, внутренней структуры предмета труда или превращения одного вещества в другое, а также с изменением местоположения предметов труда относительно друг друга. К **вспомогательным** относятся операции, выполнение которых способствует протеканию основных: перемещение предметов труда, контроль качества, снятие и установка, хранение и др. В организационном отношении основные и вспомогательные производственные процессы (их операции) условно подразделяются на простые и сложные.

Простыми называются процессы, в которых предметы труда подвергаются последовательному ряду связанных между собой операций, в результате чего получают частично готовые продукты труда (заготовки, детали, т.е. неразъемные части изделия). **Сложными** называются процессы, в которых получают готовые продукты труда путем соединения частных продуктов, то есть получают сложные изделия (станки, машины и др.). классификация производственных процессов представлена на рис. 3.4.

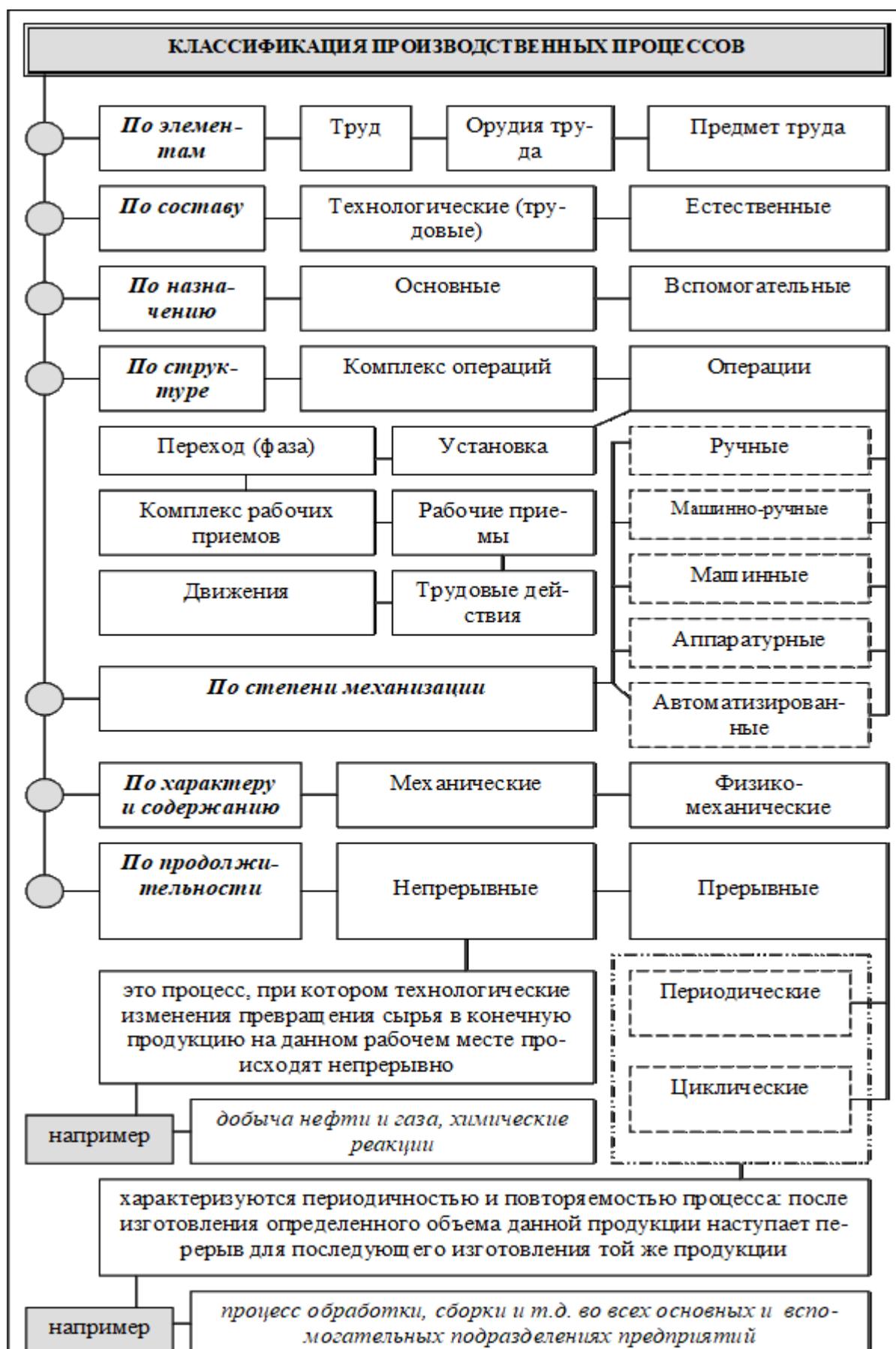


Рис. 3.4. Классификация производственных процессов

Движение предметов труда в производственном процессе осуществляется так, что результат труда одного рабочего места становится исходным предметом для другого, т.е. каждый предыдущий во времени и в пространстве дает работу последующему, это обеспечивается организацией производства.

От правильной и рациональной организации производственных процессов (особенно основных) зависят результаты производственно- хозяйственной деятельности предприятия, экономические показатели его работы, себестоимость продукции, прибыль и рентабельность производства, незавершенное производство и размер оборотных средств.

3.2. Понятие об идеальном производственном процессе. Принципы его организации

Эффективность любого процесса в первую очередь зависит непосредственно от действий людей, их знаний, умений, навыков и отношения к труду. Но она может быть обеспечена только при условии, что сам процесс в пространстве и во времени будет организован по определенным правилам, осуществление которых гарантирует его бесперебойный, ритмичный ход в оптимальных для данных условий производства параметрах. Познавая законы природы и общества, человек, прежде всего мысленно проектирует идеальный процесс в виде модели, отражающей реальные закономерности. **Идеальный производственный процесс** – это продукт человеческой деятельности, результат преобразования им определенных прообразов, имеющих в реальном мире.

Поскольку производственный процесс является пространственно-временной категорией, идеальное его построение предполагает сведение к минимуму затрат пространства и времени на превращение исходных материалов в необходимую продукцию. Поэтому принципы организации идеального процесса становятся принципами (правилами) экономии времени и пространства при его проектировании.

1. Принцип партионности. Наибольшая производительность производственного процесса достигается при обработке предметов труда партиями

Любой процесс или его элементарная часть (операция) требует времени на подготовку рабочего места, наладку и настройку оборудования, инструмента и т.д. Это время называют **подготовительно-заключительным**. Кроме того, рабочему необходимо затратить определенное время, чтобы приноровиться к новой работе. Вследствие этого на изготовление первых экземпляров продукции затрачивается значительно больше времени, чем на последующие. Время, приходящееся на изготовление единицы продукции, тем меньше, чем большее количество одинаковых деталей последовательно обработано с однократной затратой подготовительно-заключительного времени, т.е. изготовление партиями (при большой величине партии это время будет приближаться к нулю).

2. Принцип специализации. Максимальная производительность процесса достигается при расчленении его на простые части (операции) и выпол-

нении каждой из них определенными рабочими или орудиями труда, т.е. при специализации.

Показателем уровня специализации процесса ($K_{с.п}$) может служить количество единиц оборудования, приходящихся на одну операцию, что выражается формулой (3.1).

$$K_{с.п} = \frac{m}{k_{оп}} \rightarrow 1, \quad (3.1)$$

где m – общее количество оборудования, с помощью которого выполняются операции;

$k_{оп}$ – общее количество операций в процессе.

При идеальной организации процесса показатель его специализации будет равен единице, т.е. на каждую операцию должна приходиться одна единица оборудования. Использование на одной операции нескольких единиц одинакового оборудования не является необходимым условием достижения высокой производительности процесса. И если это имеет место, то обусловлено внесистемными требованиями и свидетельствует либо о недостаточном расчленении процесса, либо о низкой производительности оборудования.

3. Принцип пропорциональности. Максимальная производительность совокупного производственного процесса достигается лишь при одинаковой производительности частичных процессов, т.е. при обеспечении их пропорциональности. Этот принцип можно выразить следующей формулой (3.2).

$$K_{проп} = \frac{\Pi_1}{\Pi_0} = \frac{\Pi_2}{\Pi_0} = \dots = \frac{\Pi_i}{\Pi_0} = \dots = \frac{\Pi_n}{\Pi_0} \rightarrow 1, \quad (3.2)$$

где $K_{проп}$ – коэффициент пропорциональности;

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i, \dots, \Pi_n$ – производительность частичных процессов (операций);

Π_0 – производительность совокупного процесса.

Из формулы (3.1) видно, что недостаточная производительность хотя бы на одной из множества операций процесса снижает производительность всего процесса до величины, равной Π_i .

В то же время, излишняя производительность частичного процесса не диктуется системными требованиями и свидетельствует о нерациональном использовании на данном участке производства материальных, технических и трудовых ресурсов, т.е. приводит к потерям.

4. Принцип ритмичности. Максимальная производительность процесса производства достигается лишь при его ритмичном ходе, обеспечивающем одинаковый выпуск продукции за любые одинаковые промежутки рабочего времени на любой стадии процесса. Это означает, что если в i -й отрезок време-

ни не будет обеспечен выпуск продукции в объеме $\Pi_{t_i, \text{факт}} = \Pi_{t_i, \text{расч}}$, то общий объем продукции, произведенной за какой-либо период времени, будет меньше потенциальной производительности за это же время, что выражается формулой (3.3).

$$\sum_{i=1}^n \Pi_{t_i, \text{факт}} < n \Pi_{t_i, \text{расч}}, \quad (3.3)$$

где n – общее количество отрезков времени, за которые определяется объемом выпуска продукции;

$\Pi_{t_i, \text{факт}}$ – фактическая производительность за i -й промежуток времени;

$\Pi_{t_i, \text{расч}}$ – расчетная (потенциальная) производительность за то же время.

Таким образом, принцип ритмичности можно записать следующим образом, что выражается формулами (3.4) или (3.5).

$$K_{\text{ритм}} = \frac{\Pi_{t_1, \text{факт}} + \Pi_{t_2, \text{факт}} + \dots + \Pi_{t_i, \text{факт}} + \dots + \Pi_{t_n, \text{факт}}}{\Pi_{t_1, \text{расч}} + \Pi_{t_2, \text{расч}} + \dots + \Pi_{t_i, \text{расч}} + \dots + \Pi_{t_n, \text{расч}}} \rightarrow 1, \quad (3.4)$$

или

$$K_{\text{ритм}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_{t_i, \text{факт}}}{n \Pi_{t_i, \text{расч}}} \rightarrow 1 \quad (3.5)$$

где $K_{\text{ритм}}$ – коэффициент ритмичности процесса.

5. Принцип непрерывности. Наименьшая продолжительность процесса производства достигается при полном устранении перерывов в выполнении отдельных его операций во времени.

Мерой **непрерывности процесса** может служить отношение затрат времени на непосредственную переработку исходных материалов в готовый продукт к времени нахождения его в производстве. В идеальном процессе это отношение стремится к единице, что выражается формулой (3.6).

$$K_{\text{инпр}} = \frac{\sum_{i=1}^{K_{\text{оп}}} t_i}{T_{\text{ц}}} \rightarrow 1 \quad (3.6)$$

где $K_{\text{инпр}}$ – коэффициент непрерывности;

$K_{\text{оп}}$ – количество операций частичных процессов;

t_i – длительность i -й операции;

$T_{\text{ц}}$ – фактическая длительность (цикл) изготовления единицы продукции.

Дальнейшее сокращение длительности процесса может быть достигнуто путем совершенствования организации выполнения его частей во времени.

6. Принцип параллельности. Наименьшая продолжительность производственного процесса достигается при выполнении частичных процессов или при изготовлении отдельных элементов изделия одновременно, т.е. параллельно.

Параллельность выражается в одновременной обработке: 1) либо разных частей изделия на всех стадиях процесса; 2) либо нескольких экземпляров одних и тех же частей на разных операциях процесса, благодаря чему в данный промежуток времени изготавливается больше готовых продуктов.

Мерой степени параллельности может служить коэффициент параллельности ($K_{\text{пар}}$), определяемый отношением времени параллельного выполнения частичных процессов к фактическому. Для первого случая, что выражается формулой (3.7):

$$K_{\text{пар}} = \frac{\max T}{T_{\text{ц}}} \rightarrow 1 \quad (3.7)$$

Для второго случая, что выражается формулой (3.8).

$$K_{\text{пар}} = \frac{(n-1)\max t_i + \sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} t_i}{T_{\text{ц}}} \rightarrow 1. \text{ --- ----} \quad (3.8)$$

где $\max t$ – время обработки (изготовления) наиболее трудоемкого предмета (части изделия);

$T_{\text{ц}}$ – фактическая длительность обработки (изготовления) данного предмета или партии их;

n – размер партии обработки;

$t_i \max t_i$ – время обработки данного предмета соответственно на 1-й и на наиболее длительной операции;

$k_{\text{оп}}$ – количество операций при обработке одинаковых предметов.

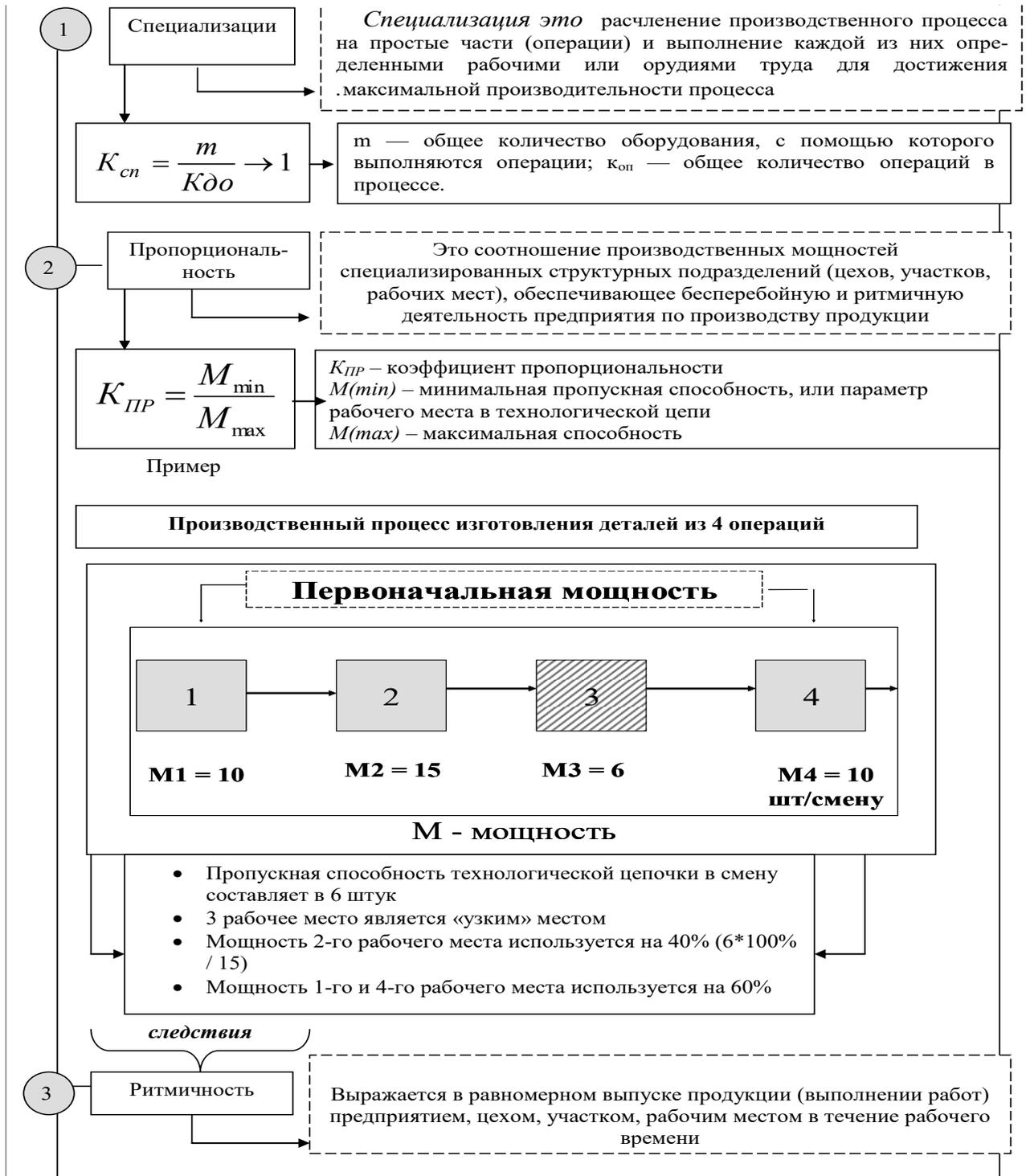
В идеальном процессе коэффициент параллельности равен единице.

7. Принцип прямоточности. Максимальное сокращение расстояний, времени и затрат на перемещение предметов труда в производстве, а также максимальная реализация принципов непрерывности и параллельности процессов достигается при расположении подразделений по выполнению частичных процессов в непосредственной близости друг от друга в порядке последовательности их выполнения, т.е. при организации прямоточности процесса.

Мерой прямоточности процесса может служить коэффициент прямоточности ($K_{\text{прт}}$), который выражается формулой (3.9) характеризующий отношение общего расстояния перемещения предметов труда между рабочими местами, расположенными друг за другом в порядке последовательности операций (S), к фактическому расстоянию перемещения ($S_{\text{факт}}$).

$$K_{\text{прт}} = \frac{S}{S_{\text{факт}}} \rightarrow 1. \quad (3.9)$$

В идеально организованном процессе этот коэффициент также равен единице. Принципы рациональной организации производства представлены на рис. 3.5.



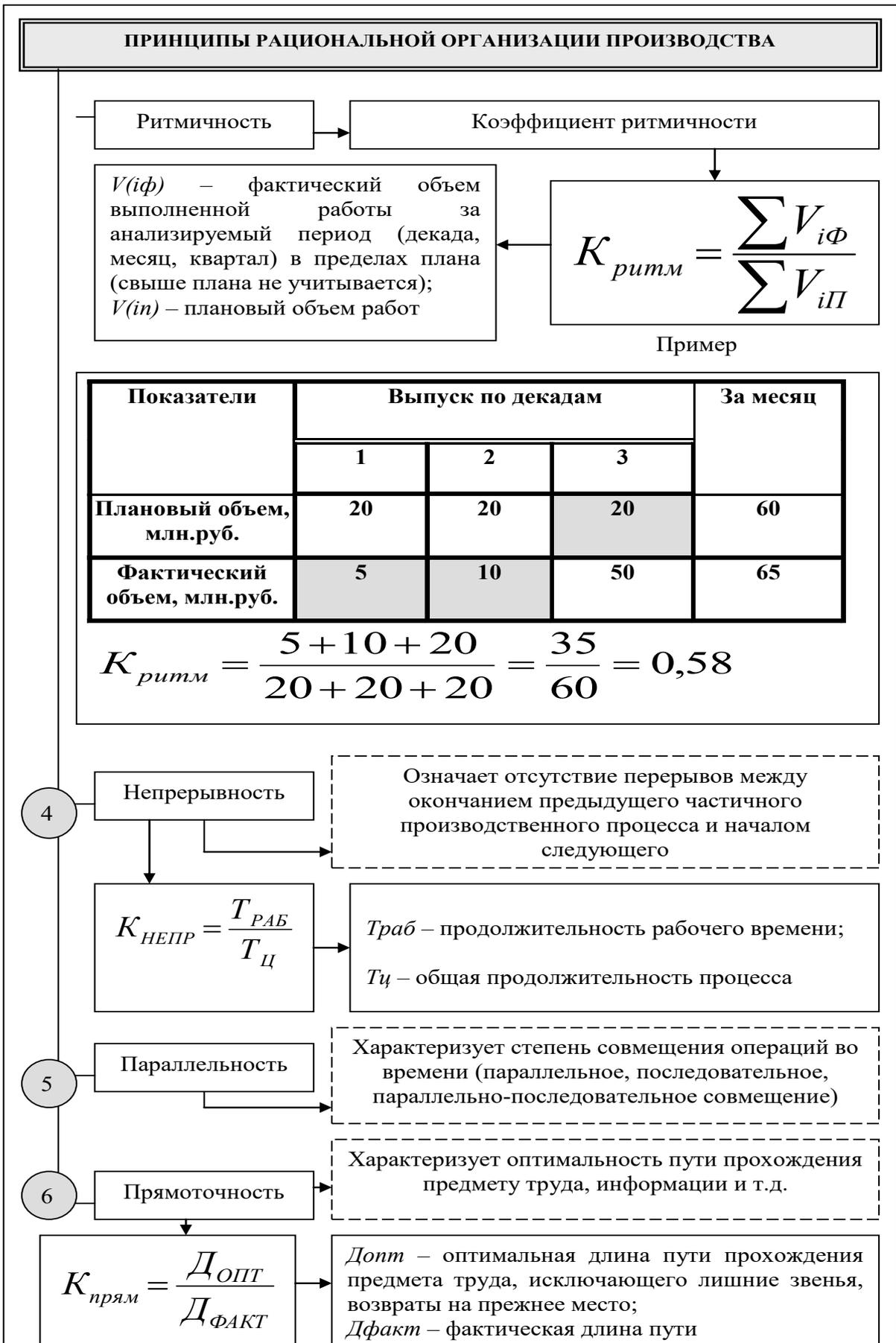


Рис. 3.5. Классификация производственных процессов

3.3. Формы организации производственных процессов

Производственный процесс имеет свои закономерности организации в пространстве и во времени, используя которые можно обеспечить наиболее эффективное его протекание, т.е. достижение поставленной цели с минимальными затратами ресурсов.

Концентрация как форма организации производственных процессов на предприятии выражается в сосредоточении выполняемых объемов работ в отдельных (одном) производственных подразделениях предприятия (в цехах, на участках). Она может осуществляться в трех основных формах:

1) **технологической** – заключается в сосредоточении технологически однородных работ в отдельных подразделениях;

2) **заводской** – увеличение предприятия как за счет технологической концентрации, т. е. роста размеров однородных производств, так и за счет увеличения количества производственных подразделений;

3) **организационно-хозяйственной** – создание из нескольких предприятий производственных объединений.

Специализация как форма организации производственных процессов выражается в сосредоточении производства различных продуктов и полуфабрикатов в производственных подразделениях, а также на отдельных рабочих местах. Она может быть предметной, полупродуктовой, технологической и функциональной.

Предметная специализация, которую для ряда производств рекомендуется называть продуктовой, предполагает выпуск на предприятии качественно и технологически однородной продукции.

Полупродуктовая специализация является разновидностью предметной формы. В этом случае на предприятии сосредотачивается производство однородных групп полуфабрикатов, из которых затем производят потребительские товары.

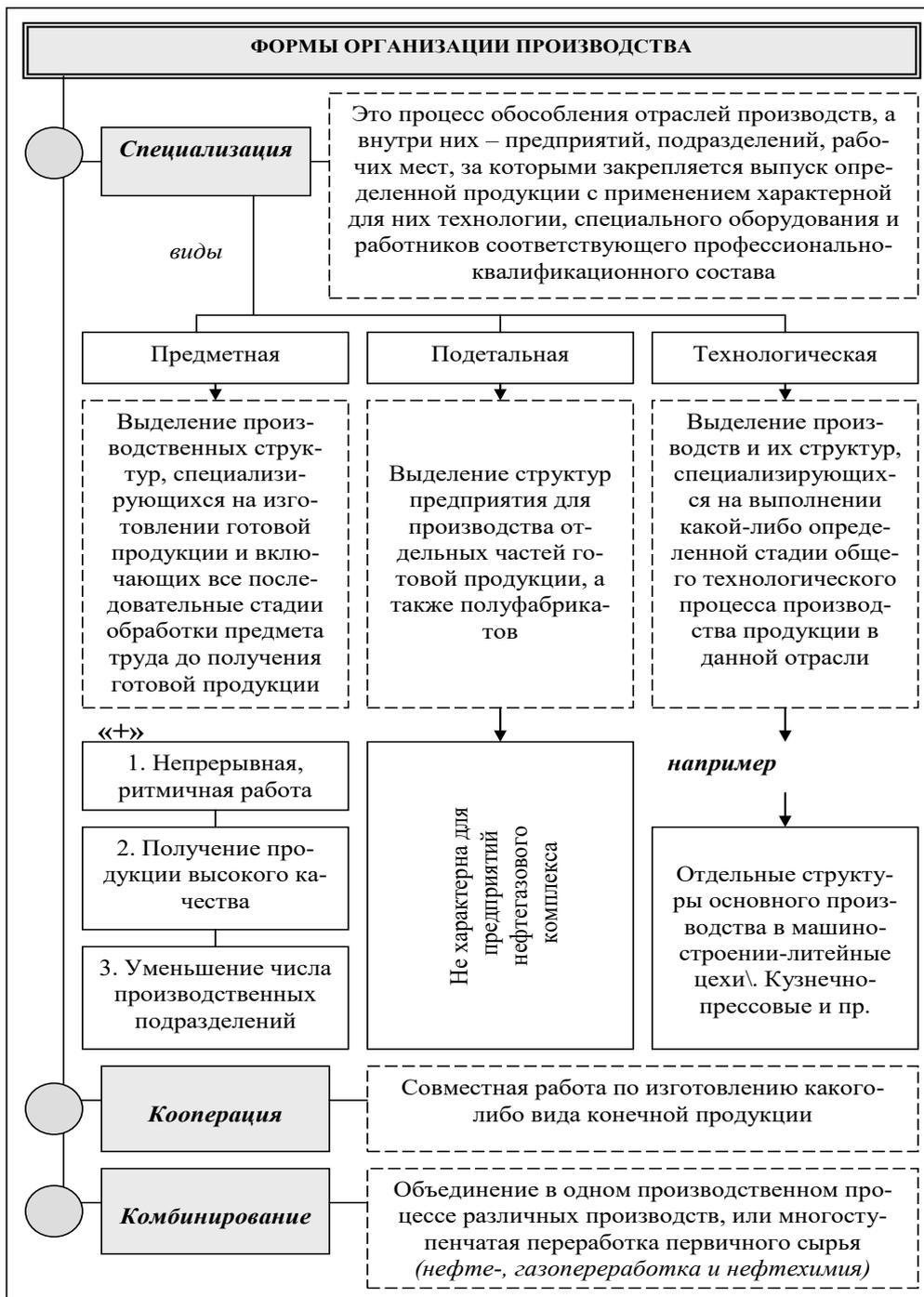
При **технологической специализации** предприятие либо цех (участок) выполняет определенную часть производственного процесса.

Функциональная специализация характеризуется сосредоточением в одном производственном подразделении определенных вспомогательных и обслуживающих работ. Использование функциональной специализации позволяет повысить качество и снизить затраты на выполнение этих работ, уменьшает простой оборудования и рабочих. Примером использования такой специализации являются ремонтно-механический, энергетический и другие цехи (участки).

Кооперирование как форма организации производственного процесса выражается в установлении длительных производственных связей между самостоятельными предприятиями или производственными подразделениями по изготовлению конечной продукции. В порядке кооперирования предприятия-смежники поставляют предприятиям-потребителям изделия или полуфабрикаты, необходимые им для выпуска продукции. Зачастую предприятия создают

замкнутые технологические цепочки производства, начиная от добычи сырья, его переработки и заканчивая выпуском потребительских товаров.

Комбинирование как форма организации производственного процесса предполагает соединение в рамках одного производственного подразделения производства различных видов изделий. Дополнительная предпосылка комбинирования заключается в повышении степени экономической эффективности, что связано с эффективностью размещения (близость к источникам сырья, энергии). Кроме того, выгодность комбинирования может быть обусловлена технологическими особенностями из-за нетранспортабельности отдельных полупродуктов и веществ. Формы организации производства представлены на рис. 3.6.



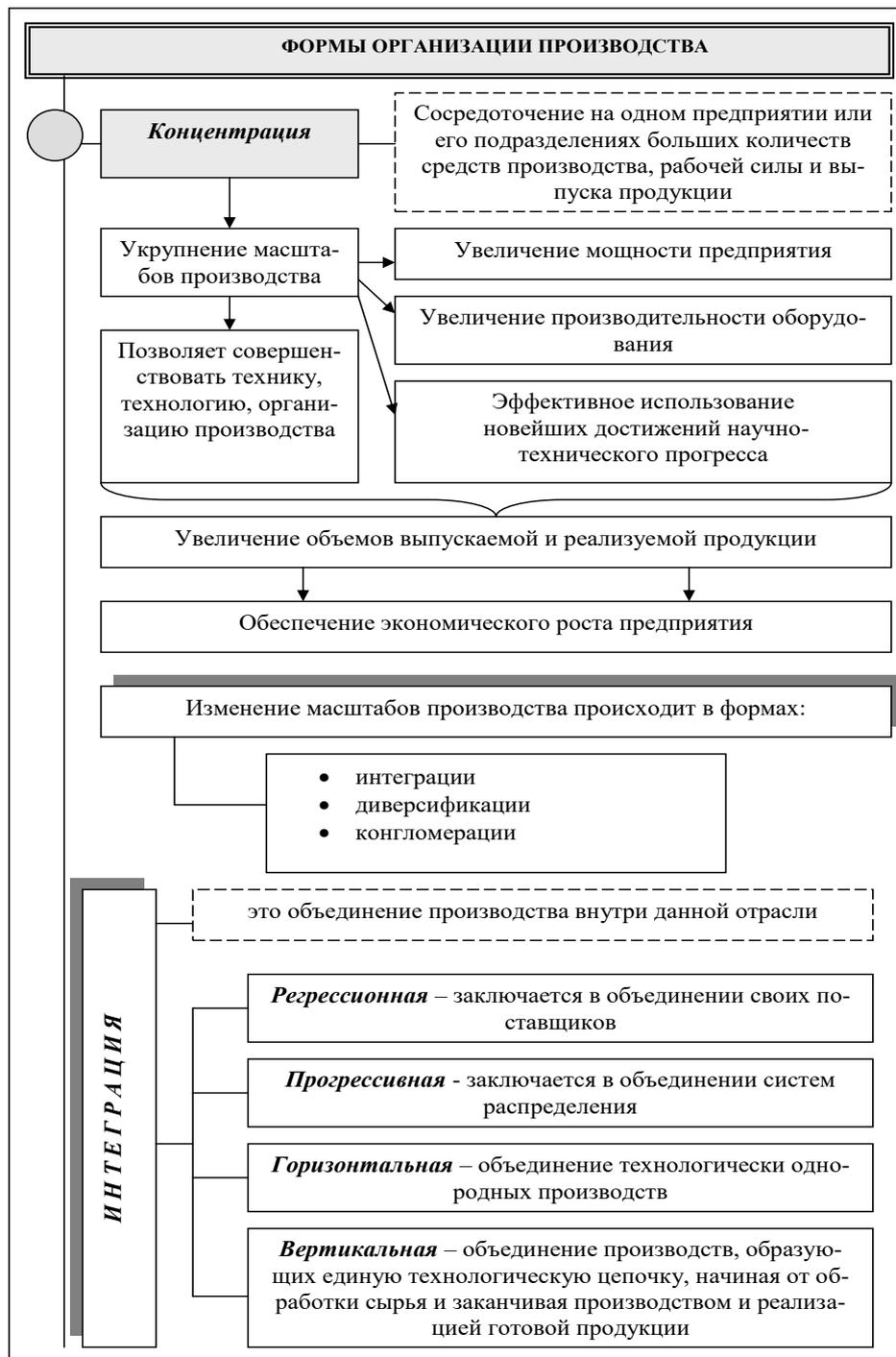


Рис. 3.6. Формы организации производства

3.4. Типы производства и их технико-экономическая характеристика

Характер применяемых на предприятии технологических процессов и оборудования, трудоемкость и стоимость выпускаемых машин в конечном счете зависят от типа производства.

Под **типом производства** следует понимать совокупность признаков, определяющих степень реализации основных принципов идеальной организации производственных процессов в пространстве и во времени.

Возможность реализации основных принципов организации идеального производства, т.е. обеспечение максимальной партионности, специализации, непрерывности, параллельности, прямоочности, а также наиболее рационального построения производственной структуры, зависит прежде всего от объемов выпуска одинаковых изделий на конкретном предприятии и длительности периода выпуска. В зависимости от объемов выпуска продукции, степени устойчивости номенклатуры выделяют **единичное, серийное и массовое производство**.

Основным показателем типа производства того или иного производственного подразделения является степень специализации рабочих мест, характеризуемая коэффициентом закрепления операций ($K_{з.о}$). Укрупненно этот коэффициент может быть определен по формуле (3.10).

$$K_{з.о} = k_{до}/m, \quad (3.10)$$

где $k_{до}$ – количество деталяеопераций, выполняемых в данном производственном подразделении в месяц;
 m – количество наименований единиц технологического оборудования, выполняющих эти операции.

По уровню специализации все рабочие места можно подразделить на три группы.

1. Рабочие места, постоянно загруженные обработкой одной и той же детали на одной или нескольких единицах одинакового оборудования, выполняющих одну и ту же операцию (такие рабочие места характерны для массового производства). В этом случае коэффициент закрепления операций будет равен единице или меньше ее.

Рабочие места, занятые выполнением закрепленных за ними нескольких операций над одинаковыми деталями или одной операции над деталями разного наименования в определенной последовательности (такие рабочие места характерны для серийного производства). В этом случае на единицу оборудования приходится значительное количество деталяеопераций. Поскольку в серийном производстве перестройка оборудования с операции на операцию или с детали на деталь может происходить ежедневно, значение коэффициента закрепления операций повышается по сравнению с массовым до 40. При этом в зависимости от значения $K_{з.о}$ различают крупно-, средне- и мелкосерийное производство. К крупносерийному относят производство, в котором коэффициент закрепления операций находится в пределах от 2 до 10, к среднесерийному – от 11 до 20 и к мелкосерийному – от 21 до 40.

Рабочие места, на которых выполняются различные операции над разнообразными деталями (такие рабочие места характерны для единичного производства). На каждой единице универсального оборудования выполняется большое число операций над одной деталью. Количество наименований деталей, обрабатываемых в течение смены, может достигать нескольких единиц. В ре-

зультате $K_{з.о}$ достигает большого значения. Принято считать, что для единичного производства $K_{з.о} > 40$. Показатель типа производства – коэффициент закрепления операций – позволяет проанализировать тип производства не только отдельного цеха, но и каждого участка и даже рабочего места.

Описание типов производства и их признаков представлено на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Типы организации производства

Подробная характеристика основных типов производства дана в табл. 3.2, из которой видно, что при переходе от единичного производства к серийному и массовому проявляются следующие закономерности:

- расширяются возможности для углубления специализации рабочих мест, что создает условия для внедрения более совершенных технологических процессов и механизации труда;
- возможно применение специализированного и специального оборудования и технологической оснастки, что обеспечивает высокие темпы роста производительности труда и снижение затрат на материалы;
- создаются предпосылки для перехода от технологической к предметной (более прогрессивной) производственной структуре цехов и участков;
- обеспечивается более высокий уровень непрерывности, параллельности и прямоочности производственного процесса.

Основные типы производства, их признаки и показатели

Тип производства	Основные признаки					
	Устойчивость номенклатуры	Разнообразие и повторяемость выпускаемых машин	Масштаб выпуска одинаковых машин в год	Примеры типов производства	Степень реализации основных принципов идеальной организации процессов	Характер экономических показателей
1	2	3	4	5	6	7
Единичное	Крайне неустойчива	1. Большое разнообразие типов машин, выпускаемых в небольших количествах 2. Неповторяемость или нерегулярная повторяемость выпуска машин данного наименования	Отдельными экземплярами или малыми сериями (от 2 до 10 шт.)	Заводы: 1. Крупных турбин и генераторов; 2. Тяжелого машиностроения по выпуску металлургического, горнообогатительного и химического оборудования; 3. Тяжелых станков и крупных гидрпрессов; 4. Автоматических линий	Низкая: 1. Узкая специализация рабочих мест отсутствует; 2. Применяется в основном гибкое и универсальное оборудование; 3. Производственная структура цехов и участков – технологическая; 4. Низкая степень параллельности, непрерывности, прямоточности процесса; 5. Преобладающий вид движения предметов труда – последовательный	1. Большая длительность производственного цикла 2. Большой удельный вес ручного труда 3. Наличие встречных и перекрещивающихся движений предметов труда 4. Высокая трудоемкость и себестоимость машин 5. Отношение затрат на зарплату к затратам на материалы 1:1 - 1:2

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	5	4	6	7
Серийное	Относительно устойчива в течение довольно короткого периода времени.	1. Относительно небольшое разнообразие типов машин, выпускаемых. 2. В значительных количествах. 3. Одновременный выпуск нескольких типов или чередование выпуска машин данного типа через определенный период.	1. Периодически повторяющимися сериями машин данного наименования (несколько десятков или сотен). 2. Чередующимися сериями более совершенных машин данного наименования.	Заводы: 1. Станкостроения (легких и средних станков). 2. Транспортного машиностроения (тепловозов, электровозов). 3. Самолетостроения; 4. Дорожного и строительного машиностроения (экскаваторов, бульдозеров и др.). 5. Тяжелых грузовых автомобилей.	Средняя: 1. Рабочие места специализированы на выполнении нескольких закрепленных операций. 2. Частичное применение специализированного оборудования, гибкие производственные системы. 3. Организация предметно-замкнутых участков в обрабатывающих и сборочных цехах. 4. Средняя степень параллельности, непрерывности и прямоотчности процесса. 5. Преобладающий вид движения предметов труда – последовательно-параллельный.	1. Длительность производственного цикла средняя. 2. Трудоемкость и себестоимость машин средняя. 3. Отношение затрат на зарплату к затратам на материалы 1:2 - 1:5
Массовое	Устойчива в течение длительного периода времени (8-10 лет)	1. Постоянно выпускаются машины одного наименования. 2. Одновременно выпускается несколько модификаций машин данного наименования, незначительно различающихся по своим параметрам (одного конструктивно-го ряда).	Выпуск машин данного наименования составляет сотни тысяч штук, а по мелким машинам и отдельным деталям – до миллионов штук	Заводы: 1. Универсальных легких тракторов. 2. Легких грузовых и легковых автомобилей. 3. Средних и мелких электродвигателей. 4. Комплектуемых изделий (двигателей, нормализованных узлов и деталей). 5. Стандартного инструмента.	Высокая: 1. Рабочие места в обрабатывающих и сборочных цехах специализированы на выполнении одной операции. 2. Производственная структура сборочных и обрабатывающих цехов – предметная, заготовительных – смешанная. 3. Широко применяются специальное оборудование и автоматические линии. 4. Высокая степень параллельности, непрерывности, прямоотчности процесса. 5. Преобладающий вид движения предметов труда – параллельный.	1. Малая длительность производственного цикла изготовления машин. 2. Низкая трудоемкость и себестоимость машин. 3. Отношение затрат на зарплату к затратам на материалы 1:5- 1:10.

Все это повышает производительность труда, использование основных фондов, снижает затраты на материалы и, как следствие, ведет к значительному снижению себестоимости. Сравнительная характеристика представлена в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Сравнительная характеристика типов производства

Признаки сравнения	Массовое производство	Серийное производство	Единичное производство
1. Номенклатура продукции	Ограниченность, постоянство	Ограниченное разнообразие, повторяемость	Большое разнообразие, отсутствие повторяемости
2. Объем выпуска однородной продукции	Большой, постоянный	Повторяющимися или неповторяющимися сериями (партиями) переменного или постоянного размера	В единичных экземплярах
3. Специализация рабочих мест	Узкая, за каждым рабочим местом закреплены 1-2 постоянных детали-операций	Широкая, за каждым рабочим местом закреплены 3-40 периодически повторяющихся операций	Отсутствует закрепление определенных операций за рабочим местом
4. Тип процессов	Постоянные	Повторяющиеся	Переменные
5. Технологическое оборудование и оснастка	Специальное	Специализированное, переналаживаемое	Уникальное
6. Элементы производственной структуры	Однопредметные непрерывно-поточные и прерывно-поточные линии, предметно-замкнутые участки	Многопредметные поточные линии без переналадки, предметно-групповые участки	Технологические участки
7. Формы организации производственных процессов	Параллельная	Параллельно-последовательная	Последовательная
8. Выпуск конечной продукции	Конечная продукция производится на основе прогнозов	Конечная продукция производится на основе частых краткосрочных прогнозов, объем выпуска постоянно уточняется путем запросов, что сводит к минимуму запасы продукции	Конечная продукция производится по заказам
9. Обслуживание рабочих мест	Строго регламентировано. Стабильно, используется централизованное обслуживание рабочих мест силами специализированных подразделений	Устойчиво, но сложно в организации, используется смешанная форма обслуживания рабочих мест, достаточно высокий уровень разделения труда по функциям обслуживания	Слабо регламентировано, нестабильно, используется децентрализованное обслуживание рабочих мест

Влияние типа производства на себестоимость и ее отдельные элементы показано на примере изготовления простой детали – ступенчатого валика (рис. 3.8).

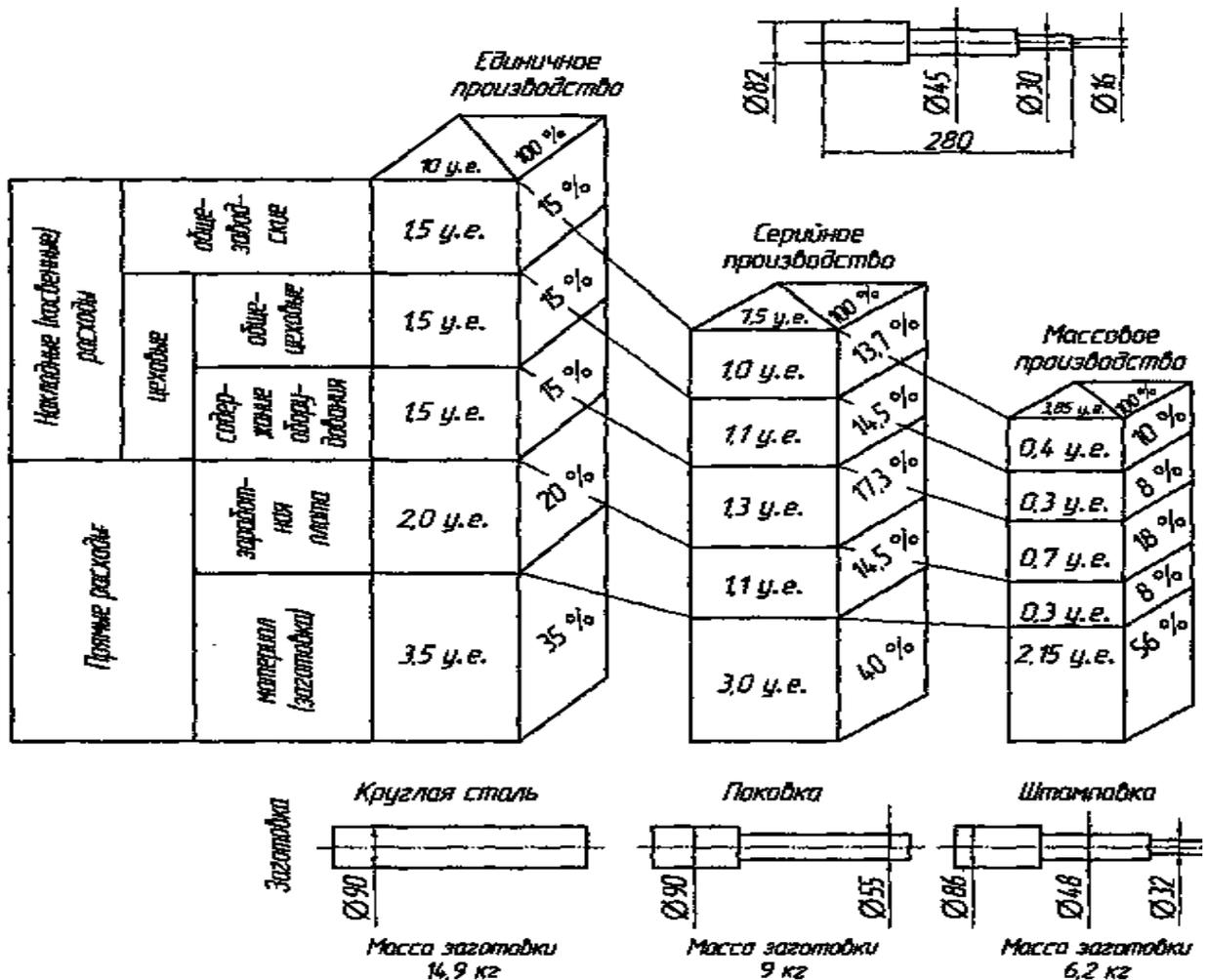


Рис. 3.8. Зависимость себестоимости ступенчатого валика от типа производства (деталь - ступенчатый валик массой 5 кг)

Из рисунка видно, что при переходе от единичного производства к массовому затраты на изготовление продукции снижаются почти в 3 раза. Поэтому изыскание возможностей для увеличения массовости производства в любом подразделении завода является условием повышения его эффективности. Это достигается за счет как технических, так и организационных решений.

Приведенная в табл. 3.2 классификация носит условный характер, поскольку конкретное предприятие относят к тому или иному типу, как правило, в зависимости от характера организации производственных процессов в сборочных цехах, выпускающих конечную продукцию. Фактически же в различных цехах имеет место сочетание разных типов производства. В связи с этим целесообразно рассмотреть структуру и типы процессов в основных цехах заводов разных типов производства.

На заводах **единичного производства** в обрабатывающих цехах большинство рабочих мест имеет самую разнообразную загрузку, поэтому производственные участки организуются по технологическому принципу, т.е. по видам оборудования и его размерным группам. Наряду с этим создаются предпосылки для выделения предметно-замкнутых участков, изготавливающих унифицированные детали (шестерни, валы, кольца, вкладыши, муфты и др.) и даже некоторые унифицированные узлы (редукторы, гидро- и электроприводы, силовые головки и т.д.).

В заготовительных цехах также преобладает единичный тип производства, в литейных цехах – индивидуальная формовка, а в кузнечных – свободнаяковка. Оборудование группируется по размерным или габаритным признакам. Выделяются участки крупного, среднего, мелкого литья различной номенклатуры и участки крупных, средних и мелких молотов.

Заводы серийного производства в одних случаях приближаются по уровню организации к массовому типу (при крупносерийном производстве машин), в других – к единичному (при выпуске машин малыми сериями).

В сборочных цехах, выпускающих изделия постоянно, в больших количествах, обычно организуется поточная сборка, при которой рабочие места специализированы на выполнении одной или нескольких технологически однородных сборочных операций. В цехах, где собирают одновременно несколько типов машин, организуются предметные участки по сборке машин каждого типа.

В обрабатывающих цехах большинство деталей изготавливают партиями, которые чередуются через определенный промежуток времени. За каждым участком закрепляется обработка группы однородных деталей. Это дает возможность в ряде случаев располагать оборудование по ходу технологического процесса, что позволяет применять последовательно-параллельное движение предметов труда. А благодаря этому повышается степень параллельности, непрерывности и прямоточности процесса.

Мелкие нормализованные детали (шпильки, болты, гайки, винты) изготавливают крупными партиями на специализированных участках, оснащенных высокопроизводительным оборудованием (револьверными станками, токарными автоматами и т.п.). Однако производство таких деталей на каждом заводе неэкономично. Более эффективно получение их со специализированных заводов, что связано с развитием поддетальной специализации.

Крупные базовые корпусные детали обычно трудоемки и загружают значительную часть оборудования, поэтому в ряде случаев целесообразна организация предметно-замкнутых участков для их обработки и предметных механо-сборочных цехов по изготовлению деталей и сборке отдельных сборочных единиц и агрегатов. Так, в самолетостроении организуются цехи шасси, крыльев, фюзеляжа и др.

В заготовительных цехах производство носит более мелкосерийный характер, чем в обрабатывающих, рабочие места менее специализированы, оборудование концентрируется, как правило, по технологическому признаку.

На **заводах массового производства** в обрабатывающих цехах (организованных обычно по предметному признаку, включая сборку узлов) крупные трудоемкие детали обрабатываются на поточных линиях и предметно-замкнутых участках, тогда как мелкие детали (крепеж, клапаны, толкатели, валики) изготавливаются по принципу серийного производства, что не позволяет полностью использовать экономические преимущества массового производства. Целесообразно получать такие детали со специализированных предприятий.

В заготовительных цехах преобладает серийный тип производства (средне- и крупносерийный). Возможности оборудования заготовительных цехов для получения заготовок той или иной детали намного превышают потребности данного завода в них. Так, например, производительность штамповочного агрегата нередко в 10–25 раз превышает производительность оборудования механического цеха.

Преобладание серийных методов в заготовительных цехах приводит к тому, что при переходе от единичного изготовления изделий к массовому доля заготовительных процессов в общей трудоемкости повышается в 2–3 раза, в результате чего снижается эффективность массового производства в целом. Одна из причин этого – большие потери времени на переналадку кузнечно-прессового оборудования и снижение его производительности при переходе с одного вида работы на другой.

Выделение заготовительных производств в самостоятельные, что также связано с развитием поддетальной и технологической специализации, обеспечивает полную загрузку оборудования, значительное снижение затрат на получение заготовок и изготовление машины в целом. Полное внедрение массового производства в заготовительные процессы позволяет снизить трудоемкость заготовок примерно на 40-50 %, общую трудоемкость изделий, выпускаемых в массовом масштабе, – на 15-20 %.

Методы организации производства представлены на рис. 3.9.



Рис. 3.9. Методы организации производства

ТЕМА 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В ПРОСТРАНСТВЕ И ВО ВРЕМЕНИ

- 4.1. Пространственные связи в производственном процессе.
- 4.2. Состав цехов и промышленных хозяйств. Генеральный план завода.
- 4.3. Принципы построения производственной структуры подразделений предприятия.
- 4.4. Организация производственного процесса во времени.

4.1. Пространственные связи в производственном процессе

Отдельные части и стадии совокупного производственного процесса на предприятии осуществляются в его пространственно обособленных подразделениях, каждое из которых выполняет определенные функции. Состав, взаимное расположение и формы взаимосвязей этих подразделений принято называть производственной структурой. В построении производственной структуры предприятия находят отражение такие принципы пространственной организации идеального процесса, как специализация, пропорциональность и прямоточность.

Основным структурным подразделением предприятия, выполняющим специализированные функции, является цех. Целостность предприятия как системы определяется теснотой связей ее элементов (цехов) друг с другом и с внешней средой. Чем больше каждое подразделение ориентировано на осуществление цели предприятия, тем более тесные связи устанавливаются между подразделениями и более слабые с внешней средой.

Функциональные связи структурного подразделения предприятия характеризуют степень производственной ориентации на решение конечной цели системы. Уровень функциональных связей может быть определен с помощью коэффициента замкнутости (ориентации) элемента, т.е. структурного подразделения предприятия на функциональный выход системы ($K_{з.вых}$), что выражается формулой (4.1).

$$K_{з.вых} = \frac{V_{\phi}}{\sum_{j=1}^n V_j + V_{\phi}}, \quad (4.1)$$

- где V_{ϕ} – значение функционального выхода элемента (цеха), определяемого функцией системы (предприятия);
 n – число побочных выходов элемента;
 V_j – значение j -го побочного выхода элемента, не связанного непосредственно с функцией системы.

Функциональная связь подразделения с предприятием в целом считается существенной, если $K_{з.вых} > 0,5$, т.е. внутренние связи сильнее внешних. При $K_{з.вых} = 1$ элемент полностью ориентирован на цели системы. Таким образом, чем больше функций выполняет каждое производственное подразделение для своего предприятия, тем теснее его системообразующие функциональные связи.

Числовое значение величин, входящих в формулу (4.1), выражают в различных единицах (штуки, тонны, рубли и др.). Например, если цех алюминиевого литья, выпускающий 2 тыс. т отливок в год, передает механическим цехам своего предприятия 800 т ($V_{\phi} = 800$), а на сторону отгружает 1200 т ($\sum_{j=1}^n V_j = 1200$), то $K_{з.вых} = 0,4$. Это означает, что данный цех ориентирован в большей степени на внешние функциональные связи и в меньшей – на внутренние.

Уровень функциональных связей элемента системы можно измерить не только по его выходу, но и по входу с помощью коэффициента замкнутости (ориентации) его на потребление внутренних ресурсов ($K_{з.вх}$) по формуле (4.2).

$$K_{з.вх} = \frac{\sum_{i=1}^m B_{вх\ i}}{\sum_{j=1}^n B_{вх\ j} + \sum_{i=1}^m B_{вх\ i}}, \quad (4.2)$$

где n, m – количество функциональных входов элемента соответственно от подразделений предприятия и от внешней среды;

$B_{вх\ i}$ – значение функционального входа подразделения, определяемого выходом i -го элемента системы (предприятия);

$B_{вх\ j}$ – значение j -го входа того же подразделения от элементов внешней среды.

Таким образом, чем больше данное подразделение потребляет материальных ресурсов, полученных от других подразделений предприятия, тем выше его замкнутость по входу.

Степень функциональной замкнутости структуры предприятия как системы характеризуется средневзвешенным коэффициентом $K_{ф.з}$, который определяется по формуле (4.3).

$$K_{ф.з} = \frac{\sum_{i=1}^{\Phi} K_{з.вых\ i} + \sum_{i=1}^{\Phi} B_{з.вых\ i}}{2\Phi - 1} \quad (4.3)$$

где Φ – число основных фаз (стадий, переделов, совокупных операций), необходимых для превращения сырья в готовый продукт.

Из формулы (4.2) видно, что наивысшую степень функциональной замкнутости будет иметь предприятие, на котором сосредоточено максимальное количество операций совокупного процесса.

Означает ли высокая степень функциональной замкнутости, что система имеет оптимальную структуру, т.е. все ее элементы совместимы? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо проанализировать синергические связи элементов (подразделений) предприятия, т.е. связи по реализации так называемого системного эффекта – эффекта, получаемого от совместных действий элементов, входящих в производственную систему. Этот эффект образуется за счет нижеследующего.

1. Приращение выхода системы над ее входом при взаимодействии элементов предприятия, включенных в его состав, при данном объеме использованных ресурсов. Такое приращение выхода особенно наглядно проявляется при комплексном использовании сырья для получения наряду с основной и других видов продукции. При комплексной переработке нефти кроме топлива и смазочных материалов дополнительно получают пластмассы, смолы, синтетический каучук, битумы и т.д. Комплексная переработка руд цветных металлов обеспечивает получение помимо основных металлов (например, меди) также ряда других (никель, цинк, молибден, редкие и драгоценные металлы), благодаря чему общий объем выпущенной продукции при том же объеме затраченного сырья увеличивается (в некоторых случаях на 80-100 %), а себестоимость ее снижается на 20-30 %. Схема образования такого эффекта приведена на рис. 4.1, а, где заштрихованная часть прямоугольника показывает размер синергического эффекта в виде приращения выхода ΔS , а незаштрихованная – расход исходных ресурсов R на получение продукции в объеме S без их комплексного использования.

2. Использование отходов производства для изготовления основной продукции. Пример такого синергического эффекта – использование отходящих газов, отходов металла, остаточного тепла в полуфабрикатах предыдущего передела и других отходов на металлургических предприятиях с полным циклом. Основной формой приращения в системах такого вида является уменьшение расхода ресурсов, благодаря чему достигается увеличение доходов предприятия. Схема образования синергического эффекта этого вида приведена на рис. 4.1, б, где заштрихованная часть показывает размер экономии ресурсов для выпуска продукции в объеме S , благодаря чему на то же ее количество потребляется основных ресурсов меньше на величину, равную $\sum_{i=1}^m \Delta R_{i_0}$, где m – число видов ресурсов, используемых вторично.

3. Размещение структурных подразделений, выполняющих отдельные стадии процесса, на одном предприятии, благодаря чему снижаются затраты на

перемещение предметов от одной стадии к другой. Схема образования такого эффекта приведена на рис. 4.1, в, где заштрихованная часть показывает экономию ресурсов во вспомогательных подразделениях предприятия.

4. Обеспечение большей непрерывности процесса при переходе от одной стадии к другой. Это особенно важно при получении продукта, процесс производства которого допускает возможность перерывов между отдельными операциями. Системный эффект от сокращения перерывов достигается за счет уменьшения финансовых ресурсов, необходимых для создания производственных запасов. В этом случае непрерывность выступает непосредственно как производительная сила.

5. Уменьшение трудовых и финансовых затрат на управление и обслуживание производства за счет совмещения и упрощения многих функций, присущих самостоятельным предприятиям.

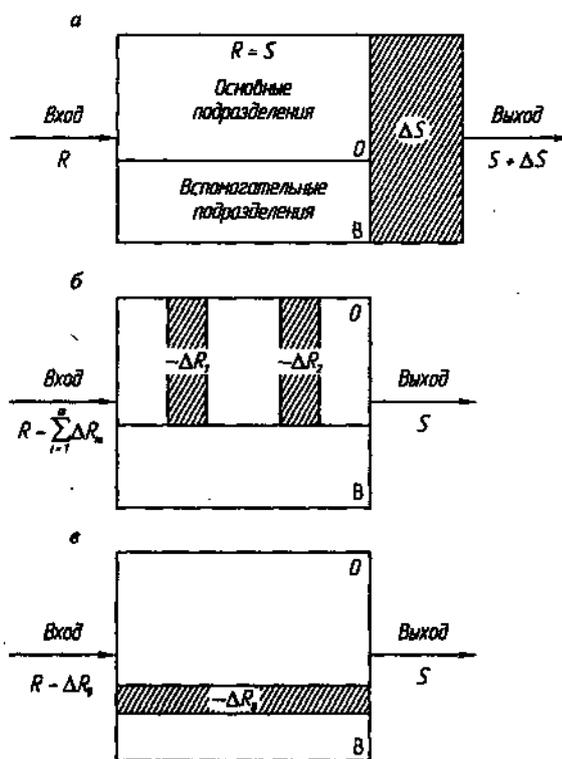


Рис. 4.1. Схемы образования синергического эффекта при объединении разнородных элементов в одной производственной системе: а – при приращении входа над выходом; б, в – при обеспечении экономии ресурсов соответственно в основных (O) и вспомогательных (B) подразделениях

Синергический эффект может быть отрицательным, т.е. с увеличением количества производственных подразделений в составе предприятия объем потребляемых ресурсов не уменьшается, а увеличивается. Это происходит в том случае, если на предприятии концентрируются подразделения, которые не могут функционировать в его составе в оптимальных параметрах из-за малых объемов производства, низкого уровня специализации. Такое положение

характерно для предприятий, выпускающих сложную продукцию, которая состоит из множества разно-предметных, разноресурсных, разномерных частей, и нередко каждая из стадий получения готового изделия обеспечивает системный эффект лишь при условии, что они будут сосредоточены в специализированных системах. Это относится прежде всего к машиностроению, где в состав предприятий включаются подразделения заготовительного, а в ряде случаев – и обрабатывающего производства, функционирующие в неоптимальных масштабах (кузнечных, литейных и других цехов). Например, в Беларуси почти все машиностроительные предприятия имеют в своем составе литейные и кузнечные цехи, тогда как в наиболее развитых странах такие цехи имеет только один из десяти крупных заводов, а остальные получают отливки и поковки от специализированных заготовительных предприятий.

Перерасход ресурсов (отрицательный синергический эффект) наблюдается и в том случае, если в состав основных цехов предприятия включаются некоторые обрабатывающие малоспециализированные подразделения. Это особенно касается частей и деталей машин, которые используются не только в производстве, но и в эксплуатации, т.е. относятся к категории запасных частей, а также массовых стандартных деталей, прежде всего крепежных метизов, которые обходятся в 5-6 раз дороже, чем при специализированном производстве.

Значительный перерасход ресурсов имеет место и в случае, если в состав предприятия включаются подразделения, выпускающие вспомогательную продукцию, которая выпускается также специализированными отраслями (инструмент, запасные части для ремонта оборудования и т.д.).

Итак, анализ синергических связей показывает, что включение в состав производственных систем максимального количества функционально совместимых элементов во многих случаях не только не обеспечивает экономию ресурсов (превышение выхода над входом), но и ведет к крупным потерям (превышение входа над выходом). Поэтому совместимыми элементами производственной системы являются те элементы, которые имеют не только функциональную, но и синергическую связь друг с другом, т.е. непосредственно участвуют в производственном процессе и в реализации системного эффекта, обеспечивая функционирование системы в оптимальных параметрах. Другими словами, при построении оптимальной структуры предприятия в его состав следует включать только подразделения, обеспечивающие экономию ресурсов.

Если обозначить объем ресурсов, необходимых для выпуска продукции в условиях минимальной функциональной замкнутости системы (при функционировании подразделений вне системы), через S , то условие включения в состав предприятия конкретного элемента будет иметь вид, что выражается формулой (4.4).

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} \leq S; \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} \leq S + \Delta S, \quad (4.4)$$

где n – количество видов ресурсов; m – количество структурных элементов, включенных в систему;

R_{ij} – расход ресурса i -го вида в j -м элементе системы;

ΔS – прирост продукции в результате системного использования ресурсов.

Таким образом, от правильного построения производственной структуры зависит объем расходуемых ресурсов на выпуск необходимой продукции. При этом решающее влияние оказывают функциональные и синергические пространственные связи.

4.2. Состав цехов и промышленных хозяйств. Генеральный план завода

Состав цехов завода обусловлен структурой производственного процесса. Для промышленных предприятий характерно наличие **основных и вспомогательных цехов и промышленных хозяйств**.

К основным цехам относятся заготовительные, обрабатывающие и сборочные.

В заготовительных цехах происходит формоизменение исходных предметов труда (сырья, материалов) и превращение их в полуфабрикаты.

В обрабатывающих цехах осуществляется изменение форм, размеров, внутренних свойств полуфабрикатов и превращение их в готовые элементы машины (детали). К ним относятся механические, холодной штамповки, термические, химико-термические и деревообделочные цехи.

Цехи, в которых происходит изменение местоположения отдельных деталей относительно друг друга и соединение их в готовое изделие или отдельную сборочную единицу, а также выполняются операции по испытанию и окончательной отделке готового продукта, являются сборочными.

Эти определения цехов имеют в ряде случаев условный характер. Так, сварочный цех в зависимости от роли, которую он играет в процессе, может относиться к заготовительным, обрабатывающим или сборочным цехам. Если сварка применяется для получения отдельных сложных заготовок, которые могут быть получены методом резки иликовки, то сборочный цех относится к заготовительным. В случае, когда сваркой изготавливают детали, идущие непосредственно на сборку, цех выполняет функции обрабатывающего. И наконец, если сварка используется для получения неразъемных соединений при сборке узлов (например, рам) или машин, то сварочный цех должен быть отнесен к сборочным.

На заводах, выпускающих однородные машины в больших количествах, имеет место так называемая предметная специализация цехов, в которых

нередко объединяются две фазы: изготовление деталей отдельного узла или агрегата и его сборка. Такие цехи называют механосборочными и относят к сборочным. Они входят в состав машиностроительных заводов, выпускающих крупные машины различной номенклатуры. Там обычно производится обработка базовых деталей (например, вала ротора турбогенератора), а также общая сборка машин и агрегатов.

К вспомогательным цехам относятся те, в которых получают вспомогательную продукцию, являющуюся основной для специализированных отраслей промышленности (инструментальные, модельные, ремонтные, экспериментальные, тарные, паросиловые цехи или теплоэлектроцентрали) .

Обслуживающие цехи предназначены для оказания услуг промышленного характера как основным, так и вспомогательным цехам (перемещение предметов труда, распределение энергии, проведение анализов и др.). Сюда относятся цехи транспортные, энергоснабжения, газоснабжения, заводские лаборатории.

В состав завода включается также складское хозяйство. Задача складского хозяйства – прием, хранение товароматериальных ценностей и бесперебойное снабжение ими производственных цехов и участков. Начальную стадию выполняют снабженческие склады, получающие со стороны все предметы и средства труда. Между цехами, а в некоторых случаях и между производственными участками, организуется система производственных межцеховых и промежуточных складов. На них детали и узлы, изготовленные в цехе или на участке, хранятся до передачи их на дальнейшую обработку или сборку. Кроме того, на производственных складах нередко комплектуются группы деталей перед подачей их на сборку. Система складского оборота заканчивается складом готовой продукции, где продукцию, полученную от цехов-изготовителей, упаковывают и отгружают потребителям.

Цехи и хозяйства располагаются на территории завода согласно генеральному плану, разрабатываемому при проектировании завода.

Под генеральным планом завода понимается графическое изображение его территории со всеми зданиями, сооружениями, коммуникациями, путями сообщения, привязанными к определенной местности.

Компоновка, т.е. взаимное расположение цехов и хозяйств, зависит от многих факторов: состава и размера цехов, уровня специализации и кооперирования, рельефа и конфигурации строительной площадки, связей завода с основными транспортными магистралями и энергетическими коммуникациями и др. Однако при прочих равных условиях компоновка цехов производится с учетом нижеследующих основных требований.

1. Максимальное обеспечение прямоточности предметов труда при перемещении их из цеха в цех. Наилучшим образом это требование реализуется при размещении цехов согласно последовательности выполнения технологического процесса (заготовительные – обрабатывающие – сборочные). Склады сырья и материалов располагаются со стороны ввоза грузов в

непосредственной близости от заготовительных цехов, склады готовой продукции – возле сборочных цехов, со стороны вывоза.

2. Перемещение грузов преимущественно технологическим транспортом, по возможности непрерывным, что обеспечивает значительное снижение издержек на перемещение предметов труда (стоимость транспортировки технологическим транспортом намного ниже, чем транспортом общего пользования).

3. Сокращение протяженности энергетических коммуникаций (электросетей, паро-, водо- и газопроводов). Они укладываются в общих тоннелях и подземных проходах и должны быть легкодоступны для ухода. Это обеспечивает значительное сокращение потерь энергоносителей и экономию средств на сооружение, содержание, уход и ремонт коммуникаций.

4. Выделение в особые группы цехов с однородным характером производства и одинаковыми санитарно-гигиеническими условиями. Создание отдельных зон энергетических, горячих, холодных цехов и общезаводских служб, что позволяет улучшить санитарно-гигиенические условия.

5. Учет направления господствующих ветров. Цехи с вредными выделениями (пара, пыли, газа, сажи) в атмосферу или группы таких цехов необходимо располагать с подветренной стороны. Это позволяет оздоровить атмосферу на территории завода и в цехах и имеет большое значение для сохранности оборудования и повышения точности обработки в механических цехах.

6. Учет характера технологических процессов в цехах, расположенных рядом. Так, работа мощных кузнечных молотов сопровождается сильными сотрясениями и колебаниями почвы, поэтому такие цехи должны быть удалены от цехов и участков, для которых такие сотрясения недопустимы (инструментальные, механические цехи и отделения с особо точным оборудованием, формовочные отделения «всухую» и т.д.).

7. Учет рельефа местности, состояния грунтовых вод, расположения жилья, железнодорожных и морских путей, речных пристаней и т.п.

Кроме того, пути следования рабочих на работу и с работы не должны пересекать путей сообщения, коммуникаций и цехов. Достигнуть этого можно с помощью эстакад, переходных мостов и подземных переходов, которые имеют преимущества перед наземными путями и могут быть использованы для прокладки коммуникаций и подземных путей сообщения.

Показателями эффективности компоновки являются:

1. Площадь территории завода.
2. Количество и площадь зданий и сооружений.
3. Протяженность транспортных и инженерных коммуникаций.
4. Процент застройки территории.

Чем меньше эти величины (при прочих равных условиях) в расчете на единицу продукции, тем удачнее компоновка. Кроме того, к важным показателям относятся: обеспечение нормальных санитарно-гигиенических и

производственных условий; наличие резервной площади для дальнейшего расширения предприятия и отдельных его объектов; эстетичность архитектуры корпусов и служебных помещений.

Отдельные из указанных выше требований находятся в некотором противоречии друг с другом. Так, прямоочность перемещения предметов на территории предприятия наилучшим образом достигается при размещении подразделений предприятия в одну линию, но это значительно увеличивает площадь территории предприятия и протяженность его коммуникаций. Поэтому при построении структуры в пространстве приходится принимать компромиссные решения, обеспечивающие экономию пространства и улучшение санитарно-гигиенических условий труда (рис. 4.2).

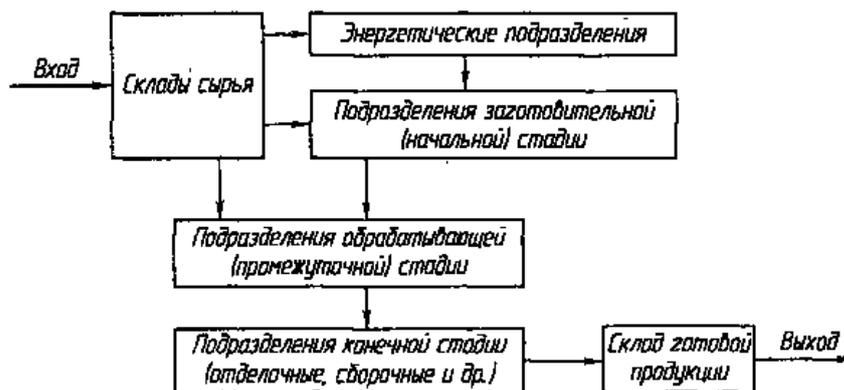


Рис. 4.2. Вариант компромиссного размещения подразделений предприятия

Весьма эффективным направлением совершенствования компоновки генерального плана машиностроительного завода является блокировка цехов, т.е. расположение их в одном здании.

На рис. 4.3 приведены два варианта решения генерального плана одного и того же завода: до и после блокировки подразделений. Блокировка подразделений обеспечивает уменьшение общего числа зданий, унификацию их конструкций, уменьшение протяженности путей сообщения, площади инженерных сооружений, территории.

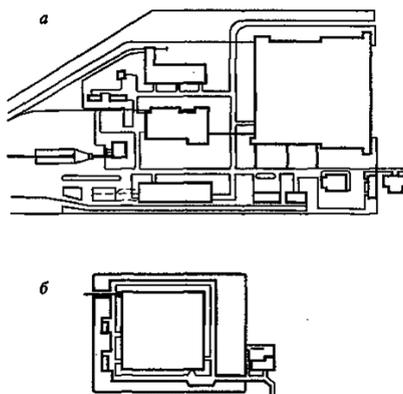


Рис. 4.3. Варианты компоновки генерального плана машиностроительного завода:

а - первоначальное решение; б - после блокировки цехов

В табл. 4.1 даны общие показатели различных решений генерального плана завода. Из приведенных данных видна высокая эффективность планировки завода по варианту II, обеспечивающей значительное улучшение всех показателей и снижение затрат на строительство на 10 %. Вместе с тем уменьшение территории, протяженности коммуникаций, почти полная ликвидация железнодорожных перевозок на территории завода обеспечивают значительное снижение текущих издержек.

Таблица 4.1.

Технико-экономические показатели сооружения завода при различных вариантах решения генерального плана

Показатель	При обычном решении (вариант I)	При блокировке цехов (вариант II)	В процентах к варианту I
Количество зданий, шт.	19	3	16
Площадь территории завода, га	14,2	5,1	36
Площадь застройки, га	4,76	3,45	72,5
Коэффициент застройки территории	0,34	0,68	200
Протяженность железнодорожных путей, км	2,46	0,05	2
Автомобильные дороги и площадки, тыс. м ²	12,0	6,7	55,9
Протяженность инженерных коммуникаций, км	3,95	1,9	48
Сметная стоимость строительства (включая оборудование и прочие затраты), %	100	90	90

4.3. Принципы построения производственной структуры подразделений предприятия

В зависимости от характера выполняемых операций и степени готовности продуктов труда основные структурные элементы предприятия (цехи) могут быть сформированы по двум основным признакам: **технологическому** (традиционному) и **предметному** (системному).

При технологическом построении в каждом цехе концентрируется однородное оборудование, предназначенное для выполнения только однотипных операций по обработке предмета труда таким образом, чтобы из цеха он выходил в виде полуфабриката, который должен пройти одну или несколько стадий обработки в других цехах, прежде чем станет частичным либо готовым продуктом.

Предметное построение предполагает концентрацию в цехе разнородного оборудования, предназначенного для выполнения всех операций по получению частичного или готового продукта.

Форма специализации определяет способ перемещения предметов в производственном процессе. На предприятиях, где несложная однородная продукция изготавливается путем последовательной переработки одинакового исходного сырья, технологическая специализация структурных элементов и последовательное их размещение на территории предприятия обеспечивают прямоточное перемещение предметов в производственном процессе. В таком производстве продукция (за исключением отходов) не возвращается из последующего передела в предыдущий, чтобы завершить операции обработки. Это обеспечивает максимальную совместимость технологической специализации с прямоточным перемещением предметов. Таким образом, соблюдение технологического принципа специализации в производственных системах этого типа минимизирует издержки на перемещение предметов труда, т.е. обеспечивает дополнительный системный эффект, усиливая тем самым не только функциональные, но и синергические связи.

В производственных системах, где изготавливается сложная продукция, состоящая из множества частичных продуктов, при изготовлении каждого из этих частичных продуктов однородные операции неоднократно повторяются и перекрещиваются. Технологическая специализация структурных элементов порождает возвратные и перекрестные перемещения предметов в ходе их обработки, что ведет к увеличению расстояний транспортировки и нарушению непрерывности процесса. Другими словами, технологическая специализация в этом случае оказывается несовместимой с прямоточным способом перемещения (рис. 4.4).

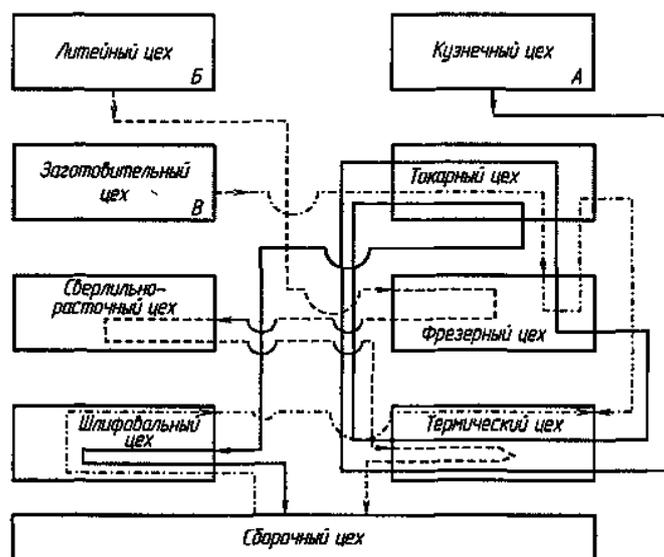


Рис. 4.4. Схема перемещения деталей по цехам, организованному согласно технологическому принципу: А – вал (кузнечный–термический–токарно-фрезерный–термический–токарный–шлифовальный–сборочный); Б – кронштейн (литейный–фрезерный–расточной–термический–сборочный); В – шестерня (заготовительный токарный–фрезерный–токарный–термический–шлифовальный–сборочный)

Требование совместимости прямоточного перемещения, обеспечивающего получение синергического эффекта, с формой специализации при изготовлении сложных изделий обуславливает необходимость перехода к предметному построению структуры подразделений предприятия, в которых процесс изготовления отдельных элементов продукции строится по замкнутому циклу (в каждом из них концентрируются все оборудование и кадры, необходимые для выполнения всех операций). В этом случае на предприятии организуются цехи по изготовлению групп конструктивно и технологически однородных частичных предметов.

Организация обрабатывающих цехов по признаку сходства позволяет обеспечить совместимость предметной формы специализации и прямоточного перемещения. Однако наибольшая совместимость их достигается при сосредоточении в специализированных подразделениях нескольких стадий производственного процесса. Это возможно только на основе предметной специализации не по сходству частичных продуктов (деталей), а по их функциональному назначению, по их вхождению в качестве части определенного структурного элемента в готовый продукт, в котором он выполняет определенные функции (например, по изготовлению узла или агрегата машины, т.е. при еще большем разнообразии операций и ресурсов, сосредоточенных в одном подразделении). Однако такое решение требует частой повторяемости работ при стабильности процесса и строгой пропорциональности оборудования по всему циклу производства (рис. 4.5).

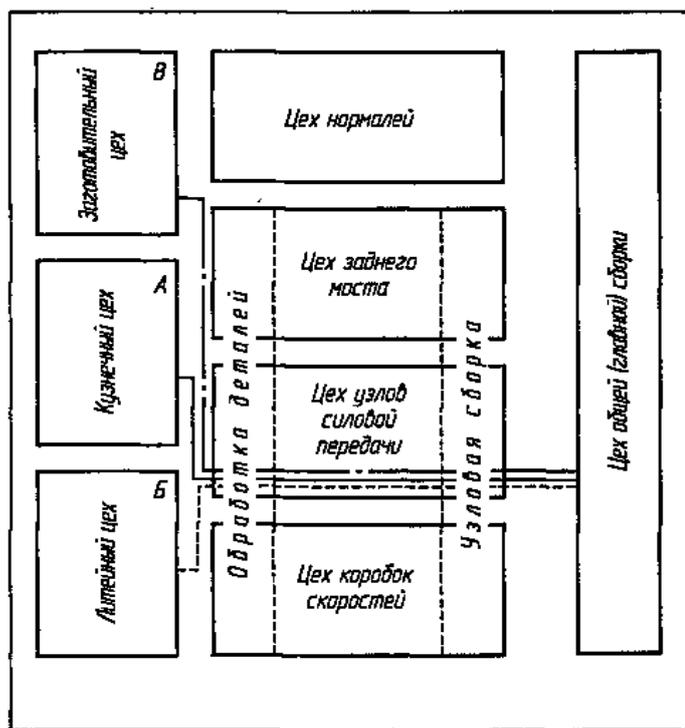


Рис. 4.5. Схема прохождения деталей А, Б, В по цехам, организованном согласно предметному признаку

На машиностроительных предприятиях технологическая структура участков эффективна в заготовительных цехах, где каждый участок выполняет определенные операции в строгой последовательности вплоть до получения заготовки (отливки, поковки, штамповки и др.). Поэтому расположение таких участков (например, в литейном цехе) в порядке последовательности операций обеспечивает и прямоточное движение предметов (землеприготовление – формовка – заливка – выбивка – очистка отливок).

В цехах механической обработки, где состав и последовательность операций для каждой детали различны, обеспечить прямоточность процесса при технологической структуре участков (рис. 4.6, а) не представляется возможным. Поэтому основная масса обрабатываемых предметов многократно перемещается с участка на участок.

Внутренние функциональные связи, т.е. замкнутость подэлементов (рабочих мест) друг на друга, на технологически специализированных участках обрабатывающих цехов ничтожны (практически каждый из них ориентирован только на внешние по отношению к участкам связи), что выражается формулой (4.5).

$$K_{з,р1} \rightarrow 1; K_{з,р2} \rightarrow 0, \quad (4.5)$$

где $K_{з,р1}$ – коэффициент замкнутости рабочего места на внешний выход участка;

$K_{з,р2}$ – коэффициент функциональной замкнутости рабочего места на функциональный выход других рабочих мест участка.

При предметном построении участки для обеспечения прямооточности процесса располагают в порядке выполнения операций (рис. 4.6, б). Для таких участков в отличие от технологических $K_{з.р.1} \rightarrow 0$; $K_{з.р.2} \rightarrow 1$.

Другими словами, каждый из участков, организованных по предметному признаку, ориентирован в основном на выход цеха и в незначительной степени на выход других участков. В то же время внутренние функциональные связи их подэлементов (рабочих участков) наиболее тесны, т.е. $K_{з.р.1} \rightarrow 1$; $K_{з.р.2} \rightarrow 0$. Это означает, что каждое рабочее место такого участка функционально связано непосредственно с другими рабочими местами, которые так или иначе определяют его функционирование в заданных параметрах. При этом характерно, что первое рабочее место связано с внешней средой на входе, а последнее – на выходе (рис. 4.6, б).

Участки цеха различаются и характером связей управления и развития – наиболее очевидных признаков системных связей. При технологической структуре участков управление ими в масштабе цеха усложняется, увеличивается объем работ по управлению, так как необходима разветвленная сеть прямых и обратных связей по каждой из операций процесса обработки каждого предмета, поскольку с каждого участка выходят, как правило, не готовые детали, а заготовки для дальнейшей обработки. При предметной же структуре для организации управления достаточно иметь связи только на входе и выходе участка. В этом случае межоперационные связи управления замыкаются внутренними отношениями рабочих мест.

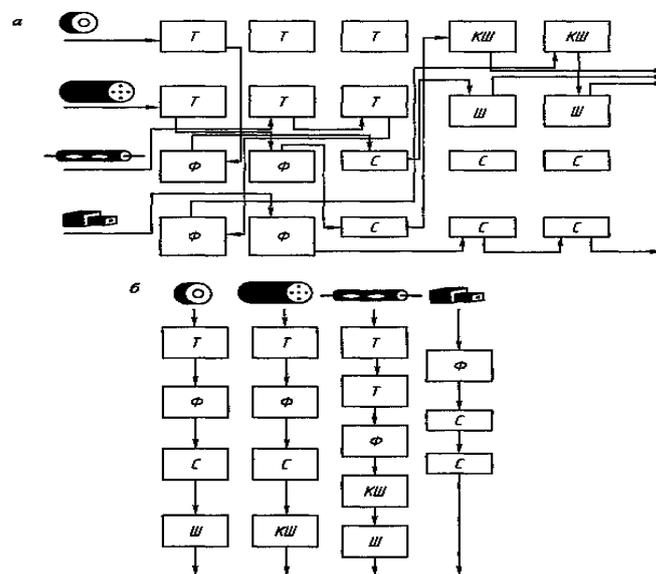


Рис. 4.6. Планировка оборудования на участке при изготовлении группы деталей:
 а – при технологической структуре; б – при предметной структуре; Т – токарные станки;
 Ф – фрезерные; С – сверлильные; Ш – шлифовальные; КШ – круглошлифовальные

4.4. Организация производственного процесса во времени

Процесс производства организуется во времени через временные связи.

Временные связи – это отрезки (или моменты) времени, в течение которых» проходят отдельные стадии совокупного или частичного процесса либо фиксируются его промежуточные или конечные результаты – события. Временные отношения между элементами процесса связаны с пространственными. Пространственное расположение объектов в определенной последовательности предполагает, что операции процесса во времени должны выполняться в такой же последовательности. Системные свойства временных связей проявляются в том, что эти связи соединяют вещественно-трудовые элементы процесса в пространстве и во времени таким образом, что все подразделения предприятия функционируют так, чтобы обеспечить изготовление конечного продукта в заранее обусловленный момент. В этом случае время выступает как непосредственная производительная сила.

Все виды связей объектов предприятия во времени обеспечивают его работу в запроектованных параметрах и осуществляются через материальные, энергетические и информационные потоки между элементами системы.

Нарушения потоков любого вида (материальных, информационных) во времени выводят систему из равновесия (уменьшается запланированный объем выпуска продукции, происходит перерасход материальных и трудовых ресурсов и т.п.), причем это относится не только к функциональным временным связям, но и к связям развития, управления и др.

Совокупный процесс может быть устойчивым, т.е. проходить без потерь из-за нарушения временных связей, только в том случае, если время выхода (окончания частичного процесса) в предыдущем объекте согласуется с временем входа (начала процесса) в последующем. Другими словами, работа всех элементов системы (производств, цехов, участков, рабочих мест) как на входе, так и на выходе их должна быть согласована во времени.

Временные связи в производственном процессе выступают прежде всего в виде календарного периода, в течение которого осуществляется преобразование ресурсов в продукцию (изготовление единицы продукции). Этот период называют **временем производства (длительностью производственного цикла)**. Данное понятие относится как к готовому продукту, так и к отдельным его частям.

Время производства состоит из двух основных периодов – рабочего и естественного. **Рабочий период** – это время, в течение которого преобразование материальных ресурсов в готовый (конечный или частичный) продукт осуществляется в результате технических, энергетических и трудовых процессов. Во время **естественных процессов** преобразование материальных ресурсов происходит под воздействием сил природы (старение, сушка, остывание и др.).

Время производства оказывает большое влияние на эффективность производства, поскольку с его увеличением возрастает сумма средств, связанных в производственном процессе. Поэтому предприятие заинтересовано в сокращении времени производства.

В любом производственном процессе время носит двойственный характер. С одной стороны, оно выступает в качестве меры затрат трудовых ресурсов на единицу продукции (часы, рабочие дни и др.), с другой – в качестве меры скорости преобразования всех ресурсов в готовый продукт. Однако между ними существует количественная связь. Если обозначить через R количество ресурсов, затрачиваемых на изготовление единицы продукции, а через v – среднюю скорость их преобразования в готовый продукт, то рабочий период (в рабочих днях, часах или сменах) определится по формуле (4.6).

$$T = R/v. \quad (4.6)$$

Из формулы (4.6) видно, что чем меньше объем ресурсов, затрачиваемых на единицу продукции, тем короче рабочий период.

Ресурсы преобразуются в продукцию только во время трудового процесса, т.е. непосредственно в течение рабочего времени. Поэтому скорость преобразования зависит прежде всего от режима труда, определяемого законодательством, которое устанавливает продолжительность труда рабочего в единицу астрономического времени (в сутки, в неделю), а также от количества рабочих циклов в этот промежуток.

Минимальная длительность цикла, достигается в производствах, где процесс не прерывается ни между сменами, ни на выходные дни. Такие процессы называют **непрерывными** (металлургические, химические, термические и др.).

В большинстве же отраслей материального производства процессы организуются применительно к трудовому режиму людей и поэтому прерываются в соответствии с ним как внутри смены (на обеденный перерыв), так и в пределах рабочих суток (на вторую или третью смену, если она является нерабочей). Адаптация процесса производства предприятия к трудовому режиму так или иначе снижает скорость преобразования ресурсов в готовый продукт, увеличивая длительность цикла. Так, перерыв процесса на выходные дни удлиняет его в 1,4 раза по сравнению с непрерывным режимом. При двухсменной работе цикл увеличивается в 2 раза, а при односменной – в 4. Такой режим работы характерен для машиностроения.

Время, в течение которого над предметами труда непосредственно не совершается никаких действий, называется **временем перерывов**. Оно состоит из перерывов в течение рабочего (режимного) и нерабочего времени. Первые – это время между окончанием обработки детали на предыдущей операции и началом следующей (**межоперационные перерывы**); вторые связаны с режимом производственного подразделения (перерывы между сменами, выходные, праздничные дни и т.п.).

Межоперационные перерывы складываются из времени:

– ожидания каждой деталию начала операции и после нее до тех пор, пока не будет обработана последняя деталь заданной партии (**перерыв партионности**);

– ожидания на рабочем месте, занятом изготовлением других деталей; они возникают в том случае, если предыдущая операция заканчивается раньше, чем рабочее место освобождается для последующей операции;

– пролеживания деталей перед сборкой или в ожидании комплектования в сборочную единицу, пока не будут закончены другие, более трудоемкие, детали, входящие в этот комплект (**перерыв комплектации**).

На длительность межоперационных перерывов, а следовательно, и производственного цикла, большое влияние оказывают способы передачи обрабатываемых деталей с предыдущей операции на последующую. Эти способы называют **видами движения предметов труда** в производственном процессе. В машиностроении применяют три основных вида движения предметов труда: последовательный, параллельный, параллельно-последовательный.

При последовательном движении партия обрабатываемых деталей передается с одного рабочего места на другое целиком, а последующая операция начинается после окончания обработки последней детали в партии на предыдущей операции (рис. 4.7). Для упрощения и наглядности на графике время на межоперационную транспортировку и пролеживание партии деталей перед рабочим местом не предусмотрено. Каждая деталь, за исключением первой и последней, пролеживает на каждом рабочем месте дважды: перед началом обработки и после нее до окончания обработки последней детали.

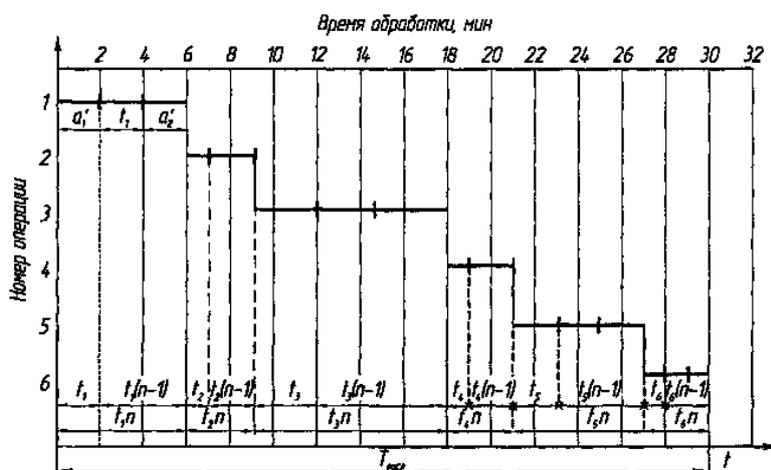


Рис. 4.7. График последовательной обработки партии деталей:
 $a'1$ – время ожидания деталию начала обработки на первой операции;
 $a'2$ – время ожидания после окончания операции

Общее время пролеживания детали на данном рабочем месте равно $t_i(n - 1)$, где t_i – время обработки, n - размер партии. Общее же время перерывов в работе по всем операциям T_n равно $(n-1)\sum_{i=1}^{K_{оп}} t_i$, где $K_{оп}$ – количество операций в данном производственном процессе. Следовательно, общая длительность цикла обработки всей партии деталей ($T_{посд}$) будет равна времени обработки одной

детали по всем операциям $\left(\sum_{i=1}^{K_{оп}} t_i \right)$ плюс суммарное время процеживания одной детали по всем операциям, что выражается формулой (4.7).

$$T_{\text{посл}} = \sum_{i=1}^{K_{оп}} t_i + (n-1) \sum_{i=1}^{K_{оп}} t_i = n \sum_{i=1}^{K_{оп}} t_i. \quad (4.7)$$

Таким образом, общая длительность цикла обработки партии деталей при последовательном их движении пропорциональна размеру партии и длительности обработки одной детали на всех операциях. Как видно из формулы (4.7), основную долю длительности цикла составляют перерывы (ожидания). В этом заключается главный недостаток последовательного движения предметов труда, хотя его организация характеризуется простотой и отсутствием простоев оборудования.

При параллельном движении каждая деталь немедленно передается с одного рабочего места на другое, обработка ее по всем операциям осуществляется непрерывно, пролеживание детали исключается. Это намного снижает длительность производственного цикла. Однако поскольку в движении находится партия деталей, то каждая из них пролеживает или после обработки на последней операции (первая деталь), или перед началом новой операции (последняя деталь), или там и там (любая деталь партии, кроме первой и последней).

Так как детали пролеживают в ожидании окончания обработки всей партии на наиболее длительной («главной») операции, то ожидание будет равно $t_{гл}(n - 1)$, где $t_{гл}$ – время обработки детали на наиболее длительной операции.

Общая длительность производственного цикла обработки всей партии деталей по всем операциям определяется по формуле (4.8).

$$T_{\text{пар}} = \sum_{i=1}^{K_{оп}} t_i + t_{гл}(n - 1). \quad (4.8)$$

Как видно из графика, приведенного на рис. 4.8, при параллельном движении деталей на операциях, продолжительность которых меньше продолжительности «главной» операции, возникают простои рабочих мест ($t_{пр1}$; $t_{пр2}$; $t_{пр4}$; $t_{пр5}$; $t_{пр6}$), которые тем больше, чем больше разница в продолжительности между «главной» и данной операциями.

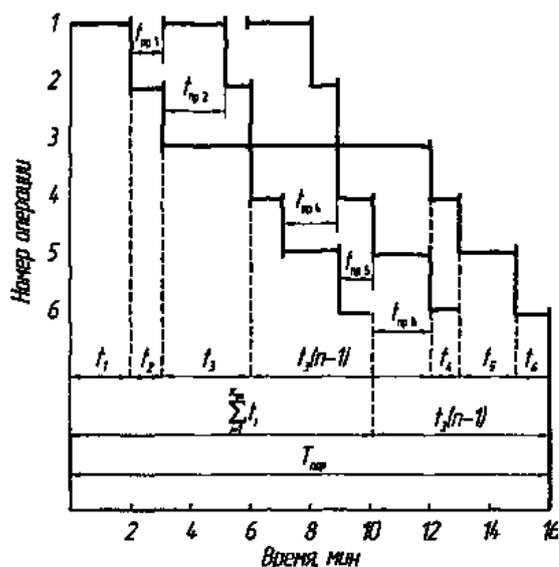


Рис. 4.8. График параллельной обработки партии деталей:
 $t_{пр1}, \dots, t_{пр6}$ – перерывы в обработке на операциях,
 длительность которых меньше главной (наибольшей)

Общее время простоев по всем рабочим местам, что выражается формулой (4.9).

$$T_{пр} = (n-1) \sum_{i=1}^{k_{оп}-1} t_{прi} = (n-1) \sum_{i=1}^{k_{оп}-1} (t_{гi} - t_i) \quad (4.9)$$

Таким образом, значительное сокращение длительности цикла обработки при параллельном движении предметов труда достигнуто ценой значительных простоев рабочих мест, т.е. дополнительных затрат ресурсов. Эти затраты примерно в 20 раз больше, чем достигаемая при этом экономия от сокращения времени пролеживания обрабатываемых деталей.

Причина простоев, как видно из рис. 4.8 – нарушение принципа пропорциональности, хотя здесь максимально реализованы принципы непрерывности и параллельности. Основным путем устранения этого противоречия является выравнивание продолжительности операций на различных рабочих местах производственного процесса, т.е. их синхронизация.

При параллельно-последовательном движении (рис. 4.9) обработка партии деталей организуется так, что на каждом рабочем месте работа идет без перерывов, но обработка первой детали на последующей операции начинается раньше, чем закончена обработка последней детали на предыдущей операции, т.е. имеет место параллельная обработка одной и той же партии деталей на смежных операциях. При этом возможны три вида сочетаний продолжительности смежных операций:

1) продолжительности смежных операций (как предыдущей, так и последующей) одинаковы; в этом случае между ними организуется параллельная обработка деталей, которые могут передаваться поштучно;

2) продолжительность последующей операции меньше продолжительности предыдущей. Момент начала обработки первой детали на последующей операции устанавливается таким образом, чтобы к моменту окончания обработки последней детали партии на предыдущем рабочем месте на последующем были обработаны все детали этой партии, кроме последней (рис. 4.9, операция 2). Время задержки начала обработки («сдвиг») S_1 , определяется по графику или по формуле (4.10).

$$S_i = (t_{bi} - t_{mi})(n - 1), \quad (4.9)$$

где t_{bi} , t_{mi} – продолжительность соответственно большей и меньшей смежных операций.

3) продолжительность последующей операции больше продолжительности предыдущей. Обработка первой детали на следующем рабочем месте может быть начата сразу же после обработки на предыдущем (рис. 4.9, операции 2 и 3).

График параллельно-последовательного движения показывает, что сочетание больших и меньших или одинаковых по длительности операций происходит с перекрытием времени обработки, возникающим дважды: при выполнении короткой операции с предыдущей и с последующей. Численно это «перекрытие» (Π_i) равно длительности обработки на короткой операции ($t_{кр i}$), умноженной на число деталей в партии без одной, т.е. $\Pi_i = (n - 1)t_{кр i}$.

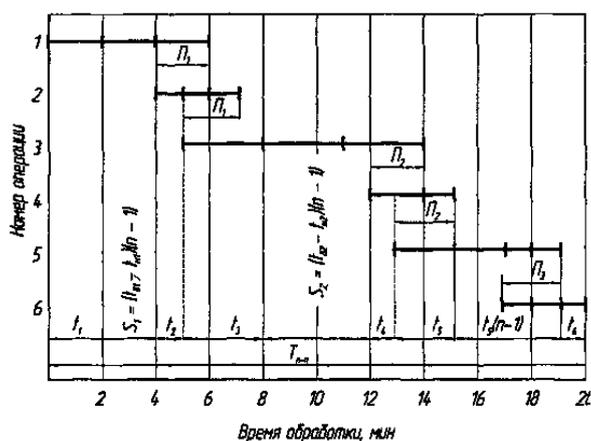


Рис. 4.9. График параллельно-последовательной обработки партии деталей:

S_1, S_2 – продолжительность смещений (сдвигов) при сочетании соответственно большей и меньшей операций; Π_1, Π_2, Π_3 – время «перекрытия» (параллельной обработки) при сочетании меньшей и большей операций

Общее время перекрытия по всем операциям выражается по формуле (4.10).

$$\sum_{i=1}^{K_{оп}} \Pi_i = (n - 1) \sum_{i=1}^K t_{кр i}, \quad (4.10)$$

где k – количество сочетаний обработки коротких операций с более продолжительными, численно равное их числу без одной.

Общая длительность цикла обработки при параллельно-последовательном движении, что выражается формулой (4.11).

$$T_{\text{п-п}} = T_{\text{посл}} - \sum_{i=1}^{K_{\text{оп}}} \Pi_i = n \sum_{i=1}^{K_{\text{оп}}} t_i - \sum_{i=1}^k t_{\text{кр}i}. \quad (4.11)$$

Длительность цикла при таком движении меньше, чем при последовательном, на величину суммарного перекрытия (параллельности).

В частных случаях, когда время обработки последовательно уменьшается или увеличивается от операции к операции либо сначала последовательно увеличивается ($t_1 > t_2 > t_3 > \dots > t_n$), а затем уменьшается ($t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n$), время сдвигов при параллельно-последовательном движении перекрывается временем ожидания обработки. Длительность цикла равна длительности его при параллельной обработке. В этих случаях при организации процесса следует отдать предпочтение параллельно-последовательной обработке деталей (будут отсутствовать простои рабочих мест).

Отношение длительности цикла при параллельном и параллельно-последовательном движении к длительности цикла при последовательном принято называть **коэффициентом параллельности**, что выражается формулой (4.12).

$$K_{\text{пар}1} = T_{\text{пар}}/T_{\text{посл}} \quad \text{или} \quad K_{\text{пар}2} = T_{\text{п-п}}/T_{\text{посл}} \quad (4.12)$$

При прочих равных условиях коэффициент параллельности тем выше, чем больше размер партии.

При больших значениях n передача деталей при параллельном и параллельно-последовательном движении может осуществляться передаточными или транспортными партиями (p), что выражается формулами (4.13) и (4.14):

$$T_{\text{пар}} = p \sum_{i=1}^{K_{\text{оп}}} t_i = (n - p)t_{\text{гд}}; \quad (4.13)$$

$$T_{\text{п-п}} = n \sum_{i=1}^{K_{\text{оп}}} t_i - (n - p) \sum_{i=1}^k t_{\text{кр}i} \quad (4.14).$$

Из формул (4.13) и (4.14) видно, что передача деталей партиями по сравнению с поштучной увеличивает длительность производственного цикла обработки при любом виде движения.

Как параллельное, так и параллельно-последовательное движение требует тщательного согласования производственного процесса во времени.

Рассматривая виды движения, нельзя не заметить одной важной особенности: пролеживание деталей обусловлено организацией обработки партиями. Другими словами, первый принцип эффективной организации производственных процессов (принцип партионности) вступил в противоречие с другими принципами (непрерывности и параллельности). Это противоречие полностью устраняется в поточном синхронизированном производстве, где движение предметов труда организуется поштучно, а в других типах производства оно сводится к минимуму путем определения оптимального размера партии, при котором имеет место наиболее рациональное сочетание экономии от повышения партионности и уменьшения потерь из-за увеличения в связи с этим длительности производственного цикла.

Длительность производственного цикла изготовления машины включает помимо циклов изготовления отдельных деталей продолжительность сборки отдельных сборочных единиц (узловая сборка), агрегатов (агрегатная сборка) и машины в целом (общая сборка), а также отделочных операций, операций регулировки, обкатки и испытаний. При этом некоторые сборочные и отделочные операции, как и изготовление отдельных деталей, могут выполняться параллельно. Для увязки во времени частичных процессов по изготовлению машины целесообразно строить цикловой график. На рис. 4.10 изображена принципиальная схема производства отдельных деталей, узловой и общей сборки изделия, состоящего из одного агрегата, четырех сборочных единиц и двенадцати деталей.

Цикловой график позволяет установить не только общую длительность изготовления изделия, но и возможность параллельного изготовления отдельных деталей и сборки узлов и агрегатов, а также определить календарное время начала запуска деталей в производство.

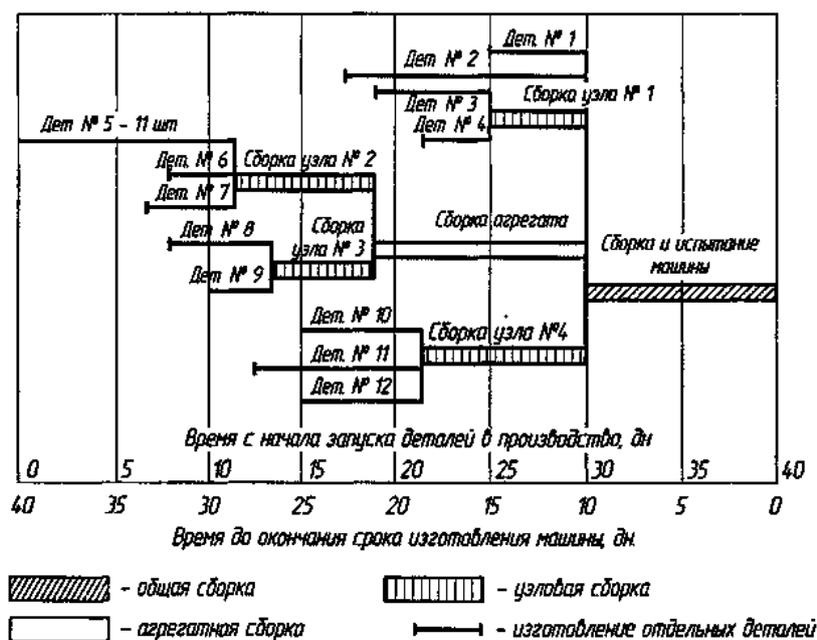


Рис. 4.10. Принципиальный график производственного цикла изготовления изделия

Из рис. 4.10 видно, что общий цикл изготовления изделия составляет 40 дней. Поэтому если необходимо выпустить изделие к определенному сроку, то запуск деталей в производство (не всех деталей, а только так называемых ведущих) следует осуществить на 40 дней раньше.

Экономическое значение сокращения длительности производственного цикла состоит в уменьшении производственных площадей (для хранения и сборки деталей, сборочных единиц и машин), незавершенного производства и соответственно потребных оборотных средств, что способствует улучшению использования основных средств и повышению рентабельности производства. Важным условием сокращения длительности производственного цикла является также более полная загрузка оборудования и производственных мощностей во времени.

ТЕМА 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

- 5.1. Понятие о поточном производстве. Разновидности поточных линий.
- 5.2. Однопредметные непрерывно-поточные линии.
- 5.3. Планировка поточной линии
- 5.4. Прерывные, переменные и групповые поточные линии.
- 5.5. Автоматические поточные линии.
- 5.6. Гибкие автоматизированные производственные системы и робототехника.
- 5.7. Поток в литейном, кузнечном и сборочном производстве.

5.1. Понятие о поточном производстве. Разновидности поточных линий

Поточное производство – такая форма организации производства, при которой процесс получения заготовок, обработки деталей, сборки узлов и машин осуществляется непрерывно в порядке последовательности операций. Его разработал и впервые использовал на своих предприятиях по изготовлению автомобилей Г. Форд.

Характерными признаками поточного производства являются:

- массовость выпуска продукции в течение более или менее длительного периода;
- расчленение процесса изготовления продукта на простые операции и закрепление их в пространстве за отдельными специализированными орудиям труда или рабочими местами;
- пространственное расположение оборудования или рабочих мест друг за другом в порядке выполнения операций, исключающее встречные перемещения предметов труда при их обработке;
- немедленная (без межоперационных пролеживаний) передача предметов труда на следующую операцию по мере их обработки на предыдущей;
- применение для межоперационного перемещения предметов труда специальных транспортных средств, обеспечивающих определенную скорость перемещения (а следовательно, и темп выполнения отдельных операций и необходимую общую продолжительность процесса изготовления единицы продукции).

В поточном производстве реализованы все принципы организации идеального производственного процесса.

Первичным звеном поточного производства является поточная линия, которая представляет собой совокупность взаимосвязанных рабочих мест, предназначенных для обработки или сборки определенных предметов.

Классификация поточных линий представлена на рисунке 5.1.

Признаки классификации

Характер сочетания признаков

По степени специализации
(количеству закрепленных
за линией обрабатываемых
предметов)

По методу обработки
закрепленных предметов

По степени непрерывности
технологического процесса

По способу поддержания ритма

По характеру перемещения
предметов труда

По виду применяемых
транспортных средств

По типу конвейера

По характеру движения
конвейера

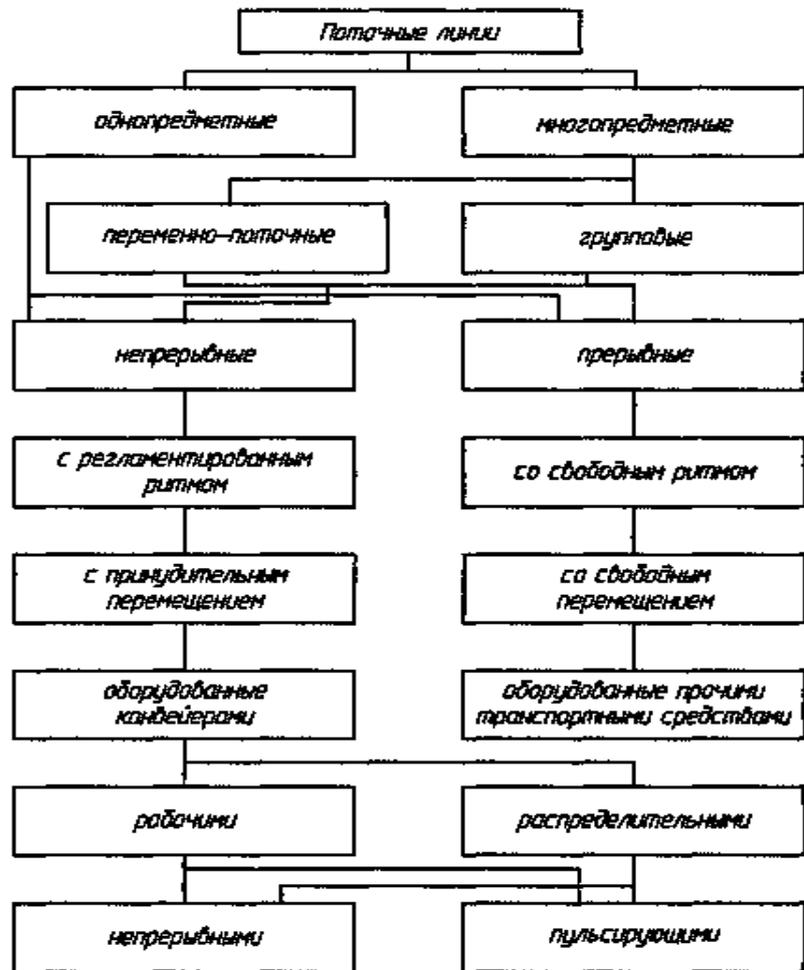


Рис. 5.1. Классификация основных видов поточных линий на машиностроительных заводах

На **однопредметной линии** изготавливается продукция одного наименования (заготовка, деталь, узел, изделие) в течение длительного периода вплоть до смены объекта производства. На **многопредметной линии** изготавливается продукция двух или более наименований. Такие линии создаются в тех случаях, когда программа выпуска продукции одного наименования не обеспечивает загрузку комплекта оборудования линии.

В зависимости от метода обработки закрепленных предметов многопредметные линии подразделяются на переменно-поточные и групповые.

Переменно-поточной называется линия, на которой закрепленные за ней детали (узлы, изделия) разного наименования изготавливаются поочередно через определенные промежутки времени с переналадкой оборудования. В период изготовления предметов данного наименования работа такой линии организуется по тем же принципам, что и однопредметная.

Групповой называется линия, на которой детали разных наименований, закрепленные за линией, обрабатываются по групповой технологии с использованием групповой оснастки либо одновременно, либо поочередно, но без переналадки оборудования.

Как одно-, так и многопредметные поточные линии могут быть непрерывными и прерывными.

На **непрерывных линиях** изготавливаемый (обрабатываемый) предмет передается с операции на операцию непрерывно поштучно или небольшими транспортными партиями с помощью механизированных либо автоматизированных транспортных устройств – конвейеров – через промежутки времени, равный или кратный такту потока. При этом длительность операций на каждом рабочем месте близка, или равна, или кратна этому такту.

При значительных отклонениях длительности операций от величины, равной или кратной такту, т.е. когда отсутствует пропорциональность частичных процессов, организуются прерывно-поточные линии, на которых обработка деталей на отдельных операциях прерывается, а средний уровень производительности линии обеспечивается за счет заделов, образующихся из-за разной продолжительности операций. В ряде случаев прерывные участки создаются и на синхронизированных линиях для устранения монотонности труда.

Непрерывно-поточные линии широко применяются в массовом производстве в различных цехах машиностроительных предприятий, но наиболее часто – в сборочных процессах, так как в них легче всего добиться выравнивания длительности операций путем их дробления и перегруппировки. В заготовительных и обрабатывающих цехах использование таких линий во многих случаях ограничивается невозможностью синхронизации операций и неполной загрузкой оборудования. Переменно-поточные линии чаще используются в сборочных и частично в обрабатывающих процессах крупносерийного производства и в заготовительных цехах массового производства.

По способу поддержания такта потока различают линии с регламентированным и свободным ритмом.

На линиях с **регламентированным ритмом** такт потока строго поддерживается с помощью конвейеров, перемещающих предметы труда с определенной скоростью или с ритмичным пульсированием.

На линиях **со свободным ритмом такт потока** строго не регламентируется во времени, поскольку длительность обработки на операциях не совпадает с тактом. Средний такт поддерживается непосредственно работниками линий с тем, чтобы обеспечить среднюю расчетную производительность линии за определенный период времени (час, период обслуживания, смена), на который обычно и составляется стандарт – план работы таких линий.

Организация работы поточных линий различных видов имеет свои особенности, которые рассматриваются в последующих параграфах.

5.2. Однопредметные непрерывно-поточные линии

Основные рабочие параметры поточной линии рассчитываются на основе производственной программы и такта линии.

1. Такт поточной линии.

Под тактом поточной линии понимается средний период времени между выпуском отдельных деталей или изделий на линии. Его величина определяется делением действительного фонда $\Phi_{\text{дейст}}$ времени работы (обычно за год) на максимальную программу N_{max} выпуска деталей за все годы эксплуатации поточной линии, что выражается формулой (5.1).

$$r = \frac{60\Phi_{\text{ном}}(1 - (\alpha_{\text{об}} + \alpha_{\text{нал}}))}{N_{\text{max}}} = \frac{60\Phi_{\text{дейст}}}{N_{\text{max}}}, \quad (5.1)$$

где r – такт потока, мин/шт.;

$\Phi_{\text{ном}}$ – номинальный фонд времени работы поточной линии в год максимального выпуска деталей, ч;

$\alpha_{\text{об}}$ – коэффициент, учитывающий потери номинального фонда времени работы оборудования на плановые ремонтные работы и определяемый на основе типовой системы организации ремонтов оборудования;

$\alpha_{\text{нал}}$ – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени на настройку и подналадку оборудования во время рабочих смен.

Максимальная программа (N_{max}) определяется на основе анализа объема выпуска деталей для текущего производства и запасных частей.

Такт поточной линии, как правило, должен быть постоянным. Если в данном году программа уменьшается по сравнению с максимальной, то должен уменьшиться и фонд использования линии, что выражается формулой (5.2).

$$\Phi_i = \frac{N_i r}{60} = \Phi_{\text{дейст}} \frac{N_i}{N_{\text{max}}} \quad [\text{ч}], \quad (5.2)$$

где Φ_i , N_i – соответственно фонд работы линии и программа выпуска в i -м году.

Некоторые предприятия предпочитают не уменьшать фонд работы линии, а увеличивать такт потока и в связи с этим поручать рабочим на недогруженных операциях дополнительную работу. Так, фирма «Тойота» при снижении потребности в деталях, повышая такт потока, увеличивает не полностью загруженным рабочим-многостаночникам зону обслуживания. Такое решение проблемы возможно лишь при многостаночном параллельном обслуживании.

2. Расчетное количество единиц оборудования.

Расчетное количество оборудования определяется по формуле (5.3):

$$m_{\text{расч } i} = t_{\text{оп } i} / r, \quad (5.3)$$

где $t_{\text{оп } i}$ – оперативное время выполнения i -й операции, мин.

3. Принятое число единиц оборудования.

Расчетное количество оборудования (рабочих мест) округляется до ближайшего большего значения, за исключением тех случаев, когда планируемая перегрузка рабочего места не превышает 5-6 %. В этом случае оно округляется до ближайшего меньшего числа и одновременно предусматриваются мероприятия по устранению перегрузки.

4. Коэффициент загрузки оборудования (рабочих мест) на каждой операции определяется по формуле (5.4).

$$K_{\text{загр } i} = \frac{m_{\text{расч } i}}{m_{\text{прин } i}}, \quad (5.4)$$

где $m_{\text{прин } i}$ – принятое число рабочих мест (станков) на i -й операции.

5. Явочная численность основных рабочих (операторов) на i -й операции определяется по формуле (5.5).

$$O_{\text{расч } i} = \frac{m_{\text{расч } i}}{H_{\text{об } i}}, \quad (5.5)$$

где $H_{\text{об } i}$ – норма обслуживания рабочих мест (станков) одним рабочим, равная отношению оперативного времени к времени занятости рабочего на операции.

Расчетная норма обслуживания и необходимое количество принятых рабочих на операции уточняются после выбора типа поточной линии и синхронизации операций.

Синхронизация операций – средство достижения пропорциональности частичных процессов на линии. Обычно при проектировании поточной линии ограничиваются предварительной синхронизацией, при которой длительность обработки может отклоняться от величины, равной или кратной ритму, в пределах 10 %, т.е. по каждой операции соблюдается следующее условие, что выражается формулой (5.6):

$$t_{\text{оп } i} = r_{\text{мприн } i} / (1 \pm 0,1) \text{ или } r_{\text{мприн } i} = t_{\text{оп } i} / (1 \pm 0,1) \quad (5.6)$$

Окончательная синхронизация достигается в период освоения и отладки работы линии в производственных условиях. Расчленять и перераспределять станочные операции в отличие от сборочных сложно, а иногда просто невозможно. Поэтому основными направлениями синхронизации на поточных линиях обрабатывающих цехов должны стать рационализация операций и изменение режимов обработки.

Если **расчетная длительность станочной операции** (включая все добавки времени на переходы, обслуживание и личные надобности) больше такта потока или кратной ему величины, то наиболее эффективными мероприятиями будут:

- 1) одновременная обработка на станке нескольких деталей;
- 2) использование механических и пневматических зажимов деталей;
- 3) многоинструментальная наладка;
- 4) повышение режимов обработки (скорости резания, глубины, подачи);
- 5) уменьшение припусков на обработку;
- 6) улучшение конструкции детали;
- 7) модернизация оборудования и адаптация его специально для

выполнения данной операции и др. Все эти мероприятия способствуют сокращению как основного, так и вспомогательного времени, благодаря чему длительность операции может быть значительно уменьшена.

Если длительность операции меньше такта потока или кратной ему величины, основным направлением синхронизации должно быть обеспечение занятости рабочего в течение такта потока или кратной ему величины, несмотря на простой некоторых станков. В этом случае условие синхронизации должно быть следующим, что выражается формулой (5.7):

$$N_{\text{прин}i} \leq \frac{m_{\text{прин}i}}{t_{\text{зан}i}} \quad \text{или} \quad N_{\text{прин}i} t_{\text{зан}i} \leq m_{\text{прин}i}, \quad (5.7)$$

где $N_{\text{прин}i}$ – принятая норма обслуживания станков одним оператором;
 $t_{\text{зан}i}$ – занятость рабочих на i -й операции.

Рассмотренные методы синхронизации операций значительно расширяют область применения непрерывного поточного производства в обрабатывающих цехах машиностроительных предприятий и повышают его эффективность за счет уменьшения не только количества занятых рабочих, но и заделов, сокращения длительности производственного цикла обработки деталей и изготовления изделий.

5.3. Планировка поточной линии

Планировка поточной линии обычно сочетается с выбором транспортных средств и формы (конфигурации) линии. Она должна обеспечить:

прямоточность процесса; удобство работы для всех рабочих; кратчайшее расстояние перемещения рабочих-многостаночников при обслуживании закрепленных за ними станков; возможность подачи обрабатываемых предметов на недогруженные станки и, при необходимости, возврат приспособлений на первую операцию. Кроме того, поточная линия должна вписываться в габариты отведенного ей производственного участка.

Форма поточной линии зависит от конструкции и площади производственного здания, вида получаемой заготовки или обрабатываемой детали, используемого оборудования и уровня его загрузки, вида применяемых транспортных средств. На практике применяются следующие формы поточных линий: прямая, круговая (горизонтально-замкнутая, овальная, П- или U-образная, Г- и X-образная, S-образная (зигзагообразная) и различные комбинации этих форм (рис. 5.2).

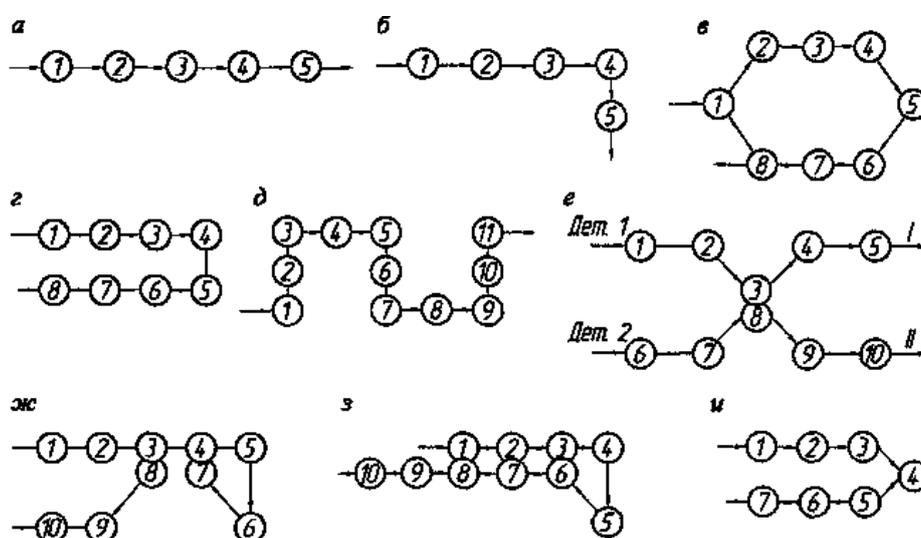


Рис. 5.2. Основные формы потоков и планировки оборудования на поточных линиях (цифры в кружочках – номера операций):
 а – прямая; б – Г-образная; в – круговая; г – П-образная;
 д – S-образная; е – X-образная; ж, з – комбинированная
 (используются одни и те же станки для выполнения нескольких операций); и – U-образная

Наиболее полно требованиям прямоточности удовлетворяет прямая линия. Она проста, хорошо организована, ее легко монтировать, стоимость конвейера минимальна, он прост в обслуживании. Однако расположение станков по прямой линии требует большой протяженности участка, уменьшает степень использования боковых площадей, ухудшает условия многостаночного обслуживания на разных операциях. Поэтому, исходя из конкретных условий производства, широко применяют различные формы изогнутых линий.

Если длина линии значительно превышает длину пролета, в целях лучшего использования производственных площадей применяют П-, U-образную или круговую форму. При необходимости использовать недогруженный дорогостоящий станок для выполнения далеко отстоящих друг от друга

операций используют П- или Х-образную линию. В случае обслуживания одним рабочим различных станков используют линии, изогнутые под разными углами (Г-, П- или U-образной формы). При этом путь перемещения рабочего от станка к станку будет минимальным. Если необходимо возвращать на первое рабочее место приспособление, с которого уже снята готовая деталь, применяются линии круговой и П-образной форм. В случае, когда процесс обработки прерывается и детали направляются на другие операции в другие отделения цеха или в другой цех (например, термический), применяют П-образные линии. Такие линии эффективны и в том случае, если склад заготовок и склад готовых деталей находятся в одном конце пролета. При обслуживании пролета мостовым краном, охватывающим несколько рядов оборудования, применяют П-, U- и S-образные линии.

В этом случае обеспечивается наилучшее использование крана при минимальном перемещении предметов труда.

Однако в ряде случаев при выборе формы поточной линии решающее значение имеет удобство многостаночного обслуживания. Для этого широко используются различные разновидности П- или U-образных линий (рис. 5.3).

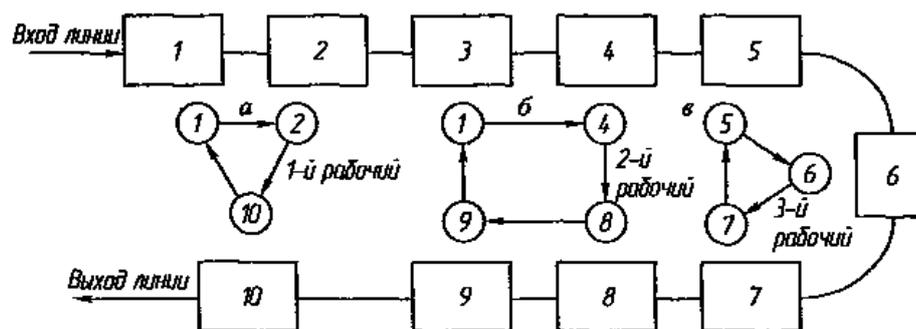


Рис. 5.3. Многостаночное обслуживание при U-образном размещении оборудования на поточной линии (цифры в прямоугольниках – номера станков, в кружках – номера станков, обслуживаемых одним рабочим):
а, в – по типу треугольника, б – по типу прямоугольника

Для обеспечения удобного межлинейного многостаночного обслуживания ряд таких поточных линий объединяют в систему, что позволяет не только обеспечить межлинейное многостаночное обслуживание, но и расширить его зону при уменьшении объема выпуска деталей (рис. 5.4).

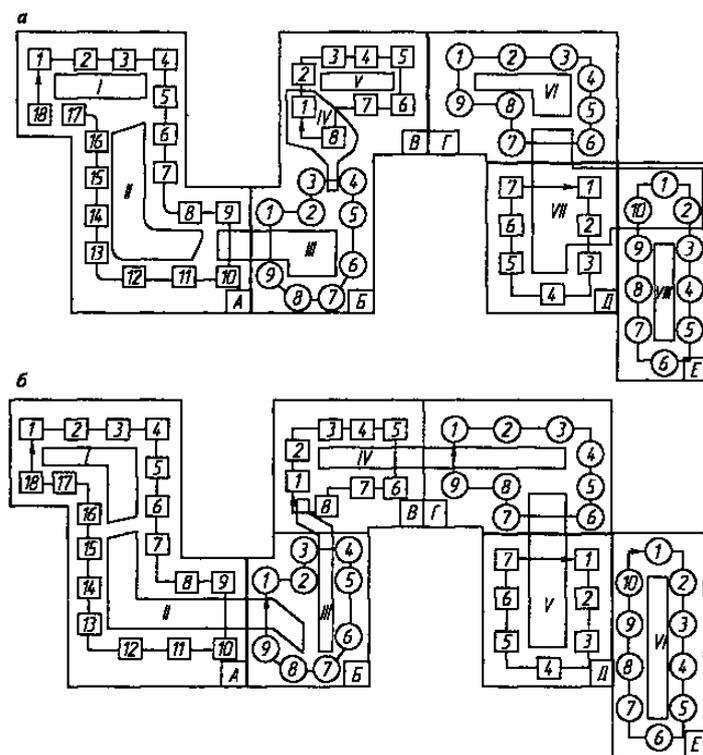


Рис. 5.4. Планировка и взаимное расположение однопредметных непрерывно-поточных линий, обеспечивающих удобное многостаночное обслуживание: а – потребность в деталях максимальна, линия загружена полностью, такт потока равен 1 мин, количество рабочих – 8 (январь); б – потребность в деталях уменьшилась, линия загружена не полностью, такт потока равен 1,2 мин; количество рабочих – 6 (февраль); А, ... , Е – линии по обработке соответствующих деталей; I, II, ..., VIII – номера многостаночников и зоны их обслуживания; цифры в кружках и квадратах – номера станков

Как видно из рис. 5.4, планировка поточных линий и их взаимное расположение подчинены требованию удобства многостаночника. При уменьшении потребности в деталях такт потока увеличился с 1 до 1,2 мин, что позволило расширить зону многостаночного обслуживания. Благодаря этому можно сократить количество операторов на четырех линиях с 8 до 6.

В поточном производстве особенно большое значение приобретает выбор средств межоперационного транспорта. Он должен обеспечить бесперебойную работу потока, ритмичность выпуска, временное хранение межоперационных (внутрилинейных) заделов, быть простым, надежным в работе, дешевым в изготовлении и эксплуатации.

Применяемые в поточном производстве транспортные средства можно разделить на три группы: приводные средства непрерывного или пульсирующего действия; бесприводные; оборудование периодического действия (мостовые краны, мото- и электрокары и т.п.).

Приводные средства и непрерывного, и пульсирующего действия (конвейеры) наиболее полно отвечают требованиям непрерывно-поточного производства. Они перемещают грузы непрерывным потоком по определенной трассе. В поточном производстве применяются ленточные, пластинчатые, цепные, скребковые, роликовые, подвесные, тележечные, круговые, винтовые

(шнеки) и шагающие (возвратно-поступательные) конвейеры (рис. 5.5). Примеры поточных линий с ленточными и подвесными конвейерами приведены на рис. 5.6. Подвесные конвейеры имеют то преимущество, что не занимают производственных площадей и легко допускают «перелом» направления грузопотока по горизонтали и вертикали. Последнее имеет важное значение при междуэтажной передаче предметов и хранении заделов над рабочими местами без занятия для этого площадей.

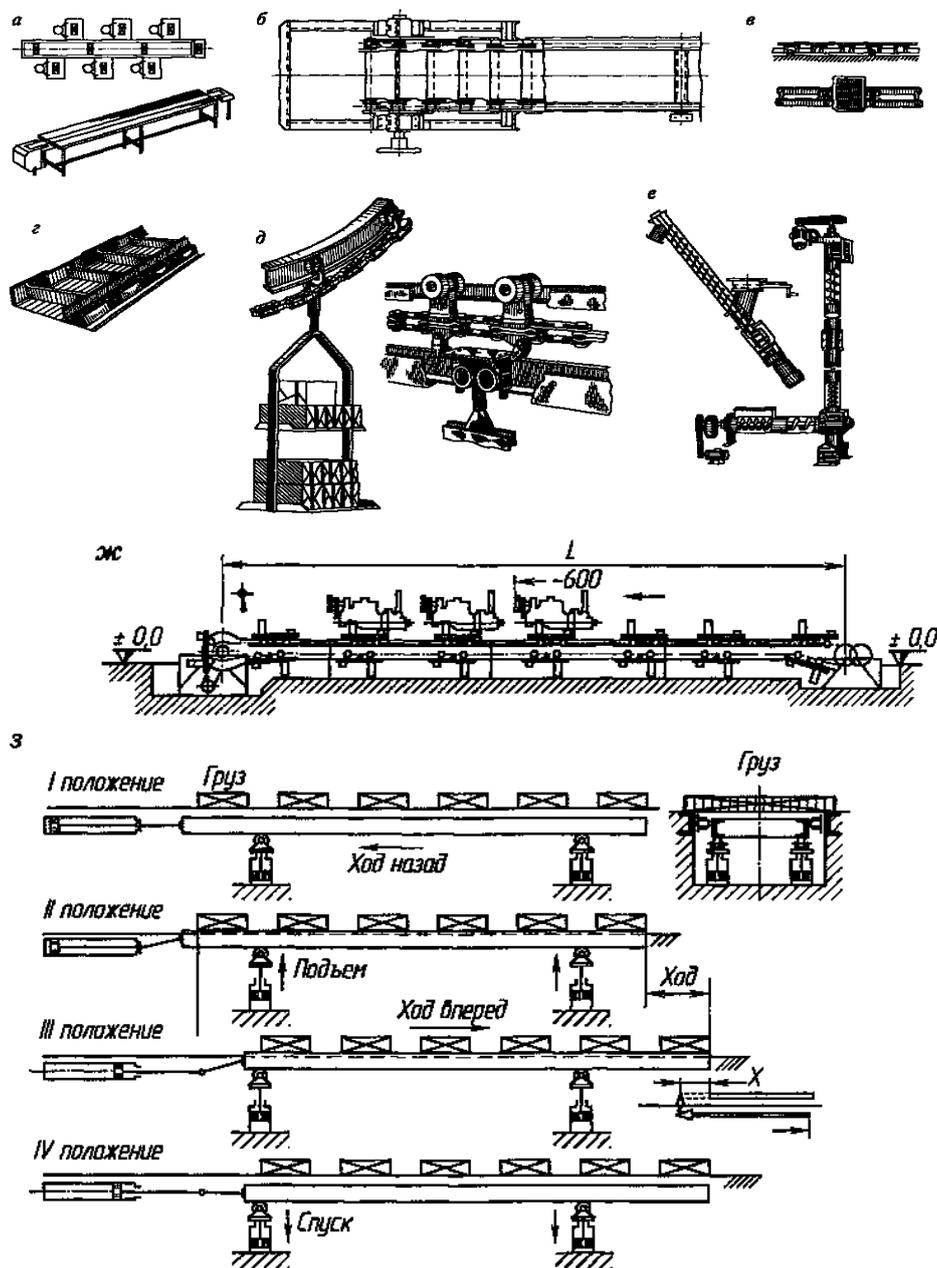


Рис. 5.5. Схемы и элементы приводных конвейеров: а – ленточного; б – пластинчатого; в – цепного; г – скребкового; д – подвесного; е – винтового (шнек); ж – тележечного; з – шагающего

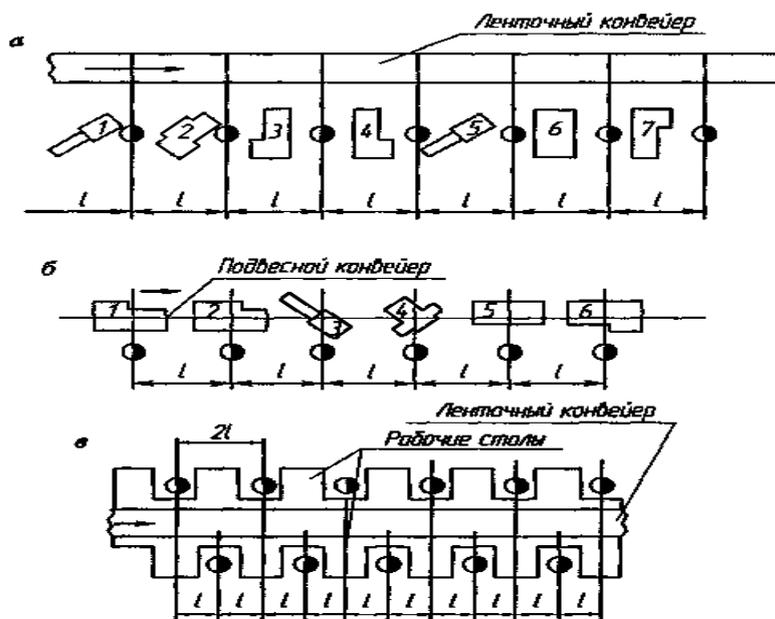


Рис. 5.6. Планировка и расположение рабочих мест на поточных линиях:
 а – однорядная линия с ленточным конвейером; б – однорядная линия с подвесным конвейером; в – двухрядное расположение рабочих мест на линии сборки мелких изделий с ленточным конвейером; 1-7 – номера станков

Бесприводные средства транспорта основаны на гравитационном принципе и широко применяются как на непрерывных, так и на прерывно-поточных линиях. К ним относятся бесприводные рольганги, наклонные и винтовые спуски, скаты, склизы, лотки, желоба и др. Они просты по устройству, компактны, дешевы в изготовлении и обслуживании. Бесприводные средства работают либо как самостоятельные устройства, либо в виде дополнительных устройств, например лотков, подающих детали с конвейера на рабочее место и наоборот. В непрерывно-поточном производстве применяются рабочие и распределительные конвейеры.

Рабочий конвейер представляет собой систему рабочих мест, на которых технологические операции выполняются в процессе перемещения предметов труда без снятия их с конвейера (рис. 5.5, ж). Применяются такие конвейеры в основном при сборке, окраске, отделке крупных узлов, агрегатов и машин при больших программах выпуска, а также в литейном производстве при заливке металла и остывании отливок, при нагреве и термической обработке.

Распределительные конвейеры служат лишь для перемещения предметов труда от одного рабочего места к другому. Для выполнения операции предмет снимается с конвейера, куда снова помещается после обработки. Применяются распределительные конвейеры на сборке мелких изделий (приборов, часов, фотоаппаратов и др.), а также на линиях механической обработки деталей. Они регламентируют пооперационный режим, обеспечивают минимальные заделы, непрерывное перемещение деталей с операции на операцию, наименьшую длительность производственного цикла, постоянную взаимосвязь рабочих мест. Если на операции задействовано

несколько одинаковых рабочих мест, возникает задача правильного адресования деталей по каждому из них. Это достигается путем разметки конвейера на отдельные части, каждая из которых направляет (адресует) предмет труда определенному рабочему месту, благодаря чему обеспечивается равномерная загрузка рабочих мест, поддерживается на высоком уровне производственная дисциплина и организованность, поскольку сразу видно, на каком месте задержано выполнение операции.

Разметка конвейера может быть цифровой, цветовой и комбинированной (цвето-цифровой). Количество повторяющихся разметочных знаков называют **периодом конвейера**. Чем меньше период конвейера, тем легче запоминаются

разметочные знаки, проще адресование и легче контроль за работой линии. Поэтому период конвейера определяется как наименьшее кратное из числа рабочих мест на отдельных операциях. Например, если на линии по отдельным операциям имеется одно, два, три и четыре рабочих места, наименьшим кратным будет число 12. Если кроме того имеется операция, на которой 5 рабочих мест, то период конвейера (наименьшее кратное) будет равным уже 60.

Применение цветовой разметки в дополнение к цифровой способствует резкому уменьшению периода конвейера, особенно в том случае, когда она используется для наибольшего нечетного числа рабочих мест.

Разметка конвейеров производится различными способами. На ленточных конвейерах наносят деления (шаг), внутри которых проставляют числа периода, или окрашивают эти деления (при комбинированной разметке) в разные цвета, на подвесных – прикрепляют флажки с обозначением цвета и цифры. Примеры разметки приведены на рис. 5.7.

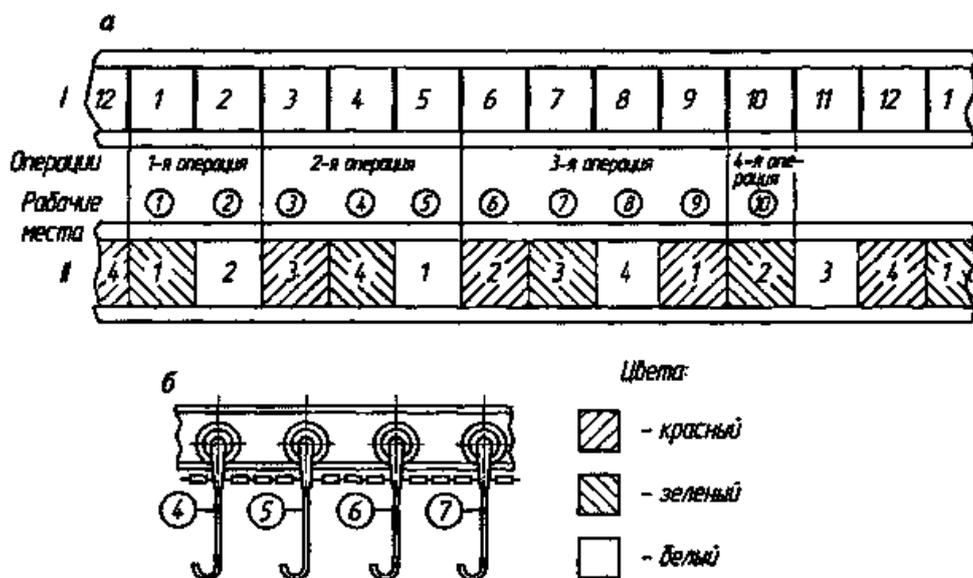


Рис. 5.7. Разметка распределительного конвейера (цифры в кружке – номера рабочих мест): а – ленточного (I – цифровая; II – комбинированная); б – подвесного (цифровая)

Каждый разметочный знак закрепляется за определенным рабочим местом. Пример закрепления разметочных знаков при различных способах разметки

приведен в табл. 5.1, из которой хорошо видно преимущество комбинированной разметки.

Таблица 5.1

Ведомость закрепления разметочных знаков за рабочими местами на распределительном конвейере

Номер операции	Количество рабочих мест на операции	Номер рабочего места	При цифровой разметке		При цвето-цифровой	
			Количество знаков	Закрепленные номера знаков	Количество знаков	Закрепленные номера или цвета
1	2	1	6	1, 3, 5, 7, 9, 11	2	1,3
		2	6	2, 4, 6, 8, 10, 12	2	2,4
2	3	3	4	1.4.7,10	1	Красный
		4	4	2.5.8,11	1	Зеленый
3	4	6	3	1,5,9	1	1
		7	3	2, 6, 10	1	2
		8	3	3,7, 11	1	3
4	1	10	12	1-12	3	Все цвета

При подходе находящейся на конвейере детали к рабочему месту с закрепленным за ним знаком рабочий должен снять ее и взамен поместить другую (обработанную).

В ряде случаев, особенно на сборочных работах, эффективно применение распределительных конвейеров с автоматическим адресованием предметов рабочим местам и разветвленной системой грузовых путей со стрелочными переводами, позволяющими автоматически перемещать предметы с одного пути на другой или останавливаться в определенных местах независимо от движения на основной трассе. Обычно такие конвейеры используются для подачи предметов на подвесные склады и подачи предметов с подвесных складов на конкретные рабочие места для обработки или сборки. Конвейеры такого типа весьма сложны по устройству, дороги в изготовлении и эксплуатации.

Предметы труда размещаются на конвейере на определенном расстоянии друг от друга, называемом шагом конвейера. Он зависит от габаритов изделия и рабочих мест. При однорядном расположении рабочих мест шаг конвейера равен расстоянию между их центрами, при двухрядном – половине этого расстояния. Длина непосредственно рабочей части конвейера (L), что выражается по формуле (5.8).

$$L = l \cdot m_{\text{прин}} \text{ [м]}, \quad (5.8)$$

где l – шаг конвейера, м;

$m_{\text{прин}}$ – количество рабочих мест на линии, включая резервные.

Полная длина конвейера определяется по формуле (5.9).

$$L_{\text{полн}} = lA_{\text{к.п.п}} \text{ [м]}, \quad (5.9)$$

где A – период конвейера;

$к_{\text{п.п}}$ – количество повторений периода на общей длине конвейера (целое число).

Скорость движения конвейера, что выражается по формуле (5.8):

$$v = l/r \text{ [м/мин]}. \quad (5.10)$$

На предприятиях применяют скорости от 0,1 до 2 м/мин. Наиболее удобной является скорость 0,2-0,5 м/мин. Для уменьшения расчетной скорости осуществляют подачу деталей транспортными партиями или уменьшают шаг конвейера в кратное число раз до величины, что выражается по формуле (5.11).

$$l_{\text{кор}} = v_{\text{прин}} r = \frac{l}{r} = \frac{v_{\text{прин}}}{v} l, \text{ [м]}, \quad (5.11)$$

где $l_{\text{кор}}$ – скорректированный шаг конвейера;

$v_{\text{прин}}$ – принятая скорость конвейера.

При неизменном шаге l размер передаточной партии (p) что выражается по формуле (5.12):

$$p = v/v_{\text{прин}} = i, \quad (5.12)$$

где i – целое число.

Следует заметить, что любые методы уменьшения скорости конвейера пропорционально увеличивают транспортный задел на линии.

5.4. Прерывные, переменные и групповые поточные линии

Однопредметные прерывно-поточные линии (линии со свободным ритмом) применяются в тех случаях, когда длительности операций технологического процесса различны и это различие не удастся свести к минимуму путем синхронизации, а также когда не представляется возможным

организовать параллельное многостаночное обслуживание недогруженных рабочих мест.

Движение предметов труда на таких линиях осуществляется параллельно-последовательно. На каждой операции обработка определенного количества деталей происходит непрерывно, а на следующие рабочие места они подаются передаточными партиями или поштучно с помощью бесприводных транспортных средств. По окончании обработки определенного количества деталей на короткой операции рабочий переходит на другую. При этом перед более продолжительной операцией происходит накопление заделов. Оно происходит и в том случае, если один рабочий последовательно выполняет две и более смежные операции. Время, в течение которого повторяется изготовление определенного количества деталей и осуществляется последовательное обслуживание рабочих мест на недогруженных операциях, называют **периодом обслуживания (оборота) линии** ($T_{обс}$).

Основные параметры и показатели прерывно-поточных линий (такт потока, количество рабочих мест, их загрузка, число операторов и др.) определяются так же, как в непрерывно-поточном производстве. Однако численность рабочих на последовательно обслуживаемых рабочих местах принимается по фактической их загрузке. Так, если на одной операции расчетное количество рабочих составляет 1,36, а на другой – 1,6, то на двух операциях принимается не четыре оператора (по числу станков), а лишь три: на одной операции – один, на другой – двое рабочих, один из которых обслуживает недогруженные станки на обеих операциях с загрузкой на 96 %.

Период обслуживания линии – важнейший параметр, определяющий регламент работы и планировку линии, выбор транспортных средств, возможность загрузки рабочих и оборудования на внепоточных работах, величину заделов и другие показатели. Общим условием при определении этого параметра является его кратность продолжительности смены, чтобы рабочие места обслуживались последовательно целое число раз в смену в течение смены, т.е. 1, 2, 4,... раз. Это создает организационные удобства и облегчает контроль и учет работы, так как в смену будет обработано целое число партий деталей.

Период обслуживания определяет величину межоперационных заделов на линии: чем он больше, тем больше заделы, обуславливающие рост стоимости незавершенного производства, увеличение площадей и затрат на хранение и т.д. Следовательно, чем более крупные и дорогие детали изготавливаются на линии, тем меньше должен быть период обслуживания. Кроме того, необходимость уменьшения $T_{обс}$ при изготовлении трудоемких, громоздких и дорогих деталей обусловлена следующими обстоятельствами:

– при небольшой величине $T_{обс}$ задел между операциями может храниться на межоперационных транспортных средствах (рольгангах, скатах, склизях), не требуя дополнительных площадей, что уменьшает затраты на перемещение деталей между операциями и затраты вспомогательного времени на поднятие и перемещение деталей до уровня установочных баз оборудования;

– при обработке крупных деталей длительность операций велика по сравнению с временем перехода от станка к станку, и к тому же значительную долю занимает машинное время; это создает возможность для параллельного обслуживания одним рабочим нескольких недогруженных рабочих мест, что намного уменьшает величину межоперационных заделов.

Однако в случае, когда малозагруженное оборудование линии является дефицитным и возникает необходимость его дозагрузки обработкой других (внепоточных) деталей, малый период обслуживания неприемлем, поскольку в каждый период потребуются две переналадки такого оборудования: одна для обработки поточных деталей, другая – непоточных. При этом оптимальная расчетная величина периода обслуживания определится по формуле (5.13).

$$T_{\text{обс}} = r \sqrt{\frac{2N \sum_{i=1}^{m_3} (t'_{\text{нал}i} + t''_{\text{нал}i}) (Z_{\text{нал}i} + C_{\text{прост}i})}{\beta C_d}} \quad [\text{мин}], \quad (5.13)$$

где r – такт потока линии, мин/шт.;

N – годовая программа выпуска деталей на линии, шт.;

m_3 – количество станков, используемых для обработки внепоточных деталей;

$t'_{\text{нал}i}$, $t''_{\text{нал}i}$ – время переналадки i -го станка соответственно при переходе поточной обработки деталей к непоточной и наоборот, мин;

$Z_{\text{нал}i}$ – стоимость одной минуты наладки i -го станка, руб.;

$C_{\text{прост}i}$ – стоимость одной минуты простоя i -го станка, руб.;

β – коэффициент, учитывающий потери от связывания средств в незавершенном производстве и затраты на хранение одной детали в долях от ее себестоимости;

C_d – себестоимость одной детали, обрабатываемой на линии.

При обработке мелких деталей малой трудоемкости поштучная передача деталей и параллельное обслуживание рабочих мест неэффективны, поскольку затраты времени на переход от станка к станку, а также на передачу деталей поштучно будут большими по сравнению с основным временем обработки. Поэтому межоперационная транспортировка мелких деталей, как правило, производится в мерной таре более или менее крупными партиями $r_{\text{гр}}$, что к тому же облегчает их учет. Это удлиняет период обслуживания, который определяется по формуле $T_{\text{обс}} = r_{\text{гр}}$.

Планировка прерывно-поточных линий более свободная, чем непрерывных. Они обладают большей гибкостью, так как применяемые бесприводные транспортные средства допускают изменение направления грузопотока в любом месте. На рис. 5.8 показана планировка прерывно-поточной линии с последовательным и параллельным обслуживанием (четыре

станочника обслуживают пятнадцать станков), оснащенной бесприводными транспортными средствами.

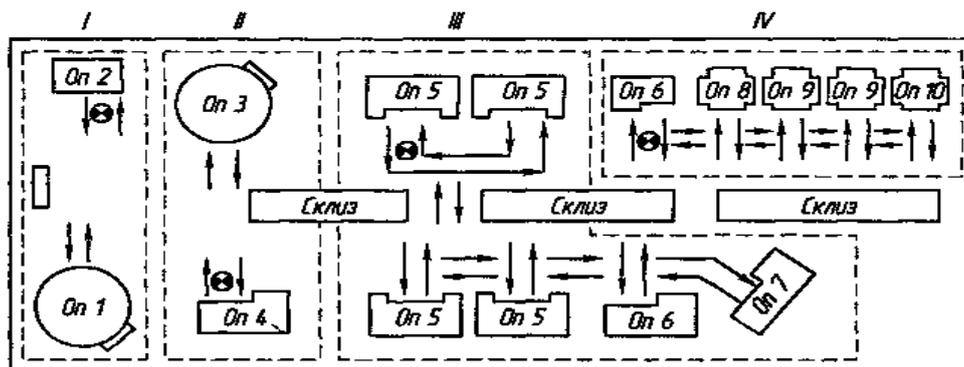


Рис. 5.8. Планировка прерывно-поточной линии механической обработки корпуса коробки передач легкового автомобиля: $O_{п1}$ - $O_{п10}$ – номера операций; I-V – зоны обслуживания многостаночниками

Многопредметные переменнo-поточные линии, как прерывные, так и непрерывные, создаются для обработки нескольких наименований конструктивно однородных деталей. На таких линиях закрепленные детали обрабатываются последовательно с переналадкой оборудования. Подбор и закрепление деталей осуществляют таким образом, чтобы обеспечить достаточно полную загрузку линии с учетом следующих требований:

- 1) технологические маршруты деталей, закрепленных за линией, должны быть одинаковы;
- 2) соотношение времен обработки всех закрепленных деталей по операциям должно быть примерно одинаковым, что выражается формулами (5.14) или (5.15).

$$t'_{шт1} \div t'_{шт2} \dots t'_{шти} \div t_{штn} \approx t''_{шт1} \div t''_{шт2} \dots t''_{шти} \div t''_{штn} \quad (5.14)$$

$$\frac{t'_{шт1}}{t''_{шт1}} \approx \frac{t'_{шт2}}{t''_{шт2}} \approx \dots \frac{t'_{шти}}{t''_{шти}} \approx \dots \frac{t'_{штn}}{t''_{штn}} \approx \dots, \quad (5.15)$$

где $t'_{шти}$ – штучное время на i -й операции первой закрепленной детали;

$t''_{шти}$ – то же при изготовлении второй закрепленной детали;

- 3) максимальная пооперационная загрузка оборудования при обработке любой детали не должна превышать его производительность;

- 4) суммарная загрузка поточной линии на планируемый период не должна превышать действительный фонд времени ее работы, что выражается формулой (5.16).

$$\sum_{j=1}^{K_d} N_j r_j \leq \Phi_{\text{дейст}}, \quad (5.16)$$

где K_d – количество наименований деталей, закрепленных за линией;
 N_j – программа выпуска деталей j -го наименования.

При организации переменного-поточной линии необходимо определить два основных параметра – период ее полного оборота и такт потока (условный и частный).

Период полного оборота ($T_{об}$) – это время (в рабочих днях), в течение которого осуществляется последовательная обработка всех закрепленных деталей. Он определяется по формуле (5.17).

$$T_{об} = 22,5 \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{K_d} S_{\text{нал}j}}{d_j \beta \sum_{j=1}^{K_d} a_j C_{dj}} \sum_{j=1}^{K_d} \frac{P_j}{P_j - d_j}}, \quad (5.17)$$

где $S_{\text{нал}j}$ – затраты на переналадку всех станков линии при переходе к обработке деталей j -го наименования, включая стоимость простоя линии и рабочих;

d_j – среднесуточная потребность в деталях j -го наименования;

a_j – соотношение среднесуточной потребности в деталях j -го наименования и потребности в других деталях, обрабатываемых на линии;

C_{dj} – себестоимость j -й детали;

P_j – среднесуточная производительность линии при обработке j -х деталей.

Расчетное значение величины $T_{об}$ округляется до значения, равного или кратного рабочей неделе, и принимается в качестве нормативного.

Условный такт ($r_{\text{усл}}$) – это такт потока при обработке деталей, принятых в качестве базовых. К ним обычно относят детали с наибольшей программой выпуска. Условный такт определяется по формулам (5.18) или (5.19).

$$r_{\text{усл}} = \Phi_{\text{дейст}} / N_{\text{усл}} \text{ [мин/шт.]} \quad (5.18)$$

$$r_{\text{усл}} = \frac{\Phi_{\text{дейст}} t_{\text{шт.б}}}{\sum_{j=1}^{K_d} N_j t_{\text{шт}j}} \text{ [мин/шт.]}, \quad (5.19)$$

где $N_{\text{усл}}$ – общая программа выпуска в условных деталях;

$t_{шт. j}$, $t_{шт.б}$ – штучное время обработки соответственно j -й и базовой детали;

N_j – программа выпуска в условных деталях j -го наименования.

Частный такт (r_j) – это рабочий такт линии при обработке детали j -го наименования. Он определяется по формуле (5.20).

$$r_j = r_{усл} \frac{t_{шт. j}}{t_{шт.б}} \text{ [мин/шт.]} \quad (5.20)$$

На переменнo-поточных линиях необходимо стремиться к поддержанию постоянной скорости конвейера (исходя из организационных и психологических требований), что в большинстве случаев можно обеспечить путем изменения размера передаточной партии между операциями. В случае применения таких линий неизбежны потери времени, связанные с переналадкой оборудования при переходе от обработки одной детали к обработке другой. Они зависят от длительности одной наладки, очередности обработки закрепленных деталей, а также длительности периода полного оборота линии. Чем короче первая и длиннее последняя, тем меньше эти потери. Если при переходе от обработки одной детали к обработке другой время переналадки будет разным, время переналадок линии за один ее полный оборот будет минимальным только при оптимальной очередности обработки закрепленных деталей. При этом максимальное количество допустимых переналадок линии кнал за плановый период не должно превышать фонда времени, предусмотренного на эти цели, что выражается формулой (5.21).

$$K_{нал} \leq \frac{\alpha_{нал} \Phi_{ном}}{T_{нал}}, \quad (5.21)$$

где $\alpha_{нал}$ – коэффициент допустимых потерь номинального фонда времени $\Phi_{ном}$ на переналадку линии в рабочее время;

$T_{нал}$ – средняя продолжительность одной переналадки за период $T_{об}$.

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 (диаметр отверстий, шаг, диаметр резьб и т.д.). Для всех закрепленных деталей разрабатываются единые технологический процесс, набор инструмента и приспособлений, которые обеспечивают возможность одновременной (параллельной) либо поочередной (последовательной) обработки всех закрепленных деталей без переналадки оборудования с поштучным или партионным чередованием обрабатываемых деталей. В

большинстве случаев для этой цели создаются специальные приспособления с групповой наладкой всех видов оборудования, расположенного в порядке последовательности выполнения операций.

Работа групповых поточных линий может быть организована по принципу как непрерывного, так и прерывного поточного производства. В случае применения непрерывно-поточной групповой линии, схема которой показана на рис. 5.9, необходимо осуществить выравнивание операций таким образом, чтобы сумма штучных времен последовательной обработки деталей была равна или кратна такту потока, а на параллельно выполняемых операциях равенство или кратность такту должны быть обеспечены по штучному времени обработки наиболее трудоемкой детали.

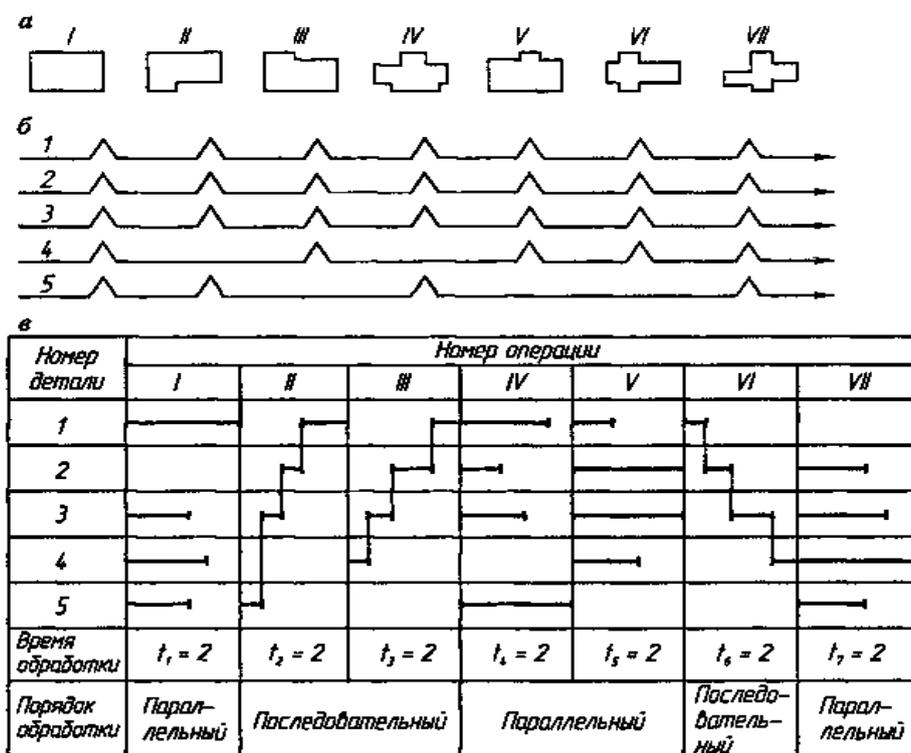


Рис. 5.9. Схема синхронизированной групповой поточной линии обработки деталей: а – технологические маршруты деталей; б – время и очередность обработки деталей; в – схема синхронизации; I-VII – операции единого технологического процесса

Такт потока групповой линии определяется так же, как и однопредметной. При этом за программу выпуска принимается количество не отдельных деталей, а комплектов.

Расчетное количество оборудования по операциям $m_{расч\ i}$, - определяется с учетом принятого способа обработки деталей.

При последовательной обработке, что выражается формулой (5.22).

$$m_{расч\ i} = \frac{\sum_{j=1}^{k_d} t_{шт\ ij}}{r}, \quad (5.22)$$

где k_d – количество деталей, последовательно обрабатываемых на i -й операции;

$t_{шт\ ij}$ – время обработки детали j -го наименования на i -й операции.

При параллельной обработке, что выражается формулой (5.23).

$$m_{расч\ i} = \frac{\max t_{шт\ ij}}{r}, \quad (5.23)$$

где $\max t_{шт\ ij}$ – время обработки наиболее трудоемкой детали на i -й операции.

Численность рабочих-операторов определяется методами, рассмотренными выше.

Организация групповых поточных линий без переналадки оборудования по сравнению с непоточным производством обеспечивает повышение производительности оборудования в 2-2,5 раза, снижение стоимости механической обработки на 40-50 %, сокращение номенклатуры используемой оснастки в 2-2,5 раза и снижение затрат на ее изготовление на 13-15 %. Следует отметить, что единовременные затраты на специальную оснастку и оборудование или его модернизацию весьма значительны. Поэтому групповые линии эффективными лишь в том случае, когда программа выпуска деталей устойчива и значительна по объему.

5.5. Автоматические поточные линии

Стремление технологов и организаторов производства осуществить идеальный производственный процесс без применения ручного труда привело к созданию автоматических поточных линий, основанных на кинематической связи рабочих мест.

Автоматическая поточная линия – это система согласованно работающих и автоматически управляемых машин-орудий, транспортных и контрольных устройств, выполняющих в определенной последовательности операции по обработке, контролю и перемещению предметов (деталей) с операции на операцию вплоть до окончания обработки без участия рабочего.

В зависимости от характера обрабатываемых предметов, масштабов и длительности их выпуска автоматические линии можно подразделить на линии, предназначенные для выполнения:

- 1) части производственного процесса по обработке детали (изделия) в пределах одной технологической стадии;
- 2) производственного процесса в целом по стадии;
- 3) процессов всех технологических стадий изготовления изделия от заготовки до сборки.

В первом случае автоматические линии являются лишь частью общей

поточной линии по обработке той или иной детали. Они выполняют наиболее простые, но трудоемкие операции, которые поддаются расчленению на более простые, что позволяет использовать специальные станки для выполнения каждой из них. Другие же, более сложные, операции выполняются на обычной линии с применением специального или универсального оборудования.

Линии второго типа предназначены для полного изготовления сравнительно несложных стандартных деталей, выпускаемых в огромных количествах в течение многих лет, например втулок (роликов) цепей.

В третьем случае в общий автоматизированный поток объединяется ряд взаимосвязанных линий, образуя при этом автоматизированный цех или завод.

5.6. Гибкие автоматизированные производственные системы и робототехника

Гибкая автоматизированная система (ГПС) – это система станков и механизмов, предназначенных для обработки различных конструктивно и технологически сходных деталей небольшими партиями или поштучно без непосредственного участия человека. Составными частями ГПС являются подсистемы: технологическая, транспортно-накопительная, инструментального обслуживания и автоматизированного управления.

Центральным элементом ГПС является **гибкая технологическая система (ГТС)**, которая представляет собой совокупность многооперационных станков с ЧПУ (типа обрабатывающего центра), непосредственно осуществляющих обработку предметов. В зависимости от количества станков в ГПС различают: гибкий производственный модуль (ГПМ); гибкую производственную линию (ГПЛ); гибкий производственный участок (ГПУ); гибкое производство цеха (ГПЦ) и завода (ГПЗ).

Гибкий производственный модуль – это технологическая единица оборудования (станок с ЧПУ), оснащенная манипуляторами или роботами для загрузки-выгрузки деталей и магазином для инструмента. Главная особенность ГПМ – возможность работы без участия человека и способность встраиваться в систему более высокого ранга. **Гибкая линия** состоит из нескольких модулей, оборудованных транспортной и инструментальной системами и управляемых микроЭВМ.

Гибкий участок – разновидность ГПЛ; он отличается составом и взаимозаменяемостью технологического оборудования и видом транспорта.

Гибкие модуль, линия, участок, представляющие собою самостоятельное производственные подразделения с взаимосвязанным технологическим оборудованием, являются основными звеньями для построения гибких производств более высокого порядка (цеха, завода).

Транспортно-накопительная подсистема представляет собой совокупность автоматизированных складов заготовок и деталей, накопителей у станков с автоматической загрузкой-выгрузкой и автоматических транспортных средств, служащих для перемещения обрабатываемых предметов

со склада к станкам и обратно (роботы-тележки, конвейеры, рольганги и т.д.).

Подсистема инструментального обслуживания включает склады инструментов и приспособлений, отделение подготовки инструмента к работе (заточки, сборки, комплектации магазинов и т.д.) и гибкую автоматизированную систему установки, снятия и перемещения инструмента со складов и обратно. **Подсистема автоматизированного управления** – это комплекс технологических средств, способных воспринимать информацию от автоматизированных систем предприятия: АСУП (календарные планы-графики), САПР (чертеж детали), АСТПП (технологический процесс обработки и контроля детали), преобразовывать ее с помощью управляющих программ, передавать команды непосредственно исполнительным органам оборудования всех подсистем ГПС.

Гибкое автоматизированное производство отличается как от производств, оборудованных автоматическими станочными линиями с кинематической связью механизмов, так и от производств, оснащенных универсальным оборудованием и автономными станками с ЧПУ. От первых оно отличается гибкостью в широком смысле слова (оборудования, технологии, продукции, объема производства и его расширения, операционной гибкостью и др.), что позволяет обрабатывать разнообразные детали и быстро менять объект производства (это практически невозможно осуществить в случае применения автоматических линий, а от вторых – высокой производительностью оборудования и труда благодаря одновременному выполнению многих операций с одной установки обрабатываемого предмета (по сравнению со станками с ЧПУ). Кроме того, ГПС может работать в автоматическом режиме круглосуточно.

Важнейшее отличие ГПС от производств, построенных по традиционной технологии или с применением автономного оборудования с ЧПУ, – возможность ее интеграции с автоматизированной системой технической подготовки производства (САПР, АСТПП), что позволяет отказаться от использования обычной технической документации (чертежей, спецификаций, технологических процессов и др.). Это вносит существенные изменения в структуру кадров по всему циклу «проектирование – изготовление продукции», повышает наукоемкость производства, увеличивает долю умственного труда в общих трудовых затратах. ГПС обеспечивают высокую производительность оборудования, приближающуюся к производительности автоматических линий и линий, скомплектованных из специализированных станков (рис. 5.10).

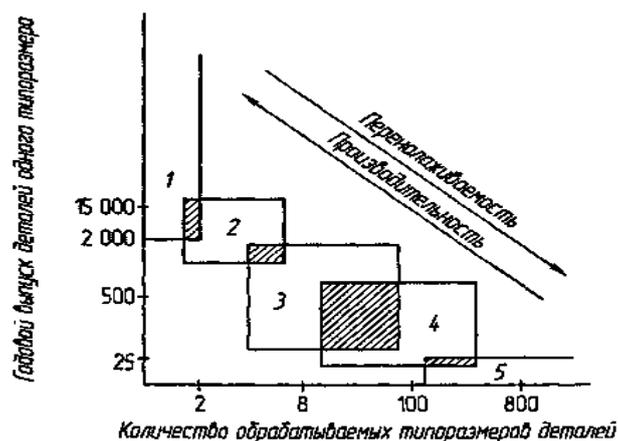


Рис. 5.10. Эффективность применения различных производств: 1 – автоматические линии из специальных станков; 2 – линии из специализированных станков; 3 – гибкие производственные системы; 4 – предметно-замкнутые участки; 5 – автономные станки с ЧПУ

Экономическая эффективность ГПС непосредственно связана с социальной. При этом определяющими факторами экономии при замене универсальных станков являются рост производительности оборудования и труда и, как следствие, высвобождение большого количества станков и станочников, а также возможность работы ГПС в третьей смене и выходные дни по безлюдной технологии. Следует учитывать и такое социальное последствие, как возможность использования высвобождаемых работников в условиях нехватки трудовых ресурсов на других производствах.

Главным недостатком ГПС является их высокая стоимость (на один-два порядка выше стоимости универсального оборудования). Поэтому в себестоимости обработки деталей в ГПС основную долю составляют амортизационные отчисления и расходы, связанные с ее эксплуатацией, а в случае применения универсальных станков – затраты на заработную плату работников и цеховые расходы. С ростом объема производства амортизационные отчисления при использовании ГПС остаются относительно постоянными, а заработная плата и расходы на эксплуатацию оборудования будут возрастать на сравнительно небольшую величину. При использовании универсального оборудования все затраты увеличиваются пропорционально росту выпуска продукции (рис. 5.11).

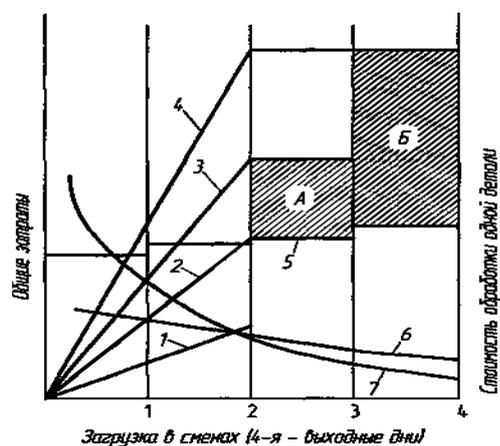


Рис. 5.11. Затраты на обработку деталей: 1-4 – на универсальном оборудовании при соответствующей сменности работы ГПС; 5 – в ГПС; 6,7 – стоимость обработки одной детали соответственно на универсальном оборудовании и в ГПС

Как видно из рис. 5.11, экономическая эффективность ГПС резко возрастает с увеличением сменности ее работы. Заштрихованная площадь А показывает величину экономии, которую можно получить при использовании ГПС в три смены, а площадь Б – в четыре (т.е. при работе в выходные дни). Другими словами, экономическая эффективность будет возрастать пропорционально загрузке ГПС во времени по непрерывному графику.

При сравнении эффективности ГПС с эффективностью автономных станков с ЧПУ определяющим фактором экономии является снижение затрат времени на переналадку при переходе к обработке других деталей. Эти затраты времени в случае применения ГПС практически отсутствуют, а при использовании станков с ЧПУ доходят до 50 % общего времени, затрачиваемого на обработку деталей. Благодаря этому потребность в технологическом оборудовании в первом случае уменьшается вдвое, а численность рабочих – еще больше. Это полностью компенсирует дополнительные капитальные затраты, необходимые для приобретения транспортно-накопительного оборудования, системы инструментального обслуживания, управляющего вычислительного комплекса.

Все эти факторы обеспечивают значительное снижение стоимости обработки деталей в ГПС по сравнению с обработкой на автономных станках с ЧПУ при экономии капитальных вложений. Следовательно, при прочих равных условиях (одинаковой номенклатуре закрепленных деталей и полной загрузке) экономические преимущества ГПС очевидны. При высокой степени надежности и работе в безлюдные смены использование ГПС может обеспечить рост производительности труда в 3–5 раз, снизив потребность в производственных площадях в 2–3 раза и сократив незавершенное производство в 8–10 раз.

Однако, как видно из рис. 5.20, гибкость ГПС имеет предел, определяемый количеством закрепленных деталей (до 100), тогда как станки с ЧПУ обладают

практически неограниченной гибкостью.

5.7. Поток в литейном, кузнечном и сборочном производстве

Литейное производство. Постоянство и строгая последовательность операций по изготовлению отливок облегчает использование методов поточного производства в литейных цехах. Большая по сравнению с массой отливок масса исходных материалов и в связи с этим большой грузооборот при их получении требуют применения большого количества транспортирующих устройств, прежде всего конвейеров, что также способствует использованию поточных методов в литейных цехах.

Литейный конвейер (рис. 5.12) состоит из четырех основных производственных участков (зон): формовочного, заливочного, охлаждения и выбивки.

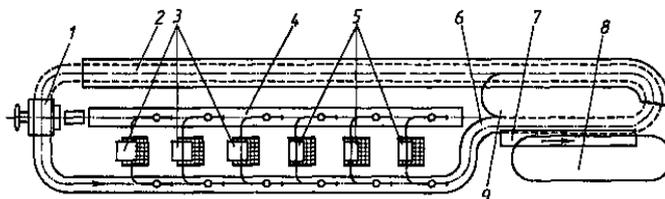


Рис. 5.12. Планировка литейного конвейера для получения средних отливок деталей трактора: 1 – полуавтоматическая выбивная установка; 2 – охлаждающий кожух; 3 – формовочные машины для изготовления нижней полуформы; 4 – пластинчатый конвейер для подачи опок; 5 – формовочные машины для изготовления верхней полуформы; 6 – литейный конвейер; 7 – заливочный транспортер; 8 – подвесной путь для транспортировки жидкого металла; 9 – конвейер для накладывания грузов

Отличительная черта главного литейного конвейера – на нем происходит процесс естественного остывания отливок, а это требует значительного его удлинения. Остывание происходит во время движения залитой литейной формы через зону (галерею) охлаждения, в которой литейный конвейер заключен в специальный кожух с отсасывающей вентиляцией. Другая особенность литейного конвейера – одновременное использование его в качестве как распределительного, так и рабочего. При этом формы изготавливаются на стационарных машинах и затем подаются для заливки. Заливка форм производится на главном конвейере, синхронно с которым работают транспортер ковшей с жидким металлом и конвейер для накладывания грузов на опоки. Остывание отливок происходит также на литейном конвейере. Таким образом, в зонах заливки и остывания литейный конвейер выступает в качестве рабочего, а в зоне выбивки выполняет функции распределительного, перемещая залитую и остывшую форму на стационарную выбивную установку с автоматическим или полуавтоматическим адресованием.

Поточное производство в литейном цехе отличается и тем, что все операции по изготовлению разных по форме и конфигурации отливок осуществляются с помощью универсального стандартного оборудования.

Поэтому литейные конвейеры являются многопредметными, в большинстве случаев – переменнo-поточными линиями. Основная операция получения отливок – формовка – легко поддается выравниванию путем перераспределения элементов операции между отдельными исполнителями и машинами.

Средний такт (ритм) конвейера r_{cp} по изготовлению одной формы определяется по формуле (5.24):

$$r_{cp} = \frac{\Phi_{дейст}}{60N_{\phi}} \text{ [мин/ф.]}, \quad (5.24)$$

где N_{ϕ} – количество форм, подлежащих изготовлению за данный календарный период.

Общее количество формовочных машин на конвейере, что выражается по формуле (5.25).

$$m_{\phi} = t_{cp}/r_{cp}, \quad (5.25)$$

где t_{cp} – среднее время изготовления одной формы.

Скорость конвейера выражается по формуле (5.26).

$$v = \frac{P_{\phi}l}{60n\eta} \text{ [м/мин]} \text{ или } v = \frac{1}{r_{cp}n\eta} \text{ [м/мин]}, \quad (5.26)$$

где P_{ϕ} – часовая производительность конвейера, равная числу форм, изготавливаемых всеми машинами, шт./ч;

l – шаг конвейера (расстояние между центрами тележек на конвейере);

n – количество форм, устанавливаемых на одной тележке;

η – коэффициент заполнения тележек (возможен проход порожних тележек); обычно η принимается равным 0,8-0,9.

Общая длина литейного конвейера $L_{л.к}$ определяется по формуле (5.27) длиной зон формовки L_{ϕ} , заливки $L_{зал}$, охлаждения $L_{охл}$ и выбивки $L_{выб}$:

$$L_{л.к} = L_{\phi} + L_{зал} + L_{охл} + L_{выб} \text{ [м]} \quad (5.27)$$

Количество тележек (площадок) на конвейере определяется по формуле (5.28).

$$m_{пл} = L_{л.к}/l \quad (5.28)$$

При этом L_{ϕ} определяется по формуле (5.29).

$$L_{\text{ф}} = m_{\text{ф}} l_{\text{ф}}; L_{\text{зал}} = M e_{\text{ф}} / v_{\text{зал}}; L_{\text{охл}} = T_{\text{охл}} v_{\text{охл}}; L_{\text{выб}} = 4 \dots 9, \quad (5.29)$$

где $l_{\text{ф}}$ – длина, занимаемая одной формовочной машиной вдоль рабочей зоны конвейера, м;

$M e_{\text{ф}}$ – металлоемкость одной формы, кг/шт.;

$v_{\text{зал}}$ – скорость заливки металла, кг/мин;

$L_{\text{охл}}$ – максимальная продолжительность остывания отливок, мин);

$v_{\text{охл}}$ – скорость охлаждения.

В литейном производстве, характеризующемся крайне дискомфортными условиями труда (высокая температура, загазованность, вредные выделения, запыленность и др.), во многих случаях эффективно применение роботов для выполнения вспомогательных операций, особенно связанных с перемещением горячего и раскаленного металла (рис. 5.13).

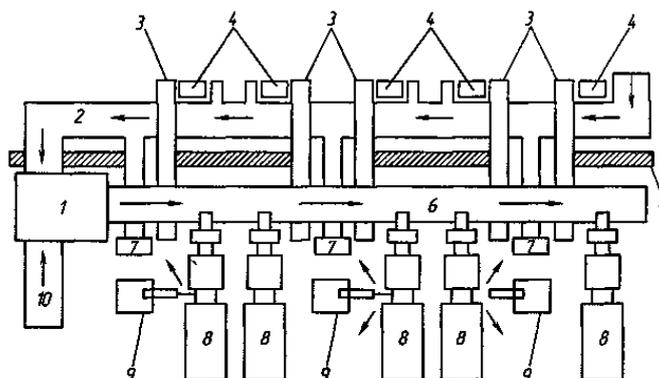


Рис. 5.13. Схема цинкового литейного конвейера с применением роботов:
 1 – плавильная печь; 2 – конвейер для возврата металллолома; 3 – конвейеры для уборки готовых отливок; 4 – обрезные прессы с применением ручного труда; 5 – разделительная стенка; 6 – желоб для жидкого металла; 7 – автоматические обрезные прессы;
 8 – разливочные машины; 9 – роботы; 10 – конвейер для подачи слитков

В литейном производстве перспективно применение **автоматизированных литейных комплексов**, базирующихся на автоматических линиях формовки и выбивки опок. Автоматизированный литейный комплекс включает вертикально замкнутый цепной конвейер заливки и охлаждения форм и две линии автоматической формовки, каждая из которых состоит из четырех работающих независимо участков, объединенных приводными рольгангами. Такой конвейер обладает производительностью до 560 форм в час при скорости конвейера до 6,3...9,4 м/мин, обеспечивает значительное улучшение условий труда.

Кузнечное производство. Применение современной высокопроизводительной техники для получения поковок и штамповок (механические ковочные прессы, паровоздушные молоты, гидро- и пневмопрессы для скоростной штамповки, оборудование для электрического и

газового скоростного нагрева), строгая последовательность выполнения операций создают благоприятные предпосылки для организации потока в кузнечно-штамповочных цехах.

Вместе с тем высокая производительность кузнечно-штамповочного оборудования по сравнению с производительностью оборудования для обработки резанием и связанное с этим несоответствие типов производства в механических и кузнечных цехах приводят к преобладанию в последних многопредметных поточных линий. Как правило, такие линии создаются переменнo-поточными со свободным ритмом. За ними закрепляется номенклатура заготовок, требующих одинакового по мощности формообразующего оборудования, специализированного на получении однородных заготовок деталей (валов, шестерен, кулаков, вилок и др.).

На рис. 5.14 показана поточная линия штамповки заготовок шестерен на механическом ковочном прессе со свободным ритмом. Соотношение усилий обрезающих и штамповочных прессов 1:10. Нагрев заготовок осуществляется током высокой частоты в ковочно-индукционных нагревателях.

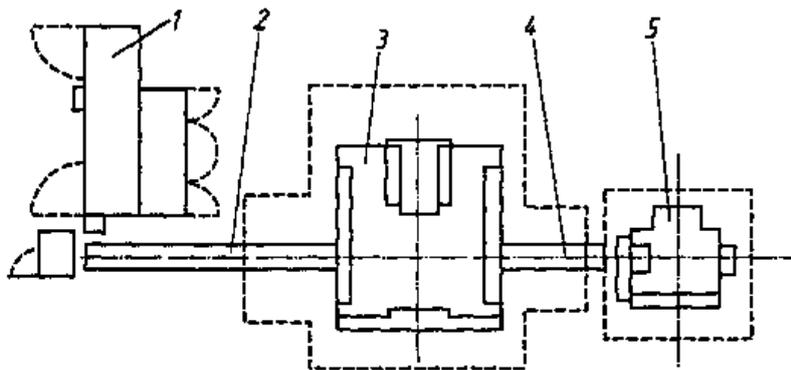


Рис. 5.14. Схема поточной линии штамповки заготовок шестерен на механическом ковочном прессе: 1 – ковочно-индукционный нагреватель; 2 – цепной транспортер; 3 – кривошипный ковочно-штамповочный пресс усилием 1500 тс.; 4 – пластинчатый транспортер; 5 – обрезающий пресс усилием 160 тс

В кузнечном производстве на операциях, связанных с манипулированием крупными раскаленными слитками, эффективно применение робототехники. На рис. 5.15 показана схема поточной линии штамповки коленчатых валов с применением роботов для подачи заготовок на конвейер и их перемещения, штамповочный молот и обрезающий пресс.

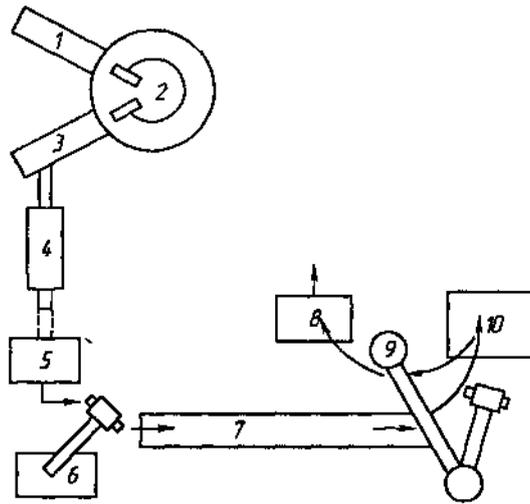


Рис. 5.15. Схема поточной линии штамповки коленчатых валов с использованием роботов: 1 – автоматический загрузчик; 2 – круговая печь с поворотным подом; 3 – разгрузочный механизм; 4 – автоматический подаватель; 5 – заготовительный молот; 6, 9 – роботы; 7 – пластинчатый конвейер; 8 – обрезной пресс; 10 – штамповочный молот

При организации многопредметных поточных линий штамповки заготовок большое значение имеет сокращение времени переналадки оборудования и замены штампов. В настоящее время на эту работу при переналадке сложных штампов затрачивается до 4...6 ч и более, что диктует необходимость работы оборудования крупными партиями.

Японская фирма «Тойота» добилась сокращения этого времени до 10 мин путем внедрения переналадки «в одно касание». Это достигнуто за счет стандартизации внешних габаритов штампов и приспособлений, используемых на данном прессе, что позволяет обеспечить их быструю установку и снятие; выполнения операций по наладке штампа, апробирования его работы и штамповки пробных деталей вне основного оборудования, т.е. путем так называемой «внешней наладки» (она осуществляется на вспомогательном оборудовании параллельно со штамповкой других деталей на основном оборудовании).

Все это позволяет получать заготовки небольшими партиями и сочетать гибкость производства с высокой производительностью оборудования.

Сборочное производство. По сравнению с другими производствами в сборочном производстве операции более взаимозаменяемы и легко поддаются расчленению на простые элементы и компоновке в новые, что позволяет добиваться высокой степени их выравнивания при сведении к минимуму простоев рабочих. Это облегчает применение потока даже в серийном производстве.

В зависимости от методов перемещения собираемых машин в сборочном производстве различают следующие виды поточной сборки:

- 1) изделие остается неподвижным, а рабочие-сборщики перемещаются по ходу технологического процесса (**стационарная поточная сборка**).
- 2) изделие транспортными средствами периодического действия

передается на участок для выполнения совокупности сборочных операций (**групповая, или бригадная, поточная сборка**);

3) изделие непрерывно перемещается по ходу технологического процесса с перемещением или без перемещения рабочих-сборщиков (**непрерывно-поточная конвейерная сборка**);

4) изделие периодически перемещается конвейером по ходу технологического процесса, а рабочие-сборщики остаются на своих рабочих местах или перемещаются вместе с изделием (**пульсирующая конвейерная непрерывно-поточная сборка**).

В большинстве случаев (кроме сборки мелких изделий и приборов) в сборочных цехах используются рабочие конвейеры и сборка изделий производится непосредственно на них.

Планировка сборочных поточных линий осуществляется таким образом, чтобы к линии окончательной (общей) сборки примыкали линии узловой сборки последней операции в тех местах, где начинается первая операция по монтажу данного узла на главном сборочном конвейере. На рис. 5.16 приведена схема планировки цеха сборки тракторных двигателей, на которой показаны линии узловой сборки, примыкающие к главному сборочному конвейеру.

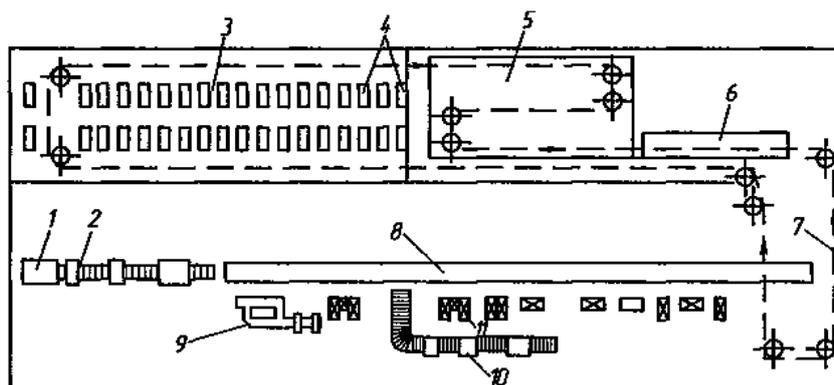


Рис. 5.16. Схема планировки цеха сборки тракторных двигателей: 1 – моечная машина блока; 2 – линия установки коленчатого вала и гильз; 3 – испытательная станция; 4 – испытательные стенды; 5 – отделение окраски и сушки; 5 – отделение доукомплектования (установка стартера, генератора, вентилятора); 7 – подвесной транспортный конвейер; 8 – главный сборочный (тележечный) конвейер; 9 – линия сборки шатунно-поршневой группы; 10 – линия сборки головки блока; 11 – стеллажи и бункера для хранения заделов деталей

На непрерывных рабочих конвейерах с большим тактом потока рабочий перемещается вместе с собираемым изделием. На конвейерах с малыми тактом и высокой скоростью операция сборки выполняется во время прохождения изделия мимо рабочего места без передвижения рабочего. В первом случае по окончании операции рабочий или бригада возвращается на первоначальное место в отведенной для данной операции зоне и начинает сборку следующего изделия. При этом занятость рабочего на операции $t_{оп}$ складывается из времени выполнения операции сборки $t_{шт}$ и времени возвращения его на исходное место

$t_{вз}$, что выражается формулой (5.30):

$$t_{оп} = t_{шт} + t_{вз} \quad (5.30)$$

Расстояние возврата выражается по формуле (5.31):

$$l_{вз} = \frac{t_{вз} + t_{шт}}{r} l, \quad (5.31)$$

где l – шаг конвейера, м.

На пульсирующих конвейерах сборка осуществляется во время остановки конвейера для выполнения операции. По окончании операции через величину такта потока все изделия перемещаются конвейером на расстояние, равное расстоянию между смежными операциями или между изделиями (шаг), после чего конвейер снова останавливается для выполнения операций.

В случае, когда длительность операции не превышает длительность такта потока, занятость рабочего, что выражается формулой (5.32):

$$t_{оп} = t_{шт} + t_{тр}, \quad (5.32)$$

где $t_{тр}$ – время перемещения пульсирующего конвейера на один шаг: $t_{тр} = l/v_{тр}$;
 $v_{тр}$ – транспортная скорость конвейера.

Если длительность операции превышает длительность такта, то в общее время занятости рабочего будет входить и время его возвращения в исходную рабочую зону сборки, что выражается формулой (5.33):

$$t_{оп} = t_{шт} + t_{тр} + t_{вз}. \quad (5.33)$$

Шаг конвейера чаще всего определяется длиной собираемого изделия и необходимым промежутком между изделиями или габаритами приспособлений, на которых осуществляется сборка (длиной тележки, подставки, площадки, кондуктора и т.п.).

Рабочие места сборки располагаются вдоль конвейера; для каждой операции отводится рабочая (операционная) зона, границы которой целесообразно отмечать соответствующими знаками.

Расчетное количество рабочих мест на операции $m_{расч\ i}$ определяется по формуле (5.34) и округляется до ближайшего большего числа $m_{прин\ i}$:

$$m_{расч\ i} = t_{оп\ i}/r \quad (5.34)$$

Скорость пульсирующего принимается максимально возможной исходя из

сил инерции и условий безопасной работы (до 20 м/мин). Длина рабочей зоны на операции $l_{p.z. i}$ определяется по числу принятых рабочих мест по формуле (5.35):

$$l_{p.z. i} = l m_{\text{прин } i}. \quad (5.35)$$

На операциях сборки со значительными колебаниями их длительности в большую сторону до величины $\max t_{\text{оп } i}$; предусматривается выделение резервных зон, расчетная длина которых определяется по формуле (5.36) и округляется до ближайшего большего числа, кратного шагу конвейера l , т.е. $l_{\text{рез } i} = m_{\text{рез } i} l$, где $m_{\text{рез } i}$ – число резервных делений, которые необходимо добавить к нормальной зоне.

$$t_{\text{рез } i} = (\max - t_{\text{оп } i})/r \quad (5.36)$$

Таким образом, общая длина рабочей зоны на i -й операции, что выражается по формуле (5.37):

$$l_{\text{оп } i} = l_{p.z. i} + l_{\text{рез } i} = l(m_{\text{прин } i} + m_{\text{рез } i}) \quad (5.37)$$

В ряде случаев для уменьшения общей длины конвейера (при возможности выполнения сборочных операций параллельно) рабочие места располагаются по обеим сторонам конвейера (рис. 5.17). Общая длина непосредственно рабочей части конвейера, где за $m_{\text{прин}}$ принимаются лишь рабочие места и резервные зоны, расположенные вдоль одной стороны конвейера, т.е. без операций, выполняемых параллельно.

Хотя в сборочном процессе совершаются, как правило, простые действия, применение робототехники по всему фронту сборочных работ в настоящее время и в обозримом будущем будет весьма ограниченным из-за сложности конфигурации и непредсказуемости траектории движения даже на одной и той же операции, а тем более на разных операциях. Однако на операциях, где собираемый предмет можно точно зафиксировать в пространстве и во времени, на тяжелых и вредных операциях и там, где можно выработать стандартную траекторию рабочих движений, применение роботов весьма эффективно (в частности, при сборке и сварке кузовов легковых автомобилей и кабин грузовых автомобилей, при их окраске и на других операциях с частой повторяемостью при постоянной траектории рабочих движений).

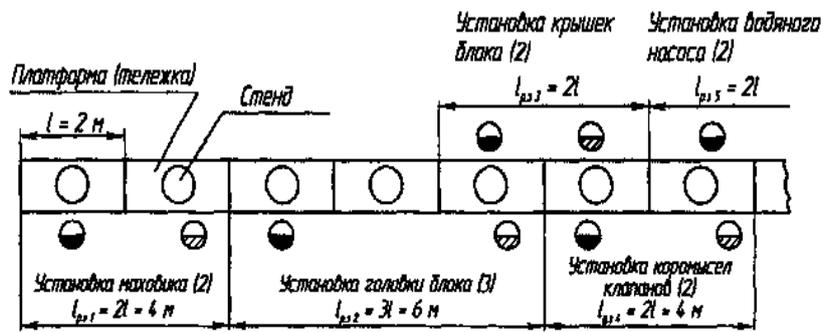


Рис. 5.17. Схема части рабочего конвейера сборки двигателя с последовательным и параллельным расположением рабочих мест: ● — место рабочего в начале операции;

◐ — место рабочего по окончании операции;

○ — сборочный стенд; (2), (3) — количество рабочих мест

При организации конвейеров особое внимание следует обратить на устранение факторов, вызывающих утомление рабочих вследствие монотонности и однообразия выполняемых операций. Основными направлениями, способствующими снижению утомляемости при работе на конвейерах, являются: укрупнение и совмещение отдельных коротких операций; укрупнение ритма до физиологически и психологически безвредных границ; совмещение профессий, позволяющее рабочему переходить с операции на операцию; введение специальных производственных пауз, используемых для отдыха и проведения производственной гимнастики, и др.

РАЗДЕЛ II. ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА (ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ)

ТЕМА 6. ЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

- 6.1. Понятие о подготовке производства.
- 6.2. Жизненный цикл новой продукции и его влияние на показатели ее производства и использования.
- 6.3. Планирование работ по подготовке производства новых изделий.
- 6.4. Автоматизация проектирования продукции

6.1. Понятие о подготовке производства

Под **подготовкой производства** понимается комплекс исследовательских, опытно-конструкторских, проектных, плановых и организационных работ, связанных с проектированием и освоением в производстве новых изделий.

Подготовка производства новых изделий требует значительных затрат. В успешно действующих компаниях на разработку продукции и выведение ее на рынок затрачивается около 4 % общего объема продаж, в том числе: на исследование и разработку – около 2 %, на коммерциализацию (маркетинг, реклама, дизайн и т.п.) – около 1 %, на развитие рынка после освоения нового изделия – примерно столько же.

Подготовка производства включает:

- маркетинговые исследования и формирование требований к новой продукции;
- научно-технические исследования;
- опытно-конструкторские работы;
- разработку технической документации;
- организационно-плановые работы, обеспечивающие готовность предприятия к выпуску новых изделий.

В условиях рыночной экономики при формировании требований к новой продукции на первое место выходит **концепция маркетинга**, предполагающая тщательное изучение требований потребителя к продукции и возможностей ее сбыта. Разработке новой продукции должны предшествовать глубокие маркетинговые исследования, результаты которых необходимо довести до каждого специалиста предприятия, участвующего в разработке и изготовлении новой продукции (конструктора, технолога, производственника и др.). Каждый из них должен знать, какая продукция и сколько ее потребуется потребителям, какие свойства привлекают их, какую цену они готовы заплатить, где и когда эта продукция им потребуется.

Но маркетинг имеет и другую сторону. Новые, улучшенные свойства продукта, его высокое качество и отличие от других продуктов, включая цену, необходимо довести до потребителя. Без этого никогда не возникнут новые

потребности. Именно поэтому разработку новой продукции и доведение информации о ее свойствах до потребителя следует рассматривать в единстве спроса и предложения, включая широкую, но правдивую рекламу.

Цель **научно-технических исследований** – расширить знания, необходимые для создания новой техники, технологий, материалов, разработать методы организации производства и изыскать пути их использования при разработке новой продукции с более высокими технико-экономическими характеристиками в соответствии со сформулированными требованиями в короткий срок. Таким образом, научно-технические исследования обосновывают технико-экономические преимущества новых изделий в области производительности, надежности, долговечности, КПД и другие показатели и в конечном счете определяют эффективность нового изделия. Так или иначе они пронизывают все этапы подготовки новых изделий.

При проведении **опытно-конструкторских работ** подробно анализируются варианты выполнения технических решений для создания изделия с заданными параметрами, разрабатываются и изготавливаются опытные образцы, которые затем подвергаются всесторонним испытаниям. На большинстве машиностроительных предприятий опытно-конструкторские работы совмещаются с разработкой технической документации серийного или массового производства и становятся частью работ по технической подготовке производства.

Под **технической подготовкой производства** понимается комплекс проектных и экспериментальных работ и процессов, связанных с разработкой новых и совершенствованием выпускаемых машин, действующих технологических процессов, технологической оснастки и нестандартного оборудования.

Техническая подготовка, осуществляемая на машиностроительном предприятии, состоит из двух основных частей – конструкторской и технологической. **Конструкторская подготовка** – это совокупность проектных и экспериментальных работ, связанных с разработкой новых и совершенствованием выпускаемых машин и их частей. **Технологическая подготовка** состоит из проектных, экспериментальных работ по разработке и совершенствованию технологических процессов, изготовлению оснастки и необходимого нестандартного оборудования.

При выполнении работ по технической подготовке должны быть решены следующие основные задачи:

- 1) создание конструкций новых машин с более высокими эксплуатационными параметрами, технологичных в изготовлении, обеспечивающих снижение издержек в отраслях, производящих и использующих эти машины, что обеспечивает неуклонный рост производительности общественного труда; при этом затраты на производство новых машин должны расти в меньшей мере, чем их полезный эффект;

- 2) разработка и внедрение наиболее совершенных, предназначенных для конкретных условий производства технологических методов и способов

получения заготовок, обработки деталей, узловой и общей сборки, повышающих технико-экономические показатели производства, его ритмичность, рентабельность, производительность труда;

3) разработка и осуществление мероприятий по уменьшению длительности, трудоемкости и стоимости всех работ, входящих в комплекс технической подготовки, что ускоряет темпы технического развития и повышает эффективность производства и эксплуатации машин.

В результате осуществления комплекса работ по технической подготовке производства создается техническая документация, определяющая:

- все конструктивные элементы новой машины, доведенной в результате испытаний и доработок опытного образца или опытной серии до современных требований производства и эксплуатации техники этого класса;

- наиболее рациональные способы получения заготовок, обработки деталей, узловой и общей сборки машины, нормы расхода материальных и трудовых ресурсов на ее изготовление;

- конструкцию и способы изготовления всех видов технологической оснастки и нестандартного оборудования, необходимых для изготовления отдельных элементов машины и ее сборки;

- комплект изготовленной и доведенной до совершенства технологической оснастки и специального оборудования, обеспечивающих осуществление технологического процесса по изготовлению новых машин в заданном объеме и технико-экономических показателях производства.

Конструкторская и технологическая документация содержит всю информацию, необходимую для организации как основного, так и вспомогательного производства. Эта информация состоит из различных нормативов, на основе которых устанавливаются все параметры будущего производства. По этим нормативам определяют: потребность в оборудовании и инструменте, материалах и рабочей силе, уровень материальных, трудовых и денежных затрат на изготовление отдельных деталей и машин в целом, календарно-плановые нормативы движения производства, квалификационный состав кадров и др.

Техническая подготовка нового изделия дополняется комплексом работ, связанных с организацией производства, труда, материально-технического снабжения, с решением экономических и финансовых вопросов и выполняемых соответствующими отделами и службами предприятия. Этот комплекс работ принято называть **организационной подготовкой производства**.

Мероприятия по организации производства новых изделий должны обеспечить максимально возможную преемственность в реализации принципов специализации, пропорциональности, параллельности, непрерывности, прямоочности и ритмичности процесса. Для этого в ряде случаев необходимо предусмотреть реконструкцию и перепланировку производственных участков и цехов, модернизацию действующего оборудования.

Мероприятия по организации труда включают: подготовку, переподготовку и расстановку исполнителей, связанных с освоением в

производстве новых изделий; организацию материального и морального стимулирования за быстрое освоение новых изделий; проведение воспитательной и идеологической работы, в том числе создание благоприятного психологического микроклимата во всех подразделениях; нормирование и организацию оплаты труда, в том числе разработку систем оплаты за быстрое освоение новых изделий. Осуществление этих мероприятий должно обеспечить полную готовность коллектива к производству новых изделий.

Создание и освоение новых изделий в установленные сроки диктуют необходимость организации материально-технического снабжения предприятия, его подразделений всеми видами сырья, материалов, средств труда. Для этого необходимо заранее осуществить ряд работ: разработать нормы расхода и запасов материальных ресурсов; установить связи с поставщиками; согласовать с ними объемы и сроки поставки; заключить с ними договоры; своевременно обеспечить цехи и участки всем необходимым в сроки, предусмотренные планом освоения нового изделия, и т.д.

Работы по подготовке производства новых изделий включают и выполнение функций, связанных с экономикой производства: определение экономической целесообразности и эффективности производства и эксплуатации новых изделий; определение затрат и цен на них; разработка технико-экономических показателей предприятия и путей их достижения по отдельным срокам освоения новых изделий.

Организация финансирования включает определение объема денежных затрат, сроков и источников финансирования отдельных мероприятий по подготовке производства новых изделий, а также сроков возврата заемных средств кредиторам и т.п.

Особое место в организации подготовки производства новых изделий занимает определение сроков замены их моделей и планирование работ по ее осуществлению, что связано с жизненным циклом изделия.

6.2. Жизненный цикл новой продукции и его влияние на показатели ее производства и использования

Время, в течение которого осуществляется разработка новой продукции, ее освоение и изготовление на предприятии вплоть до снятия с производства, принято называть **жизненным циклом продукции**.

В жизненном цикле можно выделить два характерных периода: время, в течение которого осуществляется разработка новой продукции, и время, в течение которого продукция производится и потребляется обществом. В первый период предприятие затрачивает крупные средства («работает») на новую продукцию, во второй оно получает от нее доход за счет производства и реализации (новая продукция «работает» на предприятие). Казалось бы, предприятию выгодно максимально продлить второй период, поскольку в это время оно не несет дополнительных расходов на разработку и внедрение новой

продукции. Однако этот период имеет предел, обусловленный экономическими и социальными факторами. Это связано с тем, что продукция с момента ее появления обеспечивает социально-экономический эффект лишь до определенного момента, после которого она морально стареет и ее дальнейшее производство и использование приносит ущерб предприятию независимо от уровня ее стоимости (резко снижается, а иногда и полностью прекращается спрос на нее, и, как следствие, падает прибыль, растут убытки). Другими словами, с момента появления новой продукции эффект от ее использования быстро увеличивается до максимальной величины, а затем начинает уменьшаться до нуля или даже до отрицательной величины.

На рис. 6.1 приведен типичный график изменения затрат и эффекта в различные периоды жизненного цикла новой продукции, а на рис. 6.2 – кривая жизненного цикла изделия в системе маркетинга.

Уровень затрат и эффекта зависит от двух основных факторов: 1) частота появления новых научно-технических идей и качество их отбора; 2) глубина анализа и тщательность проработки технических решений.

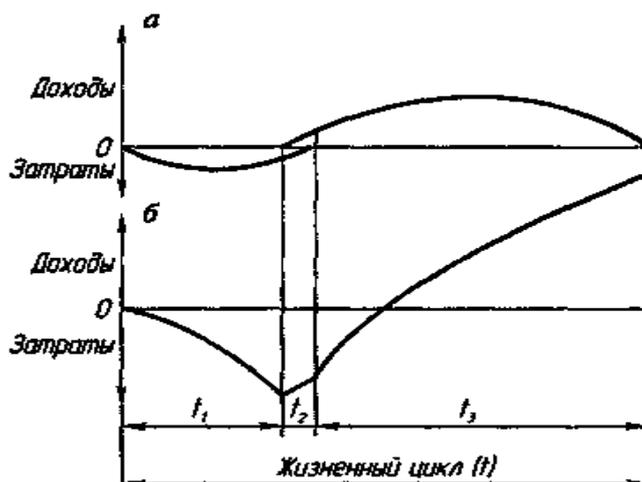


Рис. 6.1. График изменения затрат и эффекта в течение жизненного цикла нового изделия: а – годовые затраты и доходы; б – накопленные; t_1 – время разработки; t_2 – время внедрения в производство; t_3 – время серийного (массового) производства

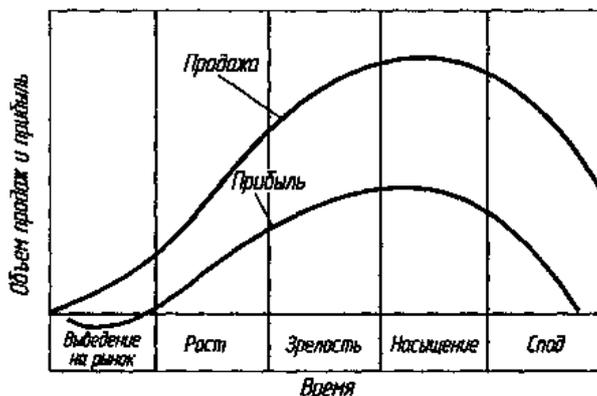


Рис. 6.2. Кривая жизненного цикла изделия в системе маркетинга

На жизненный цикл новой продукции влияют следующие основные факторы:

1) масштабы полезных свойств новой продукции по сравнению со свойствами старой (например, уровень полезной, т.е. используемой потребителем, производительности; чем выше производительность машины, тем меньше удельные капиталовложения, приходящиеся на единицу конечной продукции, производимой машиной, и короче период смены моделей);

2) темпы снижения текущих издержек при использовании новой продукции и уменьшение ее стоимости в расчете на единицу полезности; чем лучше эти показатели, тем короче жизненный цикл изделия;

3) долговечность (срок службы) продукции; чем выше этот показатель, тем короче (при прочих равных условиях) период смены моделей.

Первый фактор является одним из решающих при разработке новых моделей машин специального назначения, для производства с их помощью в массовых количествах однородной продукции или выполнения однородных работ, где возможности использования высокой единичной производительности неограниченны. Именно поэтому в таких машинах она возрастает от модели к модели высокими темпами (турбогенераторы, прокатные станы, карьерные автосамосвалы, доменные печи).

При разработке новых моделей ряда выпускаемых в массовом количестве машин возможности обеспечить рост производительности ограничены. К тому же высокая производительность сдерживается условиями эксплуатации (например, повышенная скорость автомобиля в городах при коротких рейсах или в условиях бездорожья). Поэтому при разработке новых моделей таких машин главное внимание уделяется снижению текущих издержек по их эксплуатации.

Один из наиболее эффективных путей сокращения сроков начала производства новой продукции – приобретение лицензий на право изготовления изделия по документации, подготовленной другими разработчиками. В этом случае обеспечивается быстрое освоение выпуска новых изделий при отсутствии собственного высокого научно-технического потенциала (т.е. необходимых для разработки этой продукции кадров соответствующей квалификации).

Если предприятие по одним частям нового изделия приобретает лицензии, чем ускоряет проектирование, а по другим продает, то оно получит полноценную прибыль в размерах, которые достигаются при минимальных сроках создания нового изделия в целом своими силами. Такая ситуация отражена на рис. 6.3, где заштрихованная площадь со знаком «-» показывает уменьшение дохода за счет приобретения лицензии, а со знаком «+» – его увеличение, если удастся по новым разработкам продать лицензии.

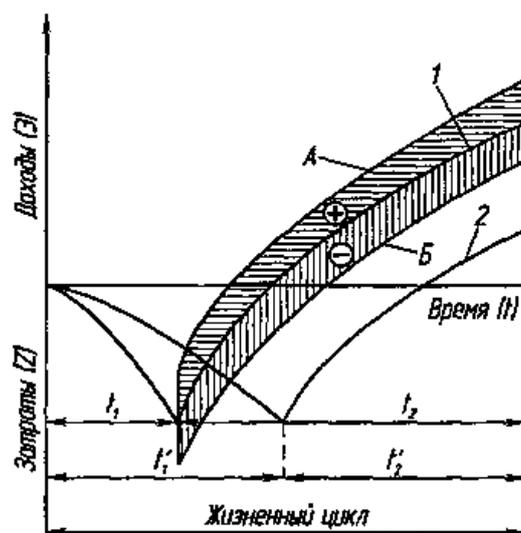


Рис. 6.3. Изменение эффективности новой продукции с изменением «скорости» ее проектирования (соответственно при малых (кривая 1) и больших (кривая 2) сроках): А – при продаже лицензий на ряд узлов и частей нового разработанного изделия; Б – при покупке лицензий на ряд узлов и частей разрабатываемого изделия; t_1, t_1' – время соответственно разработки и внедрения (проектирования); t_2, t_2' – время производства

Одним из важных путей сокращения времени разработки является развитие и укрепление опытно-экспериментальных баз предприятий-разработчиков, и прежде всего оснащение их средствами для ускорения стендовых испытаний новой продукции. Стенды имитируют все условия будущей эксплуатации и экстремальные внешние воздействия (жару и холод, сушь и влажность, ударные нагрузки, вибрации, запыленность, загазованность, абразивную среду и плохие дороги – в общем все то, что определяет надежность машин при их использовании в реальных условиях).

6.3. Планирование работ по подготовке производства новых изделий

Важнейшей составной частью подготовки производства является планирование работ, в первую очередь по технической подготовке как наиболее трудоемких и продолжительных, определяющих длительность разработки и освоения в производстве новых изделий.

На рис. 6.4 схематически показана схема разработки технической документации конструкторским и технологическим отделами. Большой объем и сложность работ, связанных с разработкой и внедрением в производство конструкций новых машин, требуют организации отдельных элементов технической подготовки по определенному плану. Техническая подготовка – начальный этап изготовления машины и составная часть плана-графика выполнения заказа, непосредственно связанная с текущей программой единичного производства, разрабатываемой производственным отделом завода.

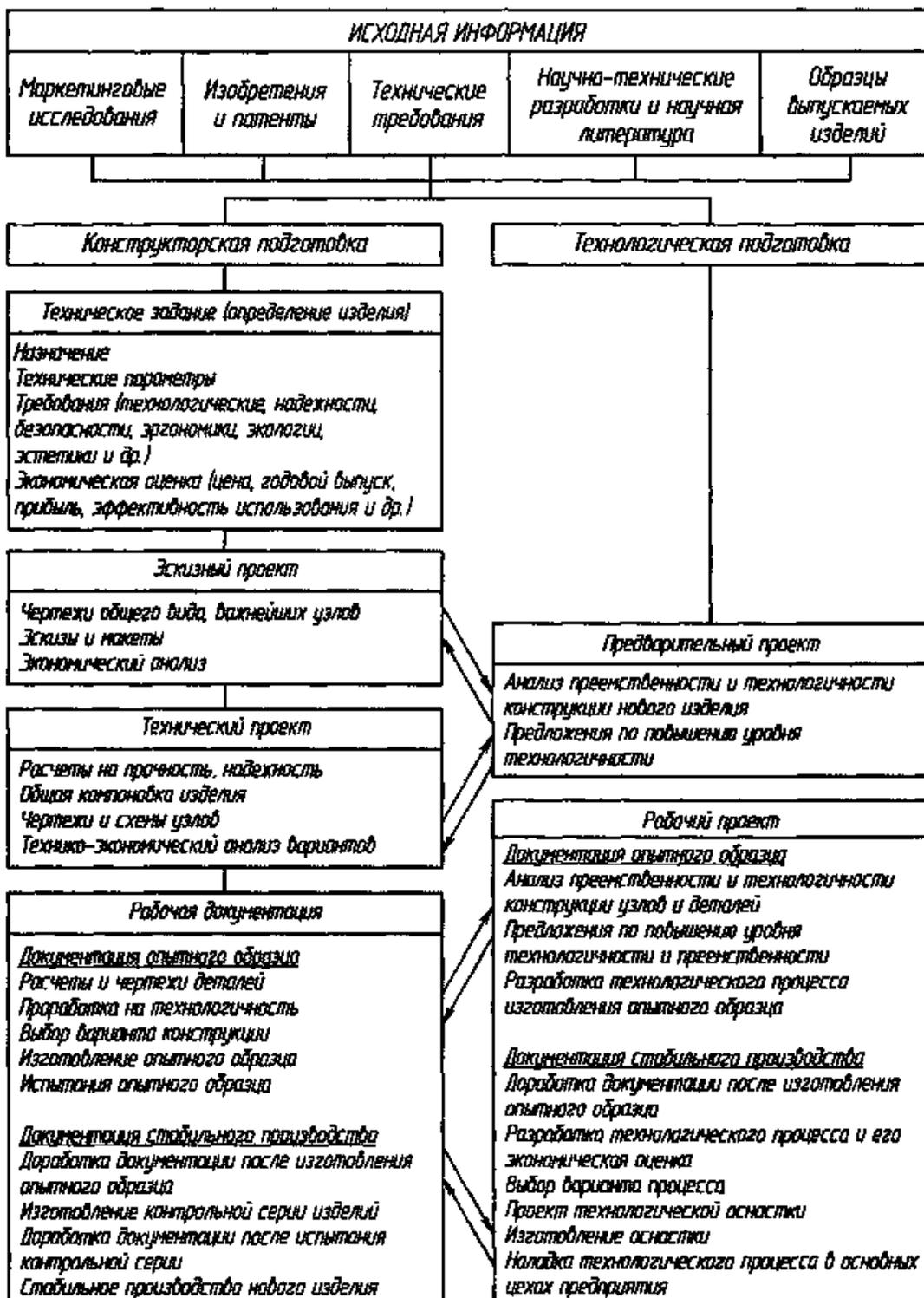


Рис. 6.4. Схема разработки технической документации нового изделия

В серийном и массовом производстве с устойчивой номенклатурой продукции техническая подготовка имеет циклический характер. Техническая подготовка в серийном и массовом производстве непосредственно не связана с выполнением текущей программы завода и потому планируется самостоятельно, стыкуясь с производственной программой выпуска нового изделия на последней стадии ее выполнения.

Цель планирования – установление календарных сроков выполнения и стоимости технической подготовки производства в целом и ее отдельных этапов.

Объем работ определяется в натуральных и трудовых показателях.

Натуральные показатели характеризуют объем предстоящих работ в физических единицах, выбор которых обусловлен назначением и сложностью будущего изделия, типом производства, общим количеством деталей, в том числе оригинальных, их сложностью, количеством технологических процессов и операций в них, количеством видов и наименований технологической оснастки, подлежащей проектированию и изготовлению.

Обычно усовершенствование конструкции сопровождается увеличением общего количества деталей как за счет некоторого расширения функциональных возможностей (Например, оснащение дополнительными приводами, механизмами, декоративными деталями и т.п.), так и за счет расчленения сложных деталей на более простые, исходя из задачи максимального обеспечения технологичности. Однако достижения в технологии могут способствовать и обратному процессу – получению более сложных деталей вместо многих отдельных. Замена ручной сварки кузова автоматической и внедрение холодной штамповки в массовом производстве легковых машин делает эффективным создание цельносварной конструкции кузова из отдельных сложных штампованных деталей вместо сборной из многих частей. Широкие возможности для замены многодетальных частей машины монолитными открывает использование прочных пластмасс.

Зная основные направления в развитии конструкции и технологии производства машин определенного класса, завод, специализирующийся на их выпуске, может с достаточной для перспективного планирования точностью определить общее количество наименований деталей будущей машины. Помимо этого, важно определить количество оригинальных деталей. Количество оригинальных деталей определяется на основе анализа конструктивной преемственности и применимости отдельных сборочных единиц в машинах разных типов и в различных моделях одной и той же машины. Практика показывает, что функциональное разнообразие машин достигается разнообразием их частей или агрегатов, выполняющих основную функцию.

При разработке конструкций новых металлорежущих станков применяется до 93-95 % ранее освоенных или стандартизованных деталей. С учетом этого приближенно определяется число наименований оригинальных деталей в конструкции будущей машины. Общее количество оригинальных деталей распределяется по группам конструктивной и технологической сложности. В станкостроении, например, все детали металлорежущих станков разбиваются по конструктивной сложности на шесть, а по технологической сложности – на пять групп. При этом чем тяжелее станки, тем больше удельный вес сложных деталей.

В ряде конструкторских организаций, кроме того, применяется разбивка изделий, сборочных единиц и деталей по группам новизны и массе. Так,

например, к I группе новизны относятся механизмы и узлы с незначительной конструктивной переработкой, а к V группе – новые конструктивно оформленные узлы с применением принципиально новых схем (гидравлических, пневматических, электрических и др.). По массе корпусные детали предлагается разделить на три группы: массой до 100 кг, от 100 до 500 кг и от 500 до 1000 кг. Таким образом, на основании данных об общем количестве деталей, в том числе оригинальных, в конструкции машин, их сложности и новизне можно определить объем и сложность конструкторской документации.

Количество карт и другой документации, связанной с проектированием технологических процессов, обусловлено количеством и сложностью оригинальных деталей, видами заготовок, типом производства и степенью применения типовых процессов. Так, среднее количество операционных карт на механическую обработку одной оригинальной детали в массовом производстве достигает десяти.

Количество технологической оснастки зависит от типа производства и характеризуется так называемым **коэффициентом технологической оснащённости**, который определяется отношением общего количества наименований оснастки к общему количеству наименований деталей. В массовом производстве легковых автомашин он бывает равен 12-20 и более. Коэффициент оснащённости некоторых технологически сложных деталей, например коленчатых валов двигателя, достигает 350.

Трудовые показатели характеризуют объем затрат труда на выполнение работ по технической подготовке производства в целом и отдельных ее частей и этапов. Он определяется обычно в норма-часах на основании объема работ в натуральном выражении и нормативов трудоемкости. **Нормативы трудоемкости** – это нормированное количество труда, которое должно быть затрачено на выполнение определенной работы по технической подготовке производства. В зависимости от назначения и степени детализации нормативы трудоемкости делятся на **укрупненные** и **дифференцированные**. Нормативы первой группы представляют собой средневзвешенные нормы времени в расчете на единицу измерения (обычно на одну деталь без учета сложности) и применяются для укрупненных расчетов затрат труда по отдельным частям, разделам и этапам технической подготовки и разработки календарных графиков их выполнения. Вторая группа – это нормы на разработку технических документов (обычно также на деталь) в зависимости от вида работ, сложности, новизны, массы и других характеристик. Эти нормативы применяются для планирования (а в ряде случаев – и для оплаты труда) работы отдельных подразделений технической подготовки по стадиям, этапам, группам узлов и деталей. На их основе осуществляется оперативное планирование и руководство разработками на короткий период времени.

Нормативы трудоемкости работ по технологической подготовке производства построены по такому же принципу, как и по конструкторской, – на деталь в зависимости от вида работ и группы ее сложности, а по

технологической оснастке – от сложности и количества деталей в ней. Конечно, в условиях машинного проектирования и моделирования эти нормы устарели и приводятся лишь для того, чтобы показать структуру и примерное соотношение затрат времени. Освобождая конструктора и технолога от ручной работы, от них требуется большего времени на мыслительную работу по поиску лучших вариантов технических решений и их глубокую проработку.

Завершающий этап работ по планированию технической подготовки производства – разработка календарных планов как выполнения комплекса работ в целом, так и по отдельным этапам и подразделениям завода. В них перечисляются все этапы работ, их объем, последовательность выполнения, продолжительность, сроки и исполнители.

На предприятии составляют:

- 1) сводный комплексный цикловой перспективный график технической подготовки и освоения производства новых изделий;
- 2) график конструкторской подготовки производства;
- 3) график технологической подготовки производства;
- 4) график выполнения работ по конструированию технологической оснастки;
- 5) план-график изготовления инструмента и технологической оснастки;
- 6) рабочий план-график подготовки производства новой машины по каждому цеху.

Основным исходным документом для разработки частных графиков работы отдельных подразделений, связанных с технической подготовкой производства нового изделия, является комплексный цикловой график, разрабатываемый на перспективу под руководством главного инженера. Такой график должен предусматривать планомерную работу всех подразделений предприятия по непрерывному техническому совершенствованию выпускаемых машин на длительный период. В нем необходимо предусмотреть равномерную и целенаправленную работу каждого подразделения, чтобы обеспечить высокое качество технических решений на любой стадии и любом этапе технической подготовки.

Исходные данные для составления комплексного циклового графика – цикл (период) смены моделей выпускаемых машин и объем выполняемых работ по каждой стадии и каждому этапу. Цикл сменяемости изделия определяет общую календарную продолжительность работ по технической подготовке производства от первого до завершающего его этапа.

Длительность работ по каждому этапу подготовки производства определяют исходя из трудоемкости работ и числа исполнителей по формуле (5.1):

$$T_3 = Qt_{cp}/(40 И), \quad (5.1)$$

где Q – объем работ в натуральных единицах (количество деталей, документов и др.);

t_{cp} – средняя трудоемкость разработки одной единицы, ч;
 И – количество непосредственных исполнителей по данному этапу;
 40 – недельный фонд работы исполнителя, ч.

Поскольку при переходе от модели к модели объем и сложность работ по подготовке производства возрастают, а продолжительность работ должна быть оставлена неизменной или даже сокращена, количество исполнителей может быть увеличено даже при широкой механизации творческого труда.

После определения продолжительности всех этапов приступают к построению сводного графика, который составляется в порядке, обратном ходу работ, т.е. от начала установившегося массового или серийного производства новой машины либо ее модификации до начала конструкторских работ.

Для ускорения общей продолжительности работ предусматривается последовательно-параллельная организация работ по осуществлению отдельных разделов технической подготовки. Принципиальная схема циклового графика приведена на рис. 6.5.

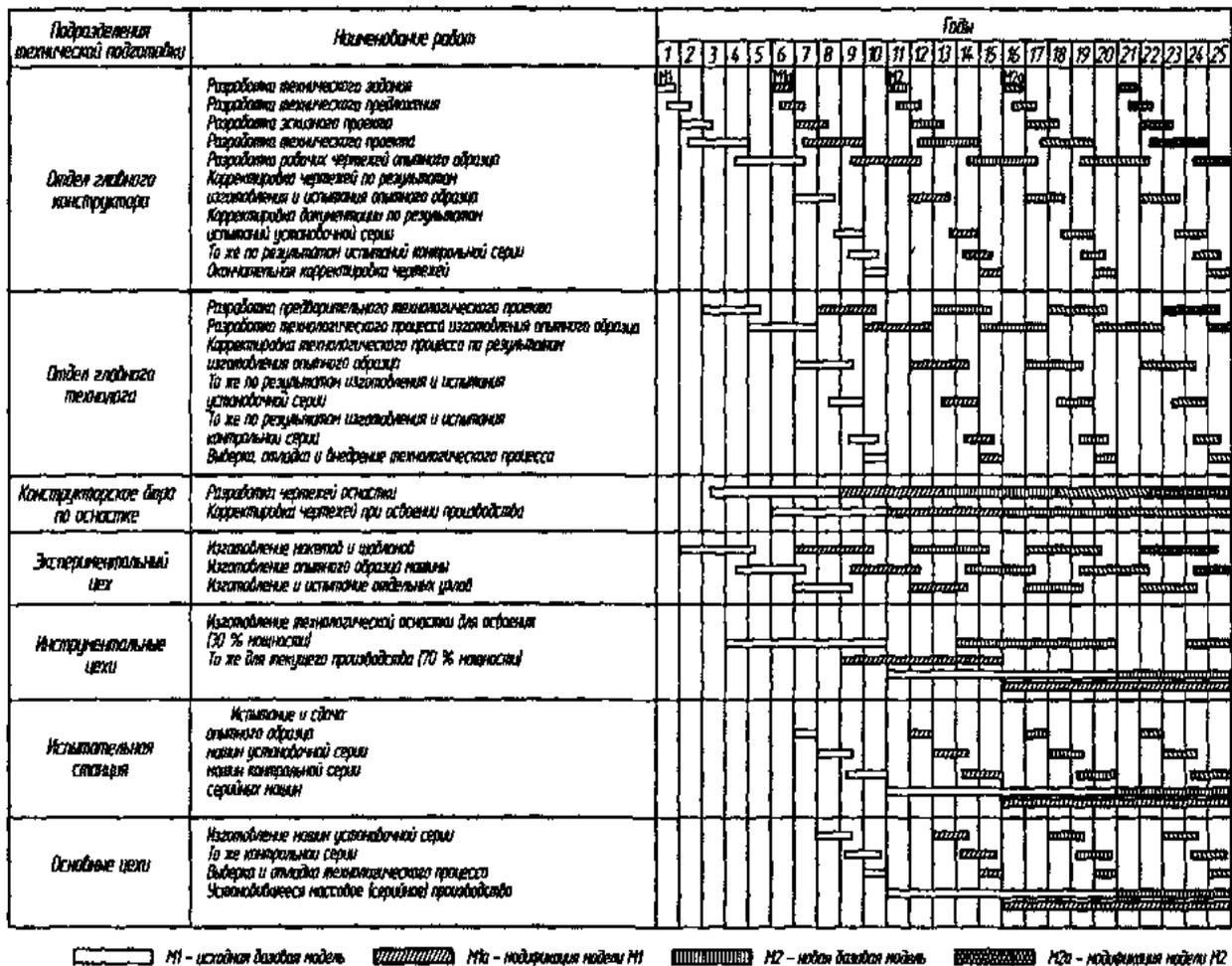


Рис. 6.5. Перспективный график технической подготовки и освоения машин новой конструкции при периоде смены базовой модели 10 лет

Как видно из рисунка, график предусматривает последовательно-параллельную работу всех подразделений завода по непрерывному

техническому совершенствованию производства и планомерной смене моделей машин в долгосрочной перспективе. Такой график служит основой для организации работы всех подразделений, связанных с технической подготовкой и освоением производства новых машин, как на перспективу, так и в годовом, квартальном и месячном разрезе. На его основе разрабатываются годовые и квартальные планы работы конструкторского, технологического, инструментального и других отделов и цехов.

Частные календарные (более конкретизированные) графики работы подразделений обычно разрабатываются на основе комплексных графиков технической подготовки важнейших агрегатов и сборочных единиц машины. В первую очередь предусматривается выполнение работ по наиболее трудоемким агрегатам и сборочным единицам, имеющим наиболее длительный цикл подготовки. Для их производства необходимы сложное специальное оборудование и технологическая оснастка, требующие значительного времени на подготовку технической документации и изготовление. В ряде случаев первоочередными объектами технической подготовки могут быть важнейшие ведущие детали, для обработки которых потребуются заказывать специальное оборудование и автоматические линии индивидуального назначения с большим циклом их изготовления (линии обработки блока цилиндров, головки блока, коленчатых валов и др.).

Пример частного графика технической подготовки изготовления кузова легкового автомобиля приведен на рис. 6.6. Любой как **сводный**, так и частный график может быть представлен в сетевой форме.

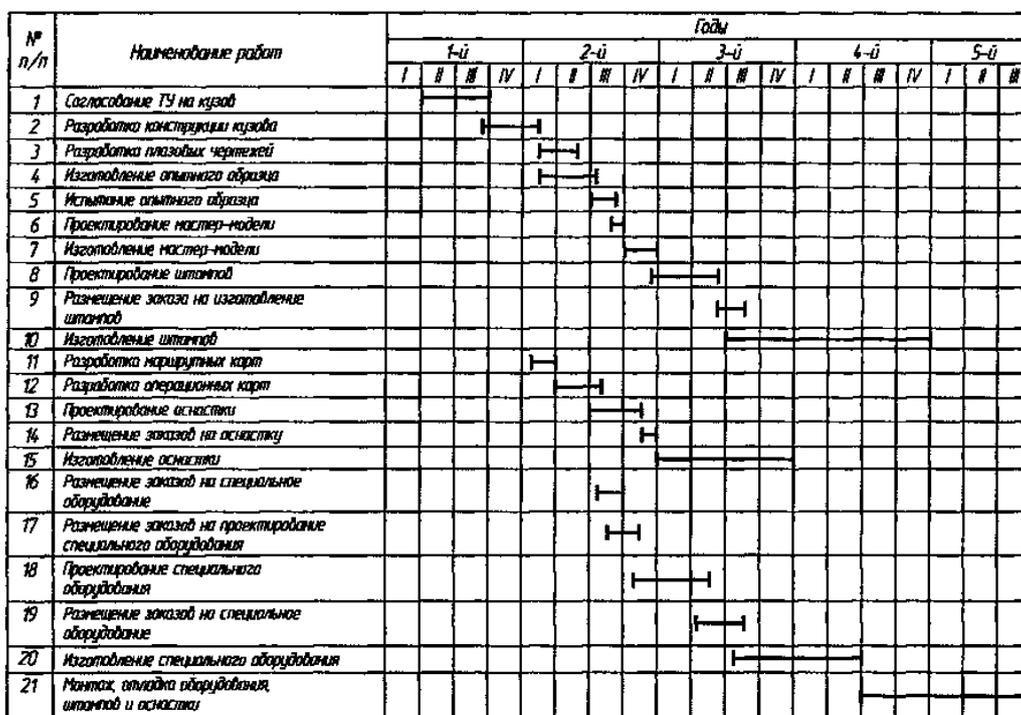


Рис. 6.6. Ленточный график технической подготовки производства кузова легкового автомобиля

Совокупность узловых (а в ряде случаев – подетальных) графиков, конкретизирующих работы в пространстве и во времени, служит основой для увязки работы подразделений технической подготовки и определяет сроки выдачи соответствующей технической документации для проектирования моделей, штампов, приспособлений, нестандартного оборудования и т.д. Сроки разработки и выдачи технической документации на отдельные узлы и детали определяются подетальными планами работы каждого подразделения. На рис. 6.7 изображен сетевой график того же комплекса работ по подготовке производства кузова. Параметры сети указаны непосредственно на графике, цифры над стрелками указывают продолжительность соответствующих работ в днях.

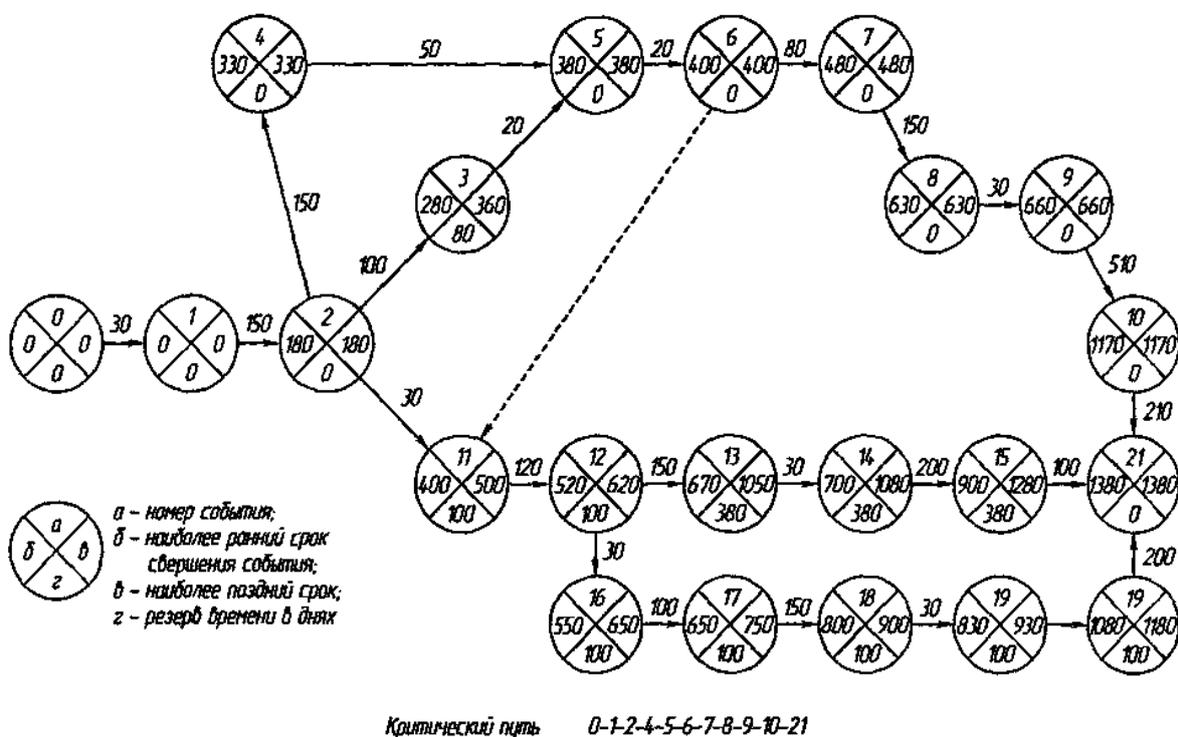


Рис. 6.7. Сетевой график подготовки производства кузова легкового автомобиля

Разработка и доведение до исполнителей перспективных и текущих графиков, учет и постоянный контроль их выполнения требуют больших затрат труда. Качество и оперативность этой работы зависят от скорости получения и обработки соответствующей информации.

6.4. Автоматизация проектирования продукции

При проектировании продукции конструкторы и технологи основную часть времени затрачивают на выполнение рутинных нетворческих операций (сбор информации и ее предварительная обработка; расчеты размеров, площадей, масс, усилий, моментов; сопоставление возможных компоновок

конструкции и вариантов технологических процессов; вычерчивание схем, эскизов, чертежей; написание и размножение различных текстовых технических документов и т.д.). Так, при разработке конструкции оригинальных деталей на творческую работу по непосредственному конструированию затрачивается примерно 15 % общего времени работы конструктора, на расчеты и вычерчивание – 47, на составление других конструкторских документов и прочие работы – 38 %. При этом большая часть работ может выполняться по определенным формализованным правилам. Это создает предпосылки для применения математических методов и современной вычислительной техники.

В условиях автоматизированного проектирования большинство операций, поддающихся математической, логической, эвристической либо другой формализации (математическая формулировка задачи, расчеты параметров, выбор алгоритма решения и его запись, сопоставление, вычерчивание, печатание и др.), выполняется с использованием специального программного обеспечения. Творческая работа конструктора и технолога состоит в постановке задачи, описании данных и требований на проблемно-ориентированном языке, в оценке и корректировке полученной информации и принятии по ней окончательного решения.

Широкое применение САПР при выполнении работ по технической подготовке производства обеспечивает значительное повышение производительности труда и качества работы проектировщика по сравнению с ручным проектированием. Это достигается за счет: освобождения его от утомительных (рутинных) работ, не требующих высокой квалификации, что намного уменьшает возможность появления ошибок; уменьшения количества документов, упрощения их формы; возможности оперативного внесения изменений в документы; оперативного поиска и использования ранее разработанных документов.

Схема автоматизированной разработки конструкции изделия приведена на рис. 6.8.

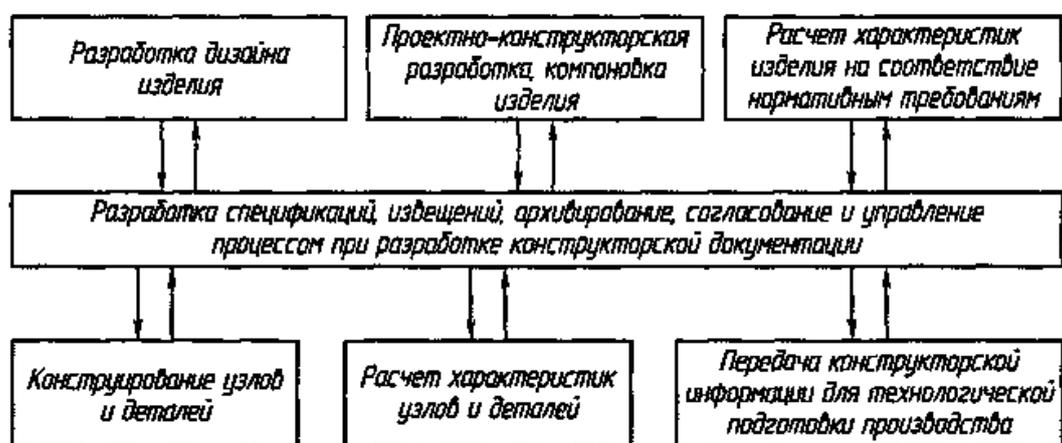


Рис. 6.8. Принципиальная схема автоматизированной разработки конструкции нового изделия с использованием компьютерных технологий

В технологическом проектировании около половины всего объема работ приходится на разработку конструкции технологической оснастки: штампов, пресс-форм, литьевых форм, приспособлений, режущего инструмента и др. Использование САПР для выполнения этих работ позволяет сократить: сроки конструирования штампов в 10-15 раз; сроки проектирования технологических процессов изготовления деталей штампов в 40-50 раз; сроки подготовки управляющих программ для обработки деталей штампов на станках с ЧПУ в 100 и более раз; цикл технологической подготовки производства штампуемых деталей в 2,2-2,5 раза; трудоемкость изготовления штампов на 25-30 %.

ТЕМА 7. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

- 7.1. Содержание, основные стадии и этапы конструкторской подготовки производства.
- 7.2. Основные требования, предъявляемые к конструкции новой машины.
- 7.3. Организация работ по конструктивной стандартизации. Ее эффективность.
- 7.4. Экономическая оценка и доводка конструкции новой машины. Пути повышения эффективности опытно-конструкторских работ.

7.1. Содержание, основные стадии и этапы конструкторской подготовки производства

Конструкторская подготовка производства – совокупность процессов и работ, направленных на разработку конструкторской документации для серийного изготовления новых и совершенствования выпускаемых изделий.

Основными стадиями конструкторской подготовки производства являются:

- 1) разработка технического задания;
- 2) разработка технического предложения;
- 3) создание эскизного проекта;
- 4) разработка технического проекта.

Первичным исходным документом, на основе которого осуществляется вся дальнейшая работа по проектированию нового изделия, является **техническое задание**. Техническое задание определяет назначение продукции (изделия), его технические характеристики, показатели качества. Разработка технического задания базируется на основе выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, результатов изучения патентной информации маркетинговых исследований, анализа существующих аналогичных моделей и условий их эксплуатации

Источниками информации для разработки технического задания являются маркетинговые исследования, изобретения, патенты, научно-исследовательские работы, соответствующая литература, образцы выпускаемых изделий, экспертная оценка специалистов, личный опыт конструктора, технические требования и т.д.

Если техническое задание выдано предприятию заказчиком, то предприятие разрабатывает **техническое предложение**, содержащее тщательный анализ технического задания и технико-экономическое обоснование возможных технических решений при проектировании изделия с учетом эксплуатационных требований и анализа патентных материалов. Затем оно согласуется с заказчиком.

Следующая стадия разработки изделия – **эскизный проект** – документ, который разрабатывается на основе тщательного анализа технического задания

и содержит первичные конструктивные решения, дающие представления об устройстве будущего изделия, в том числе чертежи общего вида, кинематические, электрические и другие схемы, а также конструктивные схемы важнейших узлов и дальнейший технико-экономический анализ изделия, состоящий из графической части и пояснительной записки. Графическая часть содержит принципиальные конструктивные решения, дающие представление об устройстве и принципе работы изделия, его основные параметры и габариты, а пояснительная записка – расчет основных параметров изделия и описание его эксплуатационных особенностей.

Для наглядного представления о контурах, габаритах и внешнем виде, а также для обеспечения более правильного сопряжения деталей и узлов и взаимодействия человека и машины на этой стадии изготавливают деревянные и гипсовые макеты изделия в натуральную величину. Макетирование позволяет добиваться более удачной компоновки отдельных частей проектируемого изделия, находить более удачные эргономические и эстетичные решения и тем самым ускоряет разработку документации на последующих стадиях.

Технический проект, разрабатываемый на основе эскизного проекта, состоит из конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, которые дают полное представление об устройстве разрабатываемой машины и содержат исходные данные для разработки рабочей документации. Он охватывает весь комплекс вопросов создания конструкции машины и уточняет ее технические и экономические показатели.

В графической части технического проекта приводятся чертежи общего вида машины: схемы привода управления, чертежи и компоновки отдельных сборочных единиц и важнейших базовых деталей. В пояснительной записке содержится описание и расчет основных сборочных единиц и базовых деталей, дается более подробная экономическая оценка как конструкции машины в целом, так и отдельных важнейших агрегатов и узлов. При этом наиболее трудоемкими являются работы, связанные с расчетами и конструкторской разработкой отдельных агрегатов и узлов, достиганием максимальной технологичности конструкции, т.е. обеспечением минимальных издержек в производстве и эксплуатации машины.

Наиболее ответственная работа на стадии технического проекта – рабочая компоновка машины, т.е. увязка всех агрегатов и сборочных единиц, разработанных на стадии эскизного проекта. Для этого выполняют чертежи общего вида машины в натуральную величину. На специальных щитах отдельные сборочные единицы компонуются с помощью их плоскостного или объемного изображения в виде шаблонов либо макетов. Компоновка машины из макетов отдельных агрегатов и сборочных единиц позволяет увязать их сочленение, внести необходимые коррективы в габаритные размеры и проверить целесообразность изменения отдельных ответственных частей, что повышает качество проектирования и ускоряет разработку рабочей документации. Все детали макетного проектирования (макеты, щиты, шаблоны) и чертежи общего вида хранятся в специальных помещениях вплоть до снятия машины с производства.

Заключительная стадия разработки конструкторской документации – **рабочая документация** (рабочий проект). Эта стадия разбивается на три подстадии: 1) разработка опытного образца (опытной партии); 2) разработка установочных серий; 3) разработка документации установившегося серийного или массового производства.

Первая подстадия рабочего проектирования выполняется в пять этапов.

На **первом этапе** разрабатываются конструкторские документы (чертежи деталей, узлов, общего вида, спецификации, монтажные схемы и др.) для изготовления опытного образца машины. Одновременно определяется возможность получения от поставщиков некоторых деталей и агрегатов.

Конструкторские документы на детали и агрегаты, разработанные на заводе, передаются в экспериментальный цех для изготовления по ним опытного образца (способы изготовления устанавливаются технологами экспериментального цеха).

Второй этап включает изготовление и заводские испытания опытного образца машины (опытной партии). Выявляются недостатки разработанной конструкции и ее отдельных агрегатов, сборочных единиц и деталей, намечаются пути их устранения.

Третий этап – корректировка конструкторских документов по результатам изготовления и заводских испытаний опытного образца.

Четвертый этап – государственные или сертификационные приемные испытания опытного образца. На этих испытаниях уточняются фактические параметры и показатели изделия, степень их использования в реальных условиях эксплуатации, выявляются недостатки и намечаются пути их устранения.

Пятый этап – корректировка конструкторских документов по результатам каждого испытания и проведение мероприятий по устранению выявленных недостатков перед передачей документов в серийное производство (рис. 7.1).

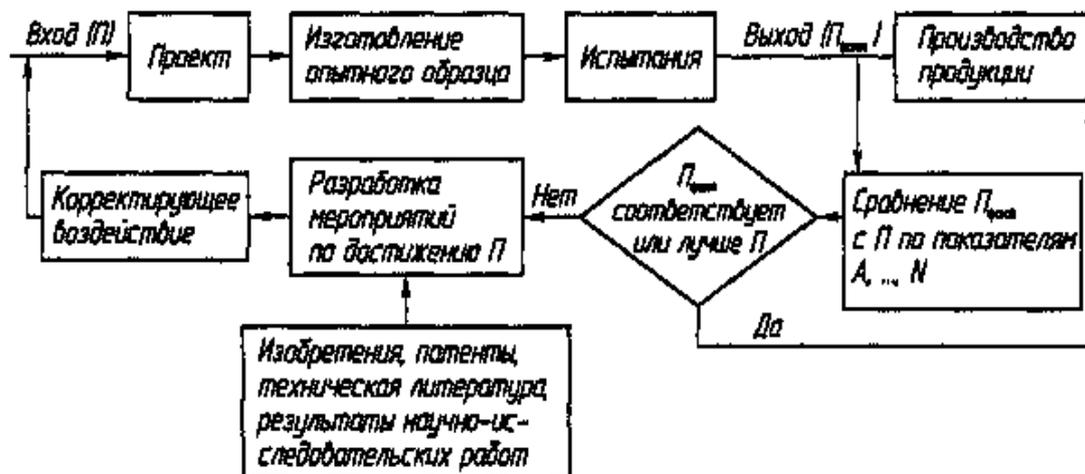


Рис. 7.1. Схема управления параметрами и качеством проекта по результатам испытаний опытного образца продукции

В некоторых отраслях машиностроения, например в авиастроении, опытное перспективное конструирование отделено от текущего, серийного и осуществляется в специальных опытно-конструкторских бюро. Но в большинстве отраслей они сосредоточены на одном предприятии, где после первой подстадии приступают к осуществлению второй.

Вторая подстадия рабочего проектирования выполняется в два этапа.

На **первом этапе** в основных цехах завода изготавливается установочная серия, которая затем проходит длительные испытания в реальных условиях эксплуатации, в ходе которых уточняются не только параметры изделия в целом, но и стойкость, долговечность отдельных его деталей и сборочных единиц и намечаются пути их улучшения.

По результатам испытаний установочной серии производится корректировка конструкторских документов, что является вторым этапом этой подстадии.

Третья подстадия рабочего проектирования – изготовление и испытание контрольной серии, на основе которой конструкция окончательно отрабатывается и доводится до необходимых параметров. После этого осуществляется корректировка конструкторской документации. Она свидетельствует о том, что изделие окончательно отработано, проверено в производстве и эксплуатации. Отступать от этих документов можно только в особых случаях.

Такой порядок осуществления конструкторской подготовки в массовом производстве дает большой экономический эффект. За счет тщательной доработки конструкции машины и отдельных ее деталей обеспечивается максимальная технологичность в производстве и ремонтпригодность в эксплуатации. В серийном производстве конструкторская подготовка состоит из меньшего количества этапов, заканчиваясь на этапе установочных серий, при мелкосерийном изготовлении проверка изделий и их доводка осуществляются в ходе опытной эксплуатации, а в единичном производстве конструкторская подготовка на заводе включает разработку рабочих чертежей. Доводка конструкции осуществляется в период опытной эксплуатации у заказчика.

7.2. Основные требования, предъявляемые к конструкции новой машины

Многообразные требования, предъявляемые к конструкции новой машины, можно объединить в две группы, характеризующие ее как объект эксплуатации и как объект производства.

1. Требования как к объекту эксплуатации.

Эксплуатационные требования сводятся к улучшению технических, экономических, эстетических, эргономических и других показателей новой машины по сравнению с ранее освоенными в производстве.

К техническим показателям относятся производительность, точность, мощность, надежность, прочность, скорость, грузоподъемность, масса, габариты, КПД, долговечность, удельный расход сырья, материалов, топлива, ремон-

топригодность, качество получаемой продукции, к экономическим – стоимость машины, уровень затрат труда и средств на ее содержание, эксплуатацию и ремонт.

Чем лучше показатели, характеризующие технический уровень машины, тем выше ее эксплуатационные качества. Для каждого типа машин устанавливаются разные параметры использования. Например, для грузового автомобиля важнейшие показатели – грузоподъемность, скорость, мощность двигателя, удельный расход топлива, относительная масса (в тоннах на 1 т грузоподъемности), а для токарно-винторезного станка – точность, максимальный диаметр и длина обрабатываемых деталей, максимальное число оборотов, глубина резания, подача, мощность и др.

Технические показатели машины характеризуют ее потенциальные возможности в производстве продукции или выполнении работы определенного качества и в определенном объеме. При эксплуатации машины эти качества могут использоваться не в полной мере. Так, максимальная скорость грузовых машин достигает 100 км/ч и выше, а их средняя эксплуатационная скорость в городах и при работе на коротких рейсах не превышает 20 км/ч. При таких условиях главными показателями, влияющими на производительность автомобиля, являются грузоподъемность и время, затрачиваемое на погрузку и выгрузку, а не его скорость. Для междугородних перевозок основные показатели – грузоподъемность и скорость автомобиля, а продолжительность погрузки и выгрузки не оказывает большого влияния на его производительность.

В конечном счете более высокие технические показатели новой машины должны обеспечить экономию труда и средств у потребителя, т.е. улучшение экономических показателей.

Обычно всякое улучшение технических параметров машины сопровождается ее значительным удорожанием. Токарно-винторезный станок повышенной точности стоит на 50 % дороже станка обычной точности. Повышение долговечности станка в 2 раза приводит к увеличению его трудоемкости в 3 раза. Увеличение потенциальной производительности станка на 25 % увеличивает его стоимость примерно на 60 %. Поэтому повышение технических характеристик новой машины без учета реальных возможностей их использования в эксплуатации может привести к крупным потерям. С экономической точки зрения новую машину следует считать удовлетворяющей требованиям эксплуатации только в том случае, если обеспечивается снижение стоимости выполняемых ею работ по сравнению со стоимостью работ, выполненных с помощью машин старой конструкции.

Важными показателями машины новой конструкции как объекта эксплуатации являются ее эстетические, эргономические и экологические показатели.

Эстетические показатели характеризуют внешний вид машины (современность формы и архитектоники конструкции, отделка, цвет и тон окраски и т.д.). Они отражают художественный вкус, уровень интеллектуального развития, материальной и духовной культуры потребителей. Современные эстетические требования к конструкции машины – простота формы, изящество линий конту-

ра, форма и окраска отдельных функциональных частей и др. В реализации этих требований большую помощь оказывают специалисты по промышленной эстетике.

Эргономические требования сводятся к разработке такой конструкции машины, которая обеспечила бы максимальные удобства при ее эксплуатации и обслуживании и минимальные затраты мускульной, умственной и нервной энергии. Эти требования обусловлены постоянным развитием человека как личности, ростом его квалификации, повышением требований к творческому содержанию труда, экономией энергии в труде для всестороннего развития в нерабочее время. Эргономичность конструкции достигается:

- рациональным расположением узлов управления машиной в зоне оптимальной досягаемости при удобной рабочей позе, обеспечивающей положение тела в расслабленном состоянии; лучше всего, если управление осуществляется сидя, когда расход энергии в 3 раза ниже, чем стоя;

- уменьшением усилий по управлению, обеспечением плавности трудовых движений. Движения рабочего должны ограничиваться движением рук при относительно неподвижном корпусе. Монотонные быстрые и точные движения должны быть перенесены на автоматические движения отдельных рабочих органов машины;

- созданием благоприятного микроклимата и комфорта в зоне управления машиной, т.е. максимальным уменьшением перепадов температуры, световых и звуковых раздражителей, вибрации, вредных выделений и т.п.

Выполнение экологических требований должно минимизировать выбросы вредных веществ в атмосферу, ущерб окружающей среде при эксплуатации машин.

Чтобы учесть все эти требования при проектировании продукции, необходим комплексный подход, т.е. разработка системы, в которой человек выступает в качестве важнейшего элемента. Современные тенденции требуют от работника повышения уровня образования при производстве и эксплуатации новой продукции. Человек, управляющий станком с ЧПУ, автоматической линией или обрабатывающим центром, по профессиональному и общему уровню развития должен быть намного выше уровня человека, управляющего универсальным металлорежущим станком.

2. Требования как к объекту производства.

Важнейшим требованием производства является экономия материалов (в первую очередь металлов). Она обуславливает многосторонний эффект: расширяет сырьевые и материальные ресурсы, добыча и производство которых обходится очень дорого; обеспечивает снижение расходов невозполнимых природных ресурсов и повышение эксплуатационных качеств машин. При этом задача состоит в уменьшении расхода металла не только на изготовление машин, являющихся промежуточной продукцией, но в конечном счете на единицу конечной продукции, производимой с их помощью.

В общем виде относительную металлоемкость машин (Me) в расчете на единицу продукции, производимой машиной, можно выразить по формуле (7.1):

$$M_c = M_M / (P T_{\text{год}} K_{\text{и.м}} t_{\text{сл}}), \quad (7.1)$$

где M_M – масса металла в машине, кг;

P – производительность машины в час;

$T_{\text{год}}$ – возможное время ее работы в год, ч;

$K_{\text{и.м}}$ – коэффициент использования металла при изготовлении машины;

$t_{\text{сл}}$ – срок службы, лет.

На основании формулы (7.1) можно сделать вывод об основных направлениях снижения относительной металлоемкости машин и оборудования: уменьшение их массы ($M_M \rightarrow \min$); опережающий рост производительности по сравнению с массой ($M_M/P \rightarrow \min$); удлинение срока службы машины ($t_{\text{сл}} \rightarrow \max$); более эффективное использование материалов ($K_{\text{и.м}} \rightarrow 1$); более полное использование машин в эксплуатации по времени ($T_{\text{год}} \rightarrow \max$).

Одним из наиболее эффективных направлений в развитии ресурсосберегающего производства является значительное расширение объема выпуска электронной продукции, прежде всего микроэлектроники, в том числе встроенной в машины и оборудование. Экономия ресурсов за счет встроенной микроэлектроники (микрокомпьютеры, регуляторы, сигнализаторы и т.п.) достигается прежде всего тем, что обеспечивается работа машины в оптимальных режимах. Это дает экономию ресурсов при эксплуатации машины (снижение расходов топлива и энергии, увеличение долговечности узлов и деталей, повышение производительности).

Уменьшение материалоемкости отдельных деталей и машин обеспечивает снижение затрат труда, средств на их обработку, изготовление, благодаря чему снижается себестоимость и в большинстве случаев улучшаются эксплуатационные качества машины. Это относится прежде всего к подвижным и транспортным машинам. Снижение массы легкового автомобиля на 100 кг приводит к экономии 0,8-1,2 л горючего на 100 км пробега.

Экономия материалов на стадиях конструкторской подготовки обеспечивается прежде всего правильным определением силовых нагрузок. Значительную экономию материалов дает ликвидация чрезмерных запасов прочности, упрощение форм деталей. В первом случае неизбежно завышаются габаритные размеры и масса деталей, во втором – увеличивается расход материалов на получение заготовки, в результате чего растут отходы и требуются дополнительные затраты труда на доведение заготовки до размеров готовой детали (снятие стружки). Большую экономию материалов дает использование более качественных и новых материалов, замена одних материалов другими, применение высокопрочного чугуна, низколегированных сталей, пластмасс и алюминиевых сплавов, гнутых и полых профилей проката. Все это обеспечивает

снижение массы деталей и уменьшает отходы при их изготовлении. Важным источником экономии материалов при конструировании является использование технологических достижений в области упрочнения металлов и новых методов получения заготовок.

В ходе конструкторской подготовки производства должен обеспечиваться высший уровень технологичности конструкции.

Под **технологичностью конструкции** понимается такое ее свойство, которое обеспечивает минимальные затраты труда, сырья и материалов при ее изготовлении, эксплуатации и ремонте при данных объемах выпуска. Именно в период проработки конструкции машины на технологичность происходит наибольший отсев технических идей.

Технологичность обеспечивается реализацией следующих основных принципов:

- 1) упрощение;
- 2) малодетальность;
- 3) стандартизация и унификация;
- 4) преемственность;
- 5) взаимозаменяемость;
- 6) агрегатирование.

Реализация **принципа упрощения** предполагает разработку максимально упрощенной конструкции и отдельных ее частей. Простота конструкции – основной показатель ее качества и квалификации конструктора. Чем проще конструкция, тем выше ее качество и тем дешевле она в изготовлении и эксплуатации. Упрощение достигается путем разработки деталей простых геометрические форм, использования простых и более дешевых материалов, обеспечивающих применение высокопроизводительных способов изготовления.

Принцип малодетальности вступает в некоторое противоречие с принципом упрощения, так как любую сложную деталь можно расчленить на ряд более простых, к тому же изготовленных из наиболее дешевых материалов и более производительным способом. Обычно решающими являются объемы выпуска. Чем они меньше, тем эффективнее реализация этого принципа проектирования. И наоборот, при больших объемах более целесообразно расчленение конструкции на простые элементы.

Принцип стандартизации и унификации обязывает конструктора рассматривать при проработке проекта возможность применения прежде всего стандартных или унифицированных элементов (деталей, узлов), которые выпускаются в качестве стандартных или унифицированных продуктов предприятиями разных отраслей. Это не только упрощает и удешевляет разработку проекта, но и ускоряет освоение новой продукции, удешевляет ее в производстве и эксплуатации.

Такой же эффект достигается при реализации **принципа преемственности**, т.е. при максимальном использовании в новом изделии элементов, применявшихся в ранее освоенной и выпускавшейся продукции.

Принцип взаимозаменяемости деталей и узлов изделия предполагает такую их конструкцию, при которой они могут использоваться в любом его экземпляре без каких-либо дополнительных затрат труда и средств на подгонку. Реализация этого принципа позволяет наладить обезличенное производство элементов, необходимых как для изготовления изделий, так и для их эксплуатации, причем в массовых масштабах и с применением более производительных методов и специального оборудования. Это обеспечивает удешевление как производства, так и эксплуатации изделий. Степень взаимозаменяемости в значительной мере зависит и от объема выпуска продукции: чем он больше, тем больше эффект от использования принципа взаимозаменяемости.

Принцип агрегатирования предполагает максимальное расчленение конструкции на отдельные более или менее простые составные части (основные детали, узлы, агрегаты), выполняющие определенные функции. Применительно к конструкциям машин эта задача решается путем замены моноблочной конструкции базовых деталей узловой (блочно-модульной), при которой в конструкции каждого узла четко выделяется его функциональное назначение. Машина же в целом komponуется из отдельных агрегатов. Агрегатирование позволяет использовать одни и те же основные (наиболее сложные по конструкции) рабочие механизмы в оборудовании различного назначения, благодаря чему изделие создается из обратимых унифицированных элементов. Применение принципа агрегатирования дает многосторонний эффект как в производстве, так и в эксплуатации изделий, особенно при разработке и изготовлении оборудования индивидуального назначения, поскольку оно позволяет сочетать индивидуальный характер использования продукции с серийным изготовлением ее основных агрегатов.

Осуществление рассмотренных принципов позволяет не только улучшать качество конструкции, но и резко сокращать сроки ее разработки и освоения в производстве.

Повышение технологичности при разработке конструкций отдельных деталей предполагает:

- снижение излишней точности обработки деталей там, где она не оказывает влияния на их взаимозаменяемость и эксплуатационные качества; это относится прежде всего к разъемным плоскостям, шпоночным канавкам и т.п. Затраты при обработке деталей по 2-3-му классу точности в 6-10 раз выше, чем при обработке по более низким классам точности;
- применение более простых способов достижения необходимой точности при обработке деталей и сборке узлов машины;
- уменьшение степени чистоты обработки поверхностей (шероховатости) до степени, диктуемой функциональной точностью деталей;
- замену неразъемной конструкции детали разъемной, коробчатых литых конструкций тавровыми с открытыми ребрами жесткости;
- выравнивание подлежащих обработке плоскостей деталей для того, чтобы их можно было обрабатывать с одной настройки оборудования минимальным количеством инструмента.

Отработка конструкции машины на технологичность осуществляется на всех стадиях разработки конструкторской документации, начиная от разработки технического задания и заканчивая установленным серийным или массовым производством. На первых двух стадиях работа по обеспечению технологичности конструкции ведется более укрупненно, путем анализа вариантов возможных конструктивных решений, принципиальных схем компоновки и выявления на этой основе наиболее технологичного варианта.

На стадиях эскизного и технического проектирования выполняется наибольший объем работ и принимается окончательное решение об уровне технологичности. На последней стадии разработки осуществляется окончательная отработка конструкции машины и ее основных частей на технологичность и доведение конструкции до соответствия требованиям серийного (массового) производства.

7.3. Организация работ по конструктивной стандартизации. Ее эффективность

Важнейшей задачей в области конструирования машин, решаемой на современном этапе развития машиностроения, является обеспечение максимальной преемственности при разработке проектов новых машин, что достигается с помощью конструктивной стандартизации.

Под *конструктивной стандартизацией* понимается такое направление в разработке конструкции новой машины, при котором она компоуется с максимальным использованием элементов определенного функционального назначения, освоенных ранее в производстве в качестве нормализованных, стандартизованных или унифицированных деталей, узлов и агрегатов. Каждый из таких элементов, выполняя в машине определенные функции, характеризуется своими постоянными конструктивными и эксплуатационными параметрами. Эти элементы, будучи конструктивно и технологически отработанными и испытанными во многих других машинах, обладают высокими эксплуатационными и технологическими качествами, обеспечивающими быстрое освоение производства и улучшение технико-экономических показателей проектируемой машины.

Осуществление нормализационного направления в конструировании машин существенно меняет методы проектирования. При обычном проектировании за основу принималось функциональное назначение машины. Форма, размеры и другие показатели отдельных ее узлов были производными, вытекающими из характеристики машины в целом. При стандартизации эксплуатационные показатели машины должны быть обеспечены главным образом путем правильного выбора схемы компоновки уже имеющихся узлов.

В основе конструктивной стандартизации, осуществляемой путем унификации деталей узлов и других элементов машин, лежит следующий принцип: машина, какой бы сложной она ни была, состоит из отдельных более или менее простых элементов, применяемых в машинах разного назначения. Другими

словами, несмотря на огромное разнообразие, машины и их узлы по назначению и конструкции имеют много общих признаков.

Государственные стандарты – это перечень единых требований к продукции данного назначения, изготовленной в любой части страны. Применительно к машиностроительной продукции это стандарты: на основные параметры; типы, виды и марки изделий; конструкцию и размеры; технические требования; методы испытания; маркировку, хранение, упаковку и транспортировку; технические характеристики продукции.

Местные и отраслевые стандарты – это установленные единые требования к деталям, узлам, агрегатам, изготавливаемым в пределах данного предприятия (заводские стандарты) или отрасли промышленности (отраслевые стандарты). Стандартизация проводится не только по отдельным общемашиностроительным деталям (винты, болты, шпильки, гайки и др.), деталям общего назначения (поршни, шкивы, маховики, втулки и т.д.), но и по отдельным крупным элементам конструкций машин и агрегатов (поршневая группа, силовые механизмы, гидроаппаратура, силовые и шпиндельные головки, механизмы передач и др.).

Унификация – это приведение различных видов продукции и средств ее производства к наименьшему числу типоразмеров, марок, форм и т.п.

На все стандартизованные и унифицированные детали составляются альбомы чертежей.

Таким образом, при конструктивной стандартизации разработка проекта конструкции состоит из четырех основных этапов:

- 1) максимальное расчленение конструкции будущей машины на отдельные элементы, выполняющие в данной машине определенные функции;
- 2) тщательное исследование возможности использования уже разработанных и освоенных в производстве элементов конструкции;
- 3) разработка конструкции оригинальных деталей и узлов, непосредственно определяющих функциональное назначение машины в целом;
- 4) компоновка и установление взаимодействия стандартизованных и оригинальных элементов в машине, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к конструкции новых машин.

Конечной целью конструктивной стандартизации на заводе является создание стандартизованного ряда (гаммы) машин. Под **конструктивно-стандартизованным рядом** понимается группа конструктивно однородных машин одинакового или разного назначения, аналогичных по кинематике, рабочему процессу, формам и параметрам основных элементов, способу получения с их помощью продукции или методам обработки, но различных по габаритам, мощности, скорости, грузоподъемности и другим эксплуатационным параметрам. Каждый конструктивный ряд имеет свое основание – так называемую **базовую модель** – и производные от нее, полученные на основе применения нормализованных и унифицированных узлов.

Главное преимущество конструктивного ряда – широкая возможность создания машин с различными эксплуатационными параметрами путем примене-

ния уже освоенных в производстве стандартизованных деталей и узлов. Использование стандартизованных деталей при разработке конструктивных рядов позволяет осуществлять быструю и эффективную модернизацию выпускаемых машин внутри ряда, поскольку отдельные усовершенствованные детали и узлы используются во всех машинах.

Для реализации мероприятий по конструктивной стандартизации вся конструкторская документация проходит **нормализационный контроль чертежей**, который осуществляется на стадиях разработки технического проекта и рабочей документации и устранения ошибок в расчетах, изображениях, оформлении и т.д.

Объектами нормализационного контроля являются: степень конструктивной преемственности; комплектность и оформление чертежей; правильность оформления основных надписей; правильность изображения и надписей на чертежах; правильность выбора размеров, допусков и посадок; правильность выбора конструктивных элементов деталей.

Проверка степени конструктивной преемственности выявляет, насколько конструктор использовал при разработке проекта узла или детали действующие стандарты, отраслевые и заводские нормалы, унифицированные детали, а также заимствовал их из конструкции выпускаемых машин. Эффективный метод организации такого контроля – создание на заводе в составе службы стандартизации электронной картотеки применяемости заимствованных, стандартных деталей и других изделий, состоящей из множества электронных карточек.

Карточка применяемости составляется на каждую деталь (каждый узел), используемую в разных изделиях, и должна содержать:

- эскиз детали с указанием основных размеров;
- характеристику детали как части конструкции, ее обозначение, номер и т.д.;
- краткую характеристику детали как объекта изготовления (материал, все размеры, применяемость конструктивных элементов);
- наименование и номер узла и изделий, в которых она применяется, и в каком количестве;
- сведения о наличии специальной оснастки.

Рассматривая чертеж оригинальной детали, контролер обращается прежде всего к картотеке и отыскивает карточки применяемости сходных деталей. При сомнении в необходимости оригинальной детали он находит чертеж детали, уже освоенной в производстве, и путем сравнения чертежей новой и существующей конструкций устанавливает возможность полной или частичной замены оригинальной детали. Если такая возможность имеется, новый чертеж возвращается конструктору для переделки в соответствии с рекомендацией контролера.

После контроля конструктивной стандартизации и преемственности и внесения в конструкторские документы соответствующих исправлений проводится их проверка на правильность оформления и соблюдение действующих стандартов. Цель контроля правильности выбора размеров, допусков, посадок –

уменьшение их разнообразия и степени использования предпочтительных чисел и стандартных размеров и проверка обоснованности применения допусков.

Контроль правильного выбора конструктивных элементов (отверстий, радиусов, канавок, резьб, передач, закругления пазов и др.) также осуществляется с целью уменьшения их разнообразия в новых конструкциях.

Стандартизация конструкции оценивается с помощью коэффициентов конструктивной преемственности, конструктивной стандартизации, применяемости материалов, унификации узлов, унификации изделия в целом и др.

Коэффициент конструктивной преемственности ($K_{пр}$) характеризует степень применения в конструкции новой машины ранее освоенных в производстве деталей и определяется отношением их количества ($D_{ос}$) к общему количеству деталей в новой машине (D) и рассчитывается по формуле (7.2):

$$K_{пр} = D_{ос}/D \quad (7.2)$$

Коэффициент конструктивной стандартизации ($K_{ст}$) определяется отношением количества стандартных и стандартизованных деталей ($D_{ст}$), использованных в новой конструкции, к общему их числу (D) и рассчитывается по формуле (7.3):

$$K_{ст} = D_{ст}/D \quad (7.3)$$

Коэффициент применяемости конструктивных элементов ($K_{п.э}$) характеризует степень повторения одних и тех же конструктивных элементов в различных деталях и определяется отношением общего количества типоразмеров конструктивных элементов (\mathcal{E}) в конструкции нового изделия (резьб, диаметров отверстий, радиусов закруглений и др.) к количеству использованных ($\mathcal{E}_{исп}$) и рассчитывается по формуле (7.4):

$$K_{п.э} = \mathcal{E}/\mathcal{E}_{исп} \quad (7.4)$$

Чем больше коэффициент применяемости, тем менее разнообразны применяемые конструктивные элементы.

Коэффициент унификации узлов ($K_{у.у}$) определяется отношением количества применяемых в новой конструкции стандартизованных и унифицированных узлов ($Y_{ун}$) к общему их количеству в машине (Y) и рассчитывается по формуле (7.5):

$$K_{у.у} = Y_{ун}/Y \quad (7.5)$$

Коэффициент применяемости материалов ($K_{м}$) характеризует степень применения одних и тех же материалов, идущих на изготовление различных оригинальных деталей, и определяется отношением общего количества наименований оригинальных деталей ($D_{ор}$) к количеству примененных типоразмеров материалов ($M_{прим}$) и рассчитывается по формуле (7.6):

$$K_M = D_{op}/M_{prim} \quad (7.6)$$

Чем он выше, тем меньше разнообразие применяемых материалов и проще система материально-технического снабжения.

Общее состояние работ по стандартизации и унификации при разработке новой конструкции оценивается **коэффициентом общей унификации** ($K_{o,y}$) и рассчитывается по формуле (7.7):

$$K_{o,y} = (D_{oc} + D_z + D_{пок} + D_{ст})/D, \quad (7.7)$$

где D_z – количество наименований заимствованных деталей;

$D_{пок}$ – общее количество покупных деталей.

Более точно этот показатель определяется отношением суммарной трудоемкости унифицированных, заимствованных и стандартизованных деталей к общей трудоемкости всех деталей, входящих в машину и рассчитывается по формуле (7.8):

$$K_{o,y} = \frac{\sum_{i=1}^{K_{ст}} D_{сти} T_{сти} + \sum_{i=1}^{K_z} D_{зи} T_{зи} + \sum_{i=1}^{K_{пок}} D_{поки} T_{поки} + \sum_{i=1}^{K_{oc}} D_{оси} T_{оси}}{\sum_{i=1}^{K_d} D_i T_i} \quad (7.8)$$

где $T_{сти}$, $T_{зи}$, $T_{поки}$, $T_{оси}$, T_i – трудоемкость соответствующих деталей;

$K_{сти}$, K_z , $K_{пок}$, K_{oc} , K_d – количество наименований, соответствующих деталей.

Для оценки работ по конструктивной стандартизации в масштабе предприятия при выпуске изделий нескольких наименований можно пользоваться средневзвешенным коэффициентом унификации.

Чем выше указанные коэффициенты, тем выше уровень стандартизации, ниже затраты на техническую подготовку производства и изготовление изделий.

Эффективность конструктивной стандартизации заключается в повышении эксплуатационных и технологических качеств машин и экономии средств, затрачиваемых на техническую подготовку производства и непосредственно в процессе их изготовления.

Улучшение эксплуатационных качеств машин при проведении конструкторской стандартизации достигается различными путями.

1. Повышение долговечности машины. Это обеспечивается более высоким качеством и стойкостью стандартизованных деталей, узлов и агрегатов по сравнению с оригинальными, поскольку их конструкция тщательнее отработана, освоена в производстве, испытана и доведена до высоких эксплуатационных характеристик.

2. Расширение эксплуатационных характеристик машины. Этого добиваются перекомпоновкой конструкции и переналадкой ее обратимых узлов в соответствии с условиями данного производства, а также модернизацией в эксплуатации путем оснащения дополнительным сменным стандартным оборудованием и приспособлениями.

3. Снижение производственной и эксплуатационной металлоемкости машины. При производстве стандартизованных деталей можно применять более экономные методы первичного, эффективнее использовать методы упрочнения, что намного снижает массу заготовок и готовых деталей.

4. Уменьшение расходов на содержание машины в эксплуатации. Этого добиваются за счет экономии горючих, смазочных материалов, а также затрат на ремонт. Кроме того, достигается экономия на амортизационных отчислениях, так как стоимость машины со стандартизованными деталями и узлами значительно ниже.

Все это обеспечивает значительное снижение себестоимости продукции, производимой машиной, и тем самым повышает эффективность ее эксплуатации. Подсчитано, что затраты на эксплуатацию стандартных изделий сокращаются на 30-40 %.

Уменьшение затрат на техническую подготовку производства при осуществлении конструктивной стандартизации достигается за счет экономии средств на разработку конструкторских и технологических документов, проекта и на изготовление специальной оснастки и инструмента, а также на доводку конструкции в производстве и эксплуатации. Например, заимствование одной специальной детали средней сложности дает экономию на технической подготовке 500 чел.-ч.

Конструктивная стандартизация сокращает сроки выполнения работ по технической подготовке производства, что способствует скорейшему внедрению в производство новых, более эффективных машин. Повышение эффективности производства машин с применением стандартизованных деталей и узлов достигается за счет экономии:

- 1) материалов, так как при массовом производстве нормализованных деталей применяются более эффективные методы получения заготовок, размеры которых максимально приближены к размерам готовой детали;
- 2) заработной платы, поскольку при стандартизации повышается серийность производства деталей, обеспечивающая снижение трудоемкости за счет применения более производительного оборудования;
- 3) прочих расходов, специального инструмента, так как с увеличением серийности производства эти расходы, будучи относительно постоянными, распределяются на большее количество продукции.

7.4. Экономическая оценка и доводка конструкции новой машины.

Пути повышения эффективности опытно-конструкторских работ

При технической подготовке производства на стадии проектирования новой машины весьма важна экономическая оценка ее конструкции. Она оценивается как объект производства и как объект эксплуатации.

Как объект производства конструкция новой машины характеризуется: трудоемкостью изготовления – абсолютной (на машину) и относительной (на единицу мощности или производительности); материалоемкостью и абсолютной и относительной массой; себестоимостью изготовления.

Поскольку целью разработки и освоения в производстве нового изделия является рост доходов предприятия, то обобщающей экономической оценкой будет размер прибыли, получаемой предприятием от его выпуска и реализации. При этом выпуск нового изделия экономически оправдан, если дополнительная прибыль ($\Delta\Pi$), полученная в результате освоения его в производстве, обеспечит рентабельность не ниже средней рентабельности предприятия. Этому условию удовлетворяет неравенство, которое выражается по формуле (7.9).

$$\frac{\Delta\Pi}{\Delta K} \geq \frac{\Pi}{\Phi_{\text{осн}}}, \text{ или } \Delta\Pi \geq \frac{\Pi \Delta K}{\Phi_{\text{осн}}}, \quad (7.9)$$

где Π – суммарная годовая прибыль предприятия до внедрения новой конструкции;

ΔK – дополнительные капитальные вложения (инвестиции), связанные с внедрением новой машины в производство (на приобретение оборудования, на перепланировку, производственные запасы и т.д.);

$\Phi_{\text{осн}}$ – стоимость основных производственных фондов предприятия.

Дополнительная прибыль рассчитывается по формуле (7.10):

$$\Delta\Pi = [N_2(\Pi_2 - C_2) - Z_{\text{год}}] - [N_1(\Pi_1 - C_1)], \quad (7.10)$$

где N_1, N_2 – среднегодовой выпуск машин соответственно старой (1) и новой (2) конструкции;

Π_1, Π_2 – цены на старую и новую машину;

C_1, C_2 – себестоимость старой и новой машины;

$Z_{\text{год}}$ – среднегодовые затраты, связанные с технической подготовкой и освоением в производстве новой машины (обычно эти затраты относятся к категории текущих и равномерно распределяются по годам за весь период выпуска новых изделий за счет расходов будущего периода).

Из формулы (7.10) очевидны основные направления совершенствования конструкции новой машины с целью повышения ее эффективности как объекта производства:

– снижение себестоимости производства путем повышения технологичности конструкции;

- упрощение конструкции, позволяющее значительно увеличить выпуск машин;
- уменьшение затрат на техническую подготовку и освоение новой машины в производстве.

Все эти проблемы решаются непосредственно на заводе-изготовителе и оказывают большое влияние на повышение эффективности конструкции новой машины.

Цену на машину новой конструкции можно увеличить только в том случае, если машина обеспечивает снижение эксплуатационных затрат или обладает повышенной производительностью по сравнению со старой и эта производительность может быть использована в эксплуатации.

Определенная на стадии маркетинговых исследований цена (C_2) с учетом качества изделия должна служить исходной величиной для вычисления максимальной себестоимости (C_2) нового изделия и отдельных его частей. Эта себестоимость должны быть доведена до подразделений и лиц, оказывающих влияние на ее размер на стадии проектирования (конструкторов, технологов, инженеров, организаторов). Максимальная себестоимость нового изделия определяется следующим образом по формуле (7.11):

$$(C_2 - C_2)/C_2 = p, \quad (7.11)$$

Откуда следует формула (7.12):

$$C_2 = C_2(1 - p), \quad (7.12)$$

где p – уровень рентабельности нового изделия.

Для каждого вида изделия, выпускаемого данным предприятием, существует примерно одинаковое соотношение затрат на изготовление его отдельных частей и суммы издержек по изделию в целом. Так, в общих расходах на изготовление грузового автомобиля существуют следующие соотношения затрат на изготовление отдельных его агрегатов и узлов (в процентах к общей себестоимости): двигатель – 25, коробка передач – 3, карданная передача – 2, задний мост с тормозами – 10, передний мост с тормозами – 6, рулевое управление – 1, кузов – 6, рама – 4, кабина – 10, подвеска – 3, колеса – 4, шины – 26. Это позволяет установить на стадии проектирования предельные затраты не только на изделие в целом, но и на отдельные его части и довести эти затраты до каждого подразделения, занятого разработкой изделия. Предельные затраты определяются по формуле (7.13).

$$C_{y i} = C_2 d_i, \quad (7.13)$$

где d_i – доля (удельный вес) предельных затрат на изготовление i -й части (узла, агрегата) в себестоимости изделия предыдущей модели.

На основании такой экономической оценки нового изделия можно определить качество работы каждого подразделения и отдельных специалистов, их вклад в разработку и организовать материальное стимулирование, поставив перед каждым задачу уложиться в предельные затраты. При этом особо высокое вознаграждение конструктор, технолог или группа должны получить в том случае, если им удастся снизить затраты на стадии проектирования, так как даже незначительная экономия на каждом изделии, даст предприятию дополнительный доход.

Если конструкторам не удастся уложиться в предельные затраты по какому-либо узлу (детали), необходимо перекрыть их экономией по другим узлам. Полученные в результате конструкторской и технологической проработки проектные затраты по машине в целом и отдельным ее элементам должны стать исходными проектными нормативами для организации работы по экономическому стимулированию как производственного персонала, так и персонала, занятого технической подготовкой новой машины.

Определение предельных затрат и экономический анализ конструкции требуют участия инженера-экономиста в разработке проекта новой машины на самой ранней стадии технической подготовки производства.

Тщательная доводка конструкции перед запуском ее в производство (серийное, массовое) обусловлена тем, что при конструировании машины не всегда удается с необходимой точностью определить действительное поведение ее элементов в условиях эксплуатации и предвидеть технологические последствия конструкторских решений. В эксплуатационных показателях машины и технологических процессах могут произойти отклонения, которые сведут на нет эффективность новой конструкции.

Доводка конструкции необходима и в связи с тем, что при проектировании конструкторы неизбежно делают ряд общепринятых допущений в прочности, статических и динамических нагрузках, герметичности, свойствах и эффективности материалов и т.д. При испытаниях вследствие деформации под нагрузками, неточности обработки, монтажа и других недоделок выявляются истинные условия работы отдельных элементов конструкции, поэтому после испытаний в конструкцию машины нередко вносятся необходимые изменения,

Однако удовлетворяющая эксплуатационным показателям машина может оказаться недостаточно технологичной. Отдельные ее элементы, удовлетворяя требованиям технологичности единичного и мелкосерийного производства, не приемлемы для массового производства. К тому же детали, получаемые при массовом производстве, по своим свойствам нередко отличаются от изготовленных единичных деталей. Все это требует внесения коррективов в конструкцию после того, как будут изготовлены и испытаны не отдельные образцы новой машины, а установочная и контрольная серии машин перед окончательным запуском в производство.

Недостаточная доводка конструкции на стадии технической подготовки приводит к резкому повышению затрат на изготовление и эксплуатацию машин, поскольку недостатки в конструкции повторяются уже в больших мас-

штабах, а также к уменьшению объема выпуска новых машин в первые годы, когда эксплуатация их могла бы дать наибольший эффект.

Обычно недоработки конструкции на первой стадии возрастают на каждой последующей на порядок, т.е. в пропорции 1:10:100. Другими словами, потери, допущенные на стадии конструирования на 1 рубль, вызывают потери в производстве 10, а в эксплуатации 100 руб.

Эффективным методом экономической доводки конструкции изделия на стадии конструирования является использование функционально-стоимостного анализа.

Функционально-стоимостный анализ изделия состоит в определении затрат на выполнение функций по каждому варианту в расчете на единицу полезных свойств изделия в целом или по элементу (например, стоимость двигателя и затраты на топливо в расчете на 100 км пробега автомобиля, один тонно-километр перевезенного груза или на единицу мощности двигателя) и выборе варианта с наименьшими затратами.

Стоимость выполнения i -й основной функции C_{Fi} по каждому варианту складывается из затрат на выполнение отдельных подфункций (затрат на изготовление узлов и деталей) и определяется по формуле (7.14):

$$C_{Fi} = \sum_{j=1}^{k_d} S_{Fij}, \quad (7.14)$$

где k_d – количество подфункций (деталей, узлов), необходимых для выполнения основной функции по данному варианту;

S_{Fij} – затраты на выполнение j -й подфункции (стоимость детали, узла) для выполнения i -й основной функции.

Оптимальный вариант конструкторского исполнения структурного элемента изделия выбирается по критерию минимальных затрат на его изготовление и эксплуатацию по формуле (7.15):

$$K_i = \frac{C_{Fi} + C_{эi}}{Q_i} \rightarrow \min, \quad (7.15)$$

где K_i – коэффициент затрат на выполнение i -й функции;

$C_{эi}$ – затраты на осуществление i -й функции в эксплуатации;

Q_i – показатель абсолютной или относительной полезности рассматриваемого элемента, выполненного по данному варианту.

Схема выбора оптимального варианта исполнения каждого элемента по минимуму затрат на изготовление приведена на рис. 7.1, где ломаной линией соединены варианты исполнения элементов конструкции изделия, обеспечивающие минимальные затраты на выполнение соответствующих функций, подфункций и изделия в целом.

Основные функции	Подфункции	Стоимость выполнения функций и подфункций по вариантам				
		I	II	III	...	κ
F_1	F_{11}	S_{111}	S_{112}	S_{113}	...	$S_{11\kappa}$
	F_{12}	S_{121}	S_{122}	S_{123}	...	$S_{12\kappa}$
	F_{13}	S_{131}	S_{132}	S_{133}	...	$S_{13\kappa}$

F_2	F_{21}	S_{211}	S_{212}	S_{213}	...	$S_{21\kappa}$
	F_{22}	S_{221}	S_{222}	S_{223}	...	$S_{22\kappa}$
	F_{23}	S_{231}	S_{232}	S_{233}	...	$S_{23\kappa}$

F_i	F_{i1}	S_{i11}	S_{i12}	S_{i13}	...	$S_{i1\kappa}$
	F_{i2}	S_{i21}	S_{i22}	S_{i23}	...	$S_{i2\kappa}$
	F_{i3}	S_{i31}	S_{i32}	S_{i33}	...	$S_{i3\kappa}$
	$F_{i\theta}$	$S_{i\theta 1}$	$S_{i\theta 2}$	$S_{i\theta 3}$	...	$S_{i\theta \kappa}$

Рис. 7.1. Схема выбора оптимальных конструкторско-технологических решений по методу функционально-стоимостного анализа

Тщательная доводка конструкции дает большой экономический эффект за счет ускорения темпов технического прогресса, так как после внедрения ее в производство появляется возможность переключиться на разработку проекта новой модели или новых модификаций.

Основным направлением, обеспечивающим тщательную и быструю доводку конструкции и удешевление опытно-доводочных работ, следует считать развитие опытно-экспериментальной базы не только по изготовлению опытных образцов, но и по стендовым ускоренным испытаниям конструкций новых машин и отдельных их узлов.

Важным фактором уменьшения времени доводки конструкции и удешевления опытно-доводочных работ является широкое использование компьютерных технологий в проектировании. Они позволяют не только ускорить непосредственную разработку конструкции, но и сократить время, необходимое для испытания отдельных узлов и агрегатов нового изделия, так как в ряде случаев непосредственные стендовые испытания можно заменить расчетными компьютерными исследованиями, имитирующими поведение их в реальных условиях эксплуатации.

ТЕМА 8. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

- 8.1. Содержание и основные этапы технологической подготовки производства.
- 8.2. Состав и содержание технологических документов. Порядок разработки карт технологического процесса.
- 8.3. Технологическая типизация и стандартизация, и их эффективность.
- 8.4. Экономическая оценка и выбор технологических вариантов.

8.1. Содержание и основные этапы технологической подготовки производства

Технологическая подготовка производства охватывает все работы, связанные с освоением в производстве машин новой конструкции. Основным ее содержанием является:

- разработка и выбор оптимальных технологических процессов, оборудования и методов контроля;
- разработка технологической оснастки и нестандартного (специального) оборудования и методов их изготовления;
- разработка норм затрат труда, материалов, необходимых для изготовления изделия в целом и его отдельных частей;
- разработка проекта планировок и реконструкции цехов и участков в связи с переходом к изготовлению новой машины;
- выверка, наладка, доводка разработанной технологии и другие работы, связанные с освоением нового изделия в производстве.

Кроме того, в состав технологической подготовки входят работы по усовершенствованию действующих технологических процессов и по технологической стандартизации и типизации.

Таким образом, технологическая подготовка решает большой круг технических и организационных задач по достижению запроектированных технических и экономических параметров новой машины и непрерывному их совершенствованию в процессе производства, что обеспечивает улучшение таких важнейших показателей работы предприятия, как рост производительности труда, снижение себестоимости, повышение рентабельности производства, уменьшение длительности производственного цикла и др. Эти задачи решаются следующим образом:

1) получение деталей с необходимыми точностью, чистотой, стойкостью и другими свойствами из заготовок с минимальными припусками на обработку, чтобы достичь минимального расхода материалов, труда и средств на их изготовление;

2) максимальная реализация принципов организации идеального производства, чтобы обеспечить большую степень прямоочности, непрерывности,

пропорциональности, параллельности и ритмичности производственного процесса;

3) наиболее полная загрузка действующего оборудования и использование площадей, чтобы достичь максимальных фондоотдачи и рентабельности производства;

4) снижение расходов сырья, материалов, энергии, затрат труда на изготовление деталей и сборку машин и на саму технологическую подготовку, чтобы обеспечить непрерывное повышение экономической эффективности производства.

Экономичность технологии достигается реализацией таких **принципов технологического проектирования**, как малооперационность, совмещение, концентрация, непрерывность, перекрываемость операций, а также замкнутость технологического процесса.

При прочих равных условиях технологический процесс тем экономичнее, чем меньше в нем операций. Однако применение малооперационной технологии нередко требует использования более сложного оборудования и технологической оснастки, новых методов получения деталей.

Принцип совмещения в машиностроительном производстве предполагает объединение операций получения заготовок, обработки деталей, а в некоторых случаях – и сборки изделия в едином производственном процессе. Это также обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов.

Концентрация операций позволяет одновременную обработку детали многими одинаковыми инструментами, либо нескольких плоскостей разными инструментами, либо многих деталей одним инструментом, что дает возможность значительно сократить время обработки и расширить область применения специального и специализированного оборудования.

Непрерывность процесса, которая исключает перерывы в работе между операциями, обеспечивает увеличение производительности, сокращение цикла обработки и повышение эффективности производства.

Перекрываемость вспомогательных и ручных операций основными машинными или аппаратными, предполагает осуществление вспомогательных операций во время выполнения основных (контроль во время обработки, совмещение перемещения от операции к операции с обработкой, выполнение ручных операций во время машинно-автоматической работы станка и т.д.). Это позволяет сократить цикл обработки, обеспечить многостаночное обслуживание, облегчить условия труда и тем самым повысить его производительность.

Замкнутость процесса создает условия для применения безотходной технологии, при которой обеспечивается наиболее полное использование поступивших на предприятие сырья, материалов, топлива.

Технологическая подготовка производства новой машины состоит из четырех основных разделов:

- 1) разработка технологической документации;
- 2) проектирование технологической оснастки и нестандартного (специального) оборудования;

- 3) изготовление технологической оснастки и специального оборудования;
- 4) наладка запроектированного технологического процесса в условиях установившегося серийного или массового производства.

Конкретное содержание разделов, а также объем работ по технологической подготовке производства зависят от сложности машины и типа производства. В единичном производстве, где преобладает децентрализованное укрупненное технологическое проектирование, низка технологическая оснащенность и используется универсальное оборудование, объем работ по технологической подготовке минимален (затраты не превышают 25 % всех затрат на техническую подготовку производства новых изделий). В серийном производстве технологический процесс более детализирован, выше оснащенность производства, в результате чего затраты на осуществление этой фазы технической подготовки производства достигают 50 % общих затрат. В массовом производстве требуется максимальная детализация и особая тщательность разработки технологического процесса, должна быть обеспечена высокая степень технологической оснащенности производства, на что требуются большие затраты, удельный вес которых достигает 75 % всех затрат на техническую подготовку.

Раздел 1. Разработка технологической документации состоит из двух основных стадий – предварительного и рабочего проектов, осуществляемых параллельно с разработкой эскизного, технического проекта и рабочих чертежей при конструкторской подготовке производства.

На **первой стадии** технологи знакомятся с особенностями будущей машины и ее основных сборочных единиц, и деталей, подбирают материалы для оценки технологичности конструкций, выясняют с конструкторами возможные пути развития конструкции с целью максимального использования освоенных и типовых процессов, имеющегося оборудования, технологической оснастки. Выясняется также, какие потребуются новые процессы, оборудование и технологическая оснастка. На основе проведенного технологического анализа разрабатывается предварительный проект, предназначенный для проверки технологичности конструкции машины на стадиях эскизного и технического проектов конструкторской документации и разработки рабочей документации.

Предварительный проект должен содержать перечень: специальных технологических процессов; типовых технологических процессов; технических заданий на разработку специального технологического оборудования и оснастки; технологических инструкций.

Вторая стадия, охватывает широкий круг работ: от разработки технологических документов, предназначенных для изготовления и испытания опытного образца, до окончательной отработки и корректировки технологических документов по результатам изготовления и испытания контрольной серии. Включает три подстадии.

На первой подстадии (разработка рабочей документации) производится подробный анализ конструкторской документации по опытному образцу новой машины, разрабатывается технологический процесс для его изготовления, анализируется технология в процессе изготовления и испытания опытного образца

и осуществляется технологический контроль рабочих чертежей, предназначенных для серийного производства новой машины. Такой анализ позволяет выявить отдельные недоработки рабочих чертежей, дать рекомендации конструкторской службе по улучшению конструкций деталей, узлов, агрегатов и всей машины с целью повышения их технологичности.

На второй подстадии (изготовление и испытание установочной серии) решаются все основные проектные вопросы, связанные с обеспечением выпуска машин соответствующего качества в соответствующем типе производства количестве при максимальной эффективности производства:

- установление последовательности и методов получения заготовок деталей и их обработки на отдельных рабочих местах;
- разработка технических условий на обработку деталей (установочные базы, технологическая размерность детали, припуски на обработку, чистота, прочность и твердость заготовок);
- выбор необходимого оборудования, передаточных и транспортных средств, обеспечивающих рост производительности труда, максимальную автоматизацию процессов;
- разработка методов технического контроля и испытаний, гарантирующих выпуск продукции высокого качества;
- расчет норм времени на выполнение каждой операции в соответствии с запроектированными режимами обработки и типом оборудования;
- расчет норм расхода основных и вспомогательных материалов на изготовление каждой детали;
- разработка проекта планировки и перепланировки цехов, участков и рабочих мест, обеспечивающего максимальную реализацию принципов организации идеального производства.

После изготовления и всесторонних испытаний машин установочной серии выполняется корректировка технологических документов по их результатам и результатам корректировки конструкторских документов.

Третья подстадия – разработка и окончательная корректировка технологических документов для условий установившегося массового или серийного производства. Именно на этой подстадии обеспечивается максимальная эффективность новой машины как объекта производства и объекта эксплуатации.

Анализ каждого элемента чертежа (формы, размеров, допусков, чистоты поверхности, марки материала, механических свойств, запроектированной технологии и оснастки) позволяет наметить эффективные пути окончательной доработки конструкторской и технологической документации и выбрать наиболее целесообразные методы обработки.

Раздел 2. Проектирование технологической оснастки состоит из двух основных этапов.

Первый этап – разработка конструкций моделей, штампов, приспособлений, специального инструмента и нестандартного оборудования. Практика показывает, что если при запуске в серийное производство новой машины ис-

пользуется 10-20 % уже имеющихся штампов и приспособлений и 50-70 % вспомогательного и режущего инструмента, то в массовом производстве практически вся оснастка и около 85 % режущего инструмента для обработки оригинальных деталей должны быть спроектированы заново.

Основными документами для проектирования новой оснастки являются чертежи деталей, технологические карты, заказ на проектирование, технические условия на обработку деталей, а также перечень специального, основного и вспомогательного оборудования.

Разработка оснастки осуществляется в тесной взаимосвязи с технологами, которые проектируют технологический процесс обработки деталей и вместе с тем определяют тип оснастки, составляют технические задания и условия на нее и примерные эскизы. Конструкция оснастки разрабатывается в конструкторском бюро по оснастке и инструменту, Чертежи на оснастку согласовываются с технологами-заказчиками, которые визируют их перед размножением. На этом этапе осуществляется технологический контроль, выявляются конструктивные и технологические недостатки деталей, которые устраняются службой отдела главного конструктора. Длительность проектирования оснастки зависит от ее назначения и сложности. Например, проектирование инструмента занимает от 0,5 до 1 месяца, а сложных штампов – более трех месяцев.

Второй этап состоит в разработке технологического процесса по изготовлению оснастки, который должен быть достаточно универсальным, но в то же время прогрессивным, совершенным, что в конечном счете обеспечивает высокое качество изготавливаемых деталей при минимальных затратах. Это требует оснащения инструментальных цехов высокопроизводительным оборудованием и высококвалифицированными кадрами. Для изготовления режущего инструмента, применяемого в сравнительно больших количествах и незначительно различающегося, применяется групповая технология, для штампов, приспособлений, нестандартного оборудования – индивидуальная (специальная) технология. Для обработки наиболее сложных деталей оснастки целесообразно применение многооперационного оборудования и станков с ЧПУ.

Раздел 3. Изготовление технологической оснастки является наиболее трудоемкой частью технологической подготовки (затраты на изготовление технологической оснастки в 4,5 раза превышали затраты на все проектные работы по технологической подготовке производства). Этот раздел состоит из двух этапов.

Первый этап – изготовление первых экземпляров оснастки и инструмента, необходимых для опробования, испытания, наладки и доводки их в целях получения деталей в точном соответствии с чертежами. На этом этапе осуществляется технологический контроль и доработка чертежей деталей, поскольку полученные в результате опробования оснастки некоторые заготовки или детали могут иметь небольшие отклонения от заданных форм и размеров, которые не существенны для функционального назначения, но обладают большой технологичностью. Поэтому нередко выгоднее внести изменения в чертежи детали, чем в конструкцию штампа, приспособления, пресс-формы и другой

оснастки. Цикл изготовления оснастки колеблется в больших пределах и зависит также от ее назначения и сложности.

Второй этап состоит в развертывании производства опробованной и отлаженной оснастки для выполнения программы выпуска новых машин.

Раздел 4. Наладка запроектированного технологического процесса в производстве также состоит из двух основных этапов.

Первый этап – выпуск установочной серии машин. В отличие от выпуска опытной партии машин, изготавливаемых методами мелкосерийного производства с применением минимального количества технологической оснастки, установочная серия должна быть выпущена в нормальных условиях стабильного производства с применением всей номенклатуры технологической оснастки и запроектированных методов обработки. При этом решаются следующие задачи, связанные с технической подготовкой:

- проверка качества обработки деталей и сборки машин в соответствии с заданными техническими условиями;
- выверка технологичности конструкции деталей, соответствующей данному типу производства;
- выверка и отладка запроектированного технологического процесса;
- выявление и устранение дефектов в запроектированной и изготовленной оснастке;
- выявление и устранение причин дополнительных затрат труда и средств на изготовление деталей (подгонка по месту, недостаточная точность и шероховатость поверхности, излишние операции, повышенный брак и др.).

По результатам изготовления установочных серий, проверки и испытания оснастки вносятся коррективы в конструкторские и технологические документы.

Второй (заключительный) этап технологической подготовки, как и конструкторской, - изготовление контрольной серии машин с учетом исправлений, внесенных в конструкцию деталей и машины в целом, а также в оснастку и технологический процесс по результатам изготовления и испытания установочной серии. На этом этапе окончательно отрабатывается конструкция деталей на технологичность, а технологического процесса и оснастки – на экономичность, после чего вносятся коррективы во всю техническую документацию, как конструкторскую, так и технологическую.

8.2. Состав и содержание технологических документов.

Порядок разработки карт технологического процесса

Весь комплекс работ, связанных с проектированием и отладкой технологического процесса, фиксируется в различной документации.

Основным исходным документом для разработки технологической документации и непосредственного решения вопросов организации производства является **маршрутная карта** технологического процесса. Дальнейшая детализация технологического процесса осуществляется в **операционных картах**, со-

ставляемых применительно к различным видам работ. На основе маршрутных и операционных карт разрабатывается вся технологическая документация, необходимая для организации производства отдельных деталей, узлов и изделий в целом (карты схем и эскизов, технологические инструкции, ведомости материалов и оснастки, карты типовых и групповых процессов, комплектовочные карты, ведомости расцеховки и др.).

Исходными материалами для разработки карт технологического процесса являются:

1) рабочие чертежи, монтажные схемы, конструкторские спецификации деталей, сборочных единиц, паспорта оборудования, объем выпуска машин и деталей;

2) стандарты, нормали на материалы, приспособления, инструмент, на планировку оборудования и рабочих мест, нормативы для определения режимов обработки и расчета норм времени, типовые технологические процессы;

3) справочные материалы технического и экономического характера, альбомы технической оснастки родственных предприятий, отчеты научно-исследовательских институтов и лабораторий по совершенствованию технологических решений и оценке их экономической эффективности и др.

Технологические процессы обычно разрабатываются в описанной ниже последовательности.

1. Предварительное изучение чертежей, схем, спецификаций сборочных единиц, их особенностей при изготовлении.

2. Уточнение производственного задания по выпуску деталей, сборочных единиц машины. Количество выпускаемых деталей в большинстве случаев оказывает решающее влияние на выбор методов получения заготовок, содержание и последовательность операций обработки, выбор оборудования и конструкции оснастки.

3. Выбор методов получения заготовок, определение их размеров и припусков на обработку. Методы получения заготовок влияют на нормы расхода материалов, содержание и последовательность обработки и ее экономичность. Они определяют конструкцию и все размеры заготовки. Так, заменаковки штамповкой намного уменьшает припуски на обработку и сокращает число и трудоемкость операций по механической обработке.

4. Установление технологического маршрута, содержания и последовательности операций. Во многих случаях маршрут движения детали в процессе обработки и последовательность выполнения операций диктуются конструктивными особенностями детали, наличным оборудованием, инструментом, специальными требованиями к методам обработки. Обычно последовательность операций технолог определяет с учетом следующих факторов: имеющихся видов оборудования и оснастки; данных о технических возможностях и нагрузке оборудования; данных (чертежей) о планировке завода, цехов, участков; размера примерных затрат на получение заготовки и обработку детали на различных видах оборудования.

5. Выбор необходимого оборудования, режимов обработки и оснастки. Он производится по каждому варианту технологического маршрута с учетом требований к точности обработки, технического состояния и степени загрузки наличного оборудования. В первую очередь изучаются возможности использования наличного оборудования и оснастки, и лишь при полной его загрузке предусматривается приобретение нового. Однако в ряде случаев деталь может обладать такими конструктивными и технологическими особенностями, что изготовление ее на наличном оборудовании при данном объеме выпуска потребует значительных материальных и трудовых затрат, тогда как применение специального оборудования и специальной оснастки позволит получить большой эффект и перекрыть потери от недоиспользования действующего оборудования. В этом случае технолог должен не только представить технические соображения на этот счет, но и произвести соответствующие экономические расчеты.

6. Установление квалификации и разряда работ по каждой операции. Профессию и разряд работ устанавливают обычно на основе квалификационной характеристики по тарифно-квалификационным справочникам исходя из сложности работы и оборудования.

7. Определение норм времени и расценок. Расчет норм времени в большинстве случаев выполняется на основе запроектированных режимов обработки, оборудования, оснастки, количества деталей, одновременно обрабатываемых на станке, обслуживаемых станков, габаритных и весовых характеристик и других факторов.

8. Экономическая оценка запроектированного варианта технологического процесса. Она производится путем определения проектной себестоимости обработки детали. На основе этого показателя выбирают окончательный вариант получения заготовки и обработки детали, сборки узла, агрегата и машины в целом.

Как правило, для одной и той же детали следует предусматривать несколько вариантов технологических маршрутов. На рис. 8.1 приведена схема возможных вариантов изготовления деталей и сборки их в простейший узел, состоящий из трех деталей. Из схемы видно, что первая деталь может быть изготовлена по трем, вторая – по двум, третья – по одному технологическому варианту. Сборка узла может быть осуществлена как на стенде комплексной бригадой, так и на поточной линии. Последовательность операций и направление перемещения показаны стрелками и вертикальными линиями. На горизонтальных линиях против соответствующей операции проставляются ее параметры и нормативы (нормативы времени, расхода материалов, перерывы, расстояние транспортировки др.), служащие исходными данными для предварительной оценки варианта технологического процесса.

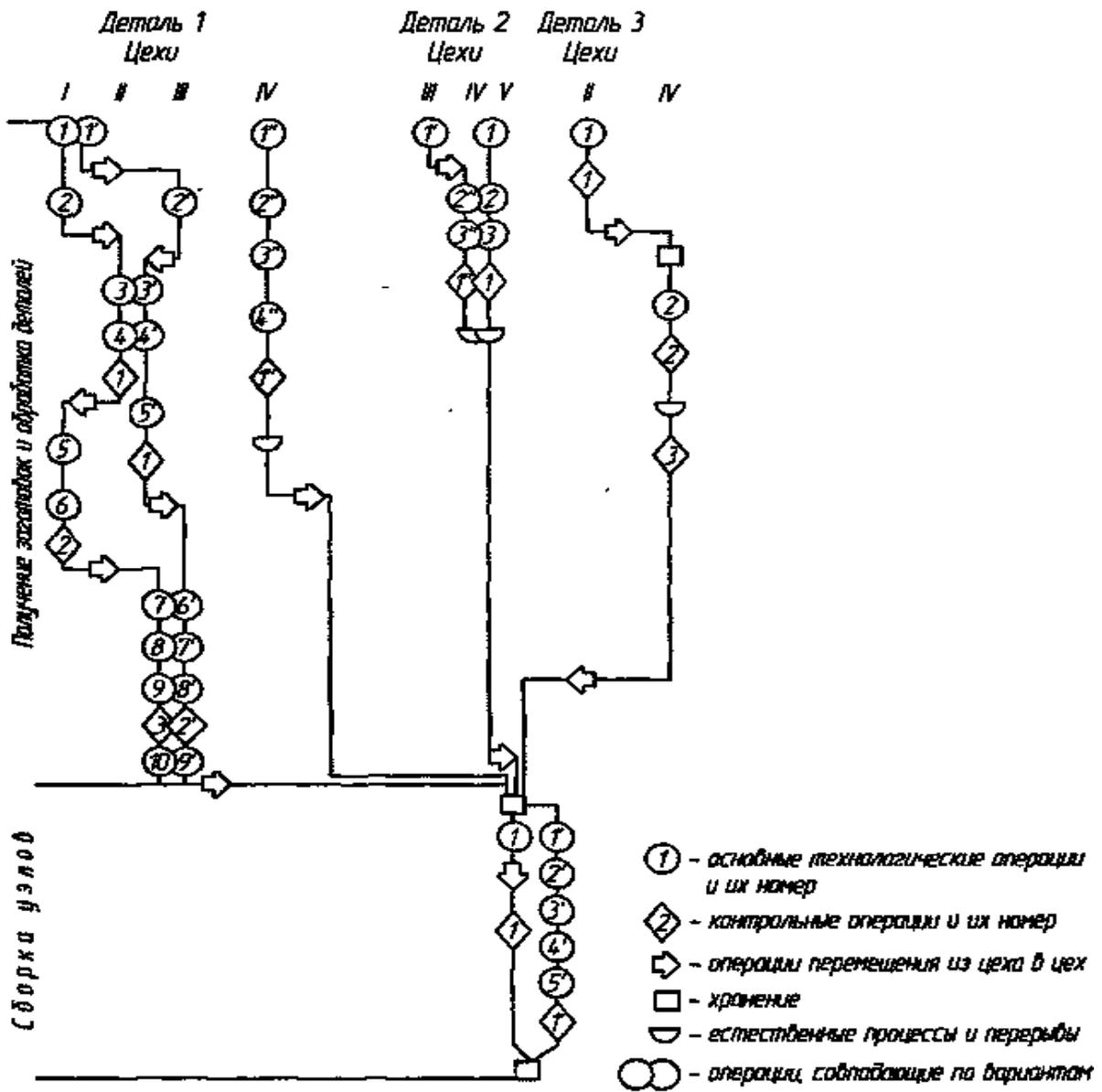


Рис. 8.1. Схема возможных технологических маршрутов изготовления деталей и сборки их в узел

Показанная на рис. 8.1 схема прохождения деталей по цехам может служить исходным материалом для разработки более подробной маршрутной технологии изготовления каждой из трех деталей внутри цеха и их прохождения по отдельным рабочим местам. Также такие схемы могут быть использованы не только для разработки карт технологического процесса, но и для предварительного рассмотрения и решения ряда организационных вопросов (составление схем планировок участков цеха и отдельных видов оборудования, определение величины и направления грузопотока, выбор транспортных средств и т.д.). При этом детали, имеющие одинаковые схемы маршрутов, объединяются в однородные группы, что служит основой для разработки типовых процессов проектирования предметно-замкнутых участков и групповых поточных линий (рис. 8.2).

Группы деталей	I	II	III	IV
Технологический маршрут по группам оборудования				
Эскизы деталей				
Выпуск в год, тыс. шт.	32,8	11,2	14	16

Рис. 8.2. Схема группировки и подбора деталей, имеющих одинаковые или сходные технологические маршруты, для планировки и организации предметно-замкнутого участка механической обработки

8.3. Технологическая типизация и стандартизация и их эффективность

Важная задача технологической подготовки производства – обеспечение максимальной преемственности новых машин по методам производства, что достигается типизацией технологических процессов и стандартизацией оснастки и элементов процесса.

Под **типизацией технологических процессов** понимается подбор групп однородных типовых предметов труда (заготовок, деталей, сборочных единиц) по конструктивно-технологическому признаку и разработка общего рационального маршрута и процесса, предусматривающего применение наиболее производительного оборудования, совершенной оснастки и методов организации производства.

В машиностроении типизация технологических процессов осуществляется в трех основных направлениях.

1. Разработка типовых процессов получения заготовок, деталей и изменения их свойств (химических, механических и др.); при этом маршрут обработки, состав и последовательность операций зависят не от форм и размеров деталей, а от их эксплуатационных и технологических свойств (литейные, куз-

нечно-штамповочные, термические, гальванические и другие подобные процессы).

2. Разработка типовых процессов получения готовых деталей определенных форм и размеров, зависящих от характера маршрута обработки, состава и последовательности операций, применяемого оборудования. Сюда относится разработка процессов механической обработки оригинальных деталей.

3. Разработка типовых процессов для получения деталей определенного конструктивного сходства по формам и размерам (типовые процессы обработки стандартизованных, нормализованных и унифицированных деталей). Применение таких процессов требует внесения коррективов в конструкцию деталей. Для каждого типового технологического процесса механической обработки деталей составляются карты по специальным формам. Основное содержание карт совпадает с содержанием единичных процессов, но по ряду важнейших позиций указываются не фиксированные показатели, а их интервалы (по массе заготовок, массе и размерам деталей, количеству деталей, одновременно запускаемых в обработку, нормам расхода материалов, времени и т.д.).

Кроме того, для типовых процессов составляются сводные карты, предназначенные для записи индивидуальных данных о деталях, изготавливаемых по типовым процессам (наименование и обозначение детали, марка материала, размеры заготовки, нормы затрат времени, материалов и др.). Они расшифровывают показатели и данные обработки конкретных деталей без составления громоздких индивидуальных карт технологического процесса. На рис. 8.3 показан пример группировки сходных деталей, обработка которых на одном из заводов велась по типовым технологическим процессам. При этом на 27 представителей всех типов деталей, которые охватывают 651 наименование, было разработано лишь 27 типовых процессов, т.е. один в среднем на 24 детали.

Номер группы деталей	Наименование детали	Наружный диаметр, мм, не более	Количество деталей данного типа в группе
1	Кольцо гладкое	28	37
2	Кольцо с выточками	16	10
3	То же	45	16
.....			
10	Кольцо с наружной резьбой	16	22
11	То же	28	58
.....			
17	Втулка с фланцем	28	11
Общее количество наименований изделий			651

Рис. 8.3. Группировка деталей, обрабатываемых на револьверных станках по типовым технологическим процессам

Дальнейшим развитием идеи типизации в технологической подготовке является **метод групповых технологических процессов**. Этот метод также основан на определении операционной группы деталей, которые могут быть обра-

ботаны на одинаковом оборудовании с помощью единой оснастки и при ее наладке по общему технологическому процессу. В каждой такой группе выделяется так называемая **комплексная деталь**, в конструкции которой должны содержаться все основные поверхности, определяющие конфигурацию и способы обработки всех других деталей, входящих в данную группу. Комплексная деталь требует наиболее сложной обработки и наладки оборудования и оснастки. Она может реально существовать в данной группе деталей или быть искусственной, специально сконструированной.

На рис. 8.4 показана реальная комплексная деталь *A*, состоящая из 18 конструктивно-технологических элементов, и детали, группы которых могут быть обработаны по единому групповому процессу. Как видно из рисунка, любая из деталей группы содержит значительно меньше (от 3 до 9) основных конструктивных и технологических элементов, чем комплексная, а потому может быть изготовлена по технологии, разработанной для детали *A*, с одной наладки станка и инструмента

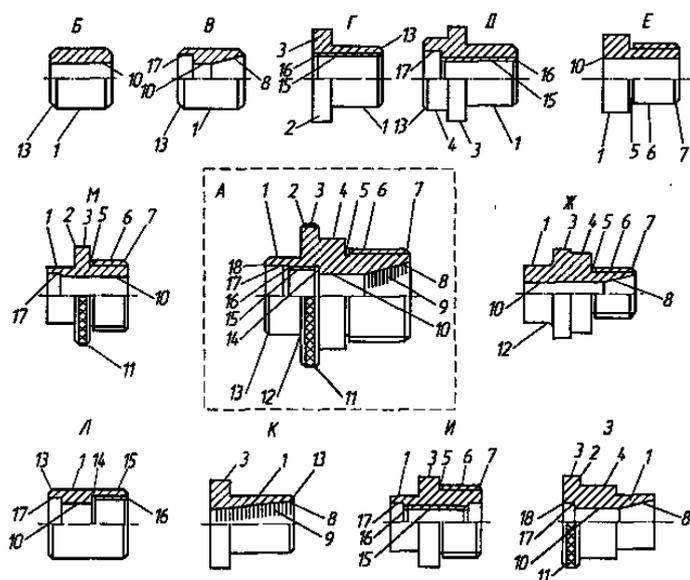


Рис. 8.4. Комплексная деталь (A) и детали, входящие в группу (с 5 по M):
1-18 – номера обрабатываемых поверхностей

Типизация технологических процессов резко уменьшает затраты на разработку технологической документации. Опыт отдельных заводов показывает, что при широком применении типовых процессов количество технологических документов снижается в 5–10 раз, а трудоемкость проектирования – в 2-3 раза. Кроме того, создаются предпосылки для стандартизации оснастки и отдельных элементов технологического процесса, а также применения специального и специализированного оборудования.

Эффективным средством повышения степени технологической преемственности является стандартизация отдельных элементов процесса – операций и переходов. Под **стандартизацией элементов технологических процессов** понимается расчленение конструкции деталей на отдельные характерные по-

верхности, выбор оптимальных стандартизованных способов и методов их обработки. Для обработки каждой из таких элементарных поверхностей на определенном оборудовании (например, обработки отверстия на расточном станке) разрабатываются способы выполнения отдельных переходов, определяются основные их параметры (режимы обработки, путь движения инструмента, вид применяемых режущих и измерительных инструментов, оснастки, нормы времени и т.д.). Из стандартизованных переходов разрабатываются стандартизованные операции, а также типовые и индивидуальные процессы обработки конкретных деталей. При этом один и тот же стандартизованный элемент (переход) может быть использован для обработки деталей нескольких наименований.

Важной частью работ по технологической преемственности, тесно связанной с типизацией и стандартизацией процессов и их составных частей, является стандартизация элементов оснастки.

Под **стандартизацией технологической оснастки** и ее элементов понимается расчленение ее конструкции на отдельные простые элементы в соответствии с их функциональным назначением и установление для каждого из них таких единых форм, размеров и свойств, которые позволяют использовать их в оснастке разного назначения. Она служит предпосылкой для создания приспособлений многократной обратимости, которые могут быть использованы для обработки различных деталей путем переналадки или перекомпоновки, замены или регулировки отдельных стандартизованных элементов.

Возможности стандартизации оснастки различных типов неодинаковы. Все многообразие оснастки можно свести к двум основным группам – универсальной и специальной.

Универсальная оснастка (УО) применяется при обработке деталей различных размеров и форм на данном. Она может быть **безналадочной (УБО)**, при которой переход от обработки детали одного наименования к другой осуществляется лишь с помощью регулировки рабочих элементов, и **наладочной (УНО)**, на которой детали разного наименования обрабатываются путем замены специальных сменных наладок. Универсальная оснастка применяется в большом количестве на машиностроительных заводах и поэтому должна быть стандартизована и, как правило, должна производиться на специализированных предприятиях.

Специальная оснастка предназначена для выполнения определенных детали-операций. Она разделяется на два основных типа: **непереналаживаемую**, или **неразборную (НСО)**, и **переналаживаемую (ПСО)**. Неразборная оснастка – это необратимые приспособления узкоспециализированного назначения, состоящие в основном из неподдающихся нормализации оригинальных элементов (пресс-формы, матрицы, модели и т.п.). Переналаживаемая оснастка разделяется на следующие основные виды: универсально-сборочная (УСО), сборно-разборная (СРО), универсально-наладочная (УНО), универсально-групповая (УГО).

Переналаживаемые приспособления могут состоять в основном из стандартизованных деталей и несложных узлов, оригинальных и специальных

наладок, что обеспечивает возможность их многократного использования и сочетания серийного или массового производства основных элементов с индивидуальным характером применения.

Состояние работ по технологической стандартизации оценивается с помощью ряда показателей (коэффициентов): технологической преемственности, типизации технологических процессов, стандартизации оснастки и элементов технологического процесса и др.

Коэффициент технологической преемственности ($K_{т.п}$) характеризует степень применения ранее разработанных и освоенных процессов в производстве новой машины и определяется отношением их количества (T_{oc}) к общему количеству технологических процессов (T) и рассчитывается по формуле (8.1):

$$K_{т.п} = T_{oc}/T \quad (8.1)$$

Коэффициент преемственности оснастки ($K_{п.о}$) характеризует степень применения ранее разработанной и освоенной специальной оснастки в производстве новой машины. Он определяется отношением количества наименований заимствованной оснастки (O_3) к общему количеству ее наименований в производстве новой машины (O) и рассчитывается по формуле (8.2):

$$K_{п.о} = O_3/O \quad (8.2)$$

Коэффициент типизации технологических процессов ($K_{тип}$) определяется отношением количества наименований деталей машины, обрабатываемым по типовым процессам ($D_{тип}$), к общему их количеству (D) и рассчитывается по формуле (8.3):

$$K_{тип} = D_{тип}/D \quad (8.3)$$

Коэффициент охвата типовыми технологическими процессами ($K_{о.т}$) определяется отношением количества наименований деталей, изготавливаемых по типовым процессам ($D_{тип}$), к общему количеству этих процессов ($T_{тип}$) и рассчитывается по формуле (8.4), т.е. характеризует среднее количество наименований деталей, изготавливаемых по одному типовому процессу.

$$K_{о.т} = D_{тип}/T_{тип} \quad (8.4)$$

Коэффициент охвата групповыми процессами ($K_{о.гр}$) определяется отношением количества наименований деталей, изготавливаемых по групповым процессам ($D_{гр}$), к общему количеству этих процессов ($T_{гр}$) и рассчитывается по формуле (8.5):

$$K_{о.гр} = D_{гр}/T_{гр} \quad (8.5)$$

Он характеризует среднее количество наименования деталей, изготавливаемых по одному групповому процессу.

Коэффициент стандартизации элементов процессов ($K_{ст.э}$) определяется отношением количества элементарных технологических поверхностей, обрабатываемых по стандартизованным переходам ($\Pi_{ст}$), к общему их количеству (Π) и рассчитывается по формуле (8.6):

$$K_{ст.э} = \Pi_{ст}/\Pi \quad (8.6)$$

Коэффициент стандартизации оснастки ($K_{ст.о}$) определяется отношением количества наименований специальной оснастки, изготавливаемой из стандартизованных элементов ($O_{ст.э}$), к общему ее количеству (O) и рассчитывается по формуле (8.7):

$$K_{ст.о} = O_{ст.э}/O \quad (8.7)$$

Коэффициент стандартизации элементов оснастки ($K_{ст.э}$) определяется отношением количества наименований стандартизованных узлов и деталей оснастки, применяемой на заводе ($\mathcal{E}_{ст}$), к общему их количеству (\mathcal{E}) и рассчитывается по формуле (8.8):

$$K_{ст.э} = \mathcal{E}_{ст}/\mathcal{E} \quad (8.8)$$

Общее состояние работ по стандартизации при технологической подготовке производства машины новой конструкции можно оценить с помощью среднелинейного ($K_{ср}$) по формуле (8.9) или средневзвешенного ($\bar{K}_{срв}$) коэффициента стандартизации по формуле (8.10):

$$K_{ср} = (D_з + D_{тип} + D_{гр})/D \quad (8.9)$$

$$\bar{K}_{срв} = \left(\sum_{i=1}^{D_з} N_{зi} t_{зi} + \sum_{i=1}^{D_{тип}} N_{типi} t_{типi} + \sum_{i=1}^{D_{гр}} N_{гри} t_{гри} \right) / \Sigma T, \quad (8.10)$$

где $D_з$ – количество наименований деталей, изготавливаемых по заимствованным процессам;

$N_{зi}$, $N_{типi}$, $N_{гри}$ – количество деталей данного наименования (на машину), изготавливаемых соответственно по заимствованным, типовым или групповым технологическим процессам;

$t_{зi}$, $t_{типi}$, $t_{гри}$ – трудоемкость, ч;

ΣT – общая трудоемкость изготовления машины на заводе.

Чем больше рассмотренные коэффициенты, тем выше на заводе уровень технологической стандартизации, меньше затраты труда и средств на подготовку производства и изготовление машин и выше ее эффективность.

В целях обеспечения максимальной стандартизации в области подготовки производства вся документация проходит **нормализационный контроль**, который состоит из двух основных частей: контроля правильности оформления документов и проверки технологической преемственности новой машины.

Контроль правильности оформления документов включает контроль: обозначений и комплектности документов; правильности надписей, ссылок, расчетных величин; терминологии, условных обозначений, форм документов на соответствие установленным стандартам.

Проверка технологической преемственности выявляет, насколько при разработке карт, технологических процессов и чертежей оснастки использованы освоенные типовые и групповые процессы и стандартизованная оснастка вместо оригинальных. Для эффективного осуществления такой работы необходимо создание на заводе ряда электронных справочных документов: каталога типовых и групповых процессов, картотек применяемости стандартной и стандартизованной оснастки, оборудования, а также альбомов нормалей на материалы, инструмент, элементы процесса, на отдельные элементы оснастки и др.

8.4. Экономическая оценка и выбор технологических вариантов

Разработка нескольких вариантов технологического процесса изготовления детали предполагает изыскание наиболее эффективных способов обработки, обеспечивающих минимальные затраты.

Предварительная (укрупненная) экономическая оценка технологии производится на стадии разработки проекта конструкций узлов и деталей в пределах максимальной себестоимости, а окончательная оценка и выбор варианта – на стадии детальной проработки технологии.

Разработанные методы оценки вариантов технологического процесса предусматривают определение и анализ только тех затрат на изготовление детали (узла), которые непосредственно связаны с осуществлением конкретного варианта.

Затраты на изготовление определенного количества деталей (узлов) в год (N), непосредственно связанные с осуществлением того или иного варианта технологического процесса, можно условно разделить на две основные группы – **условно-переменные** (a), сумма которых растет пропорционально N , и **условно-постоянные** (b), сумма которых остается относительно постоянной при изменении N . Таким образом, сумма общих затрат (C_T) определится в общем виде по формуле (8.11).

$$C_T = aN + b \quad (8.11)$$

Состав условно-переменных затрат зависит от конкретного содержания технологического процесса и может включать стоимость материалов, топлива, энергии, зарплату производственных рабочих, затраты, связанные с эксплуатацией универсального оборудования и инструмента, и др. Основными составляющими условно-постоянных затрат являются расходы на изготовление (приобретение) и эксплуатацию оборудования и оснастки, специально сконструированных и изготовленных для осуществления технологического процесса по данному варианту, которые должны быть полностью перенесены на детали (узлы) данного наименования.

Границей экономичности вариантов технологического процесса является программа, при которой сравниваемые варианты оказываются равноценными (рис. 8.5). Эту программу принято называть критической. Она определяется по формуле (8.12).

$$N_{кр} = (b_2 - b_1)/(a_1 - a_2) \quad (8.12)$$

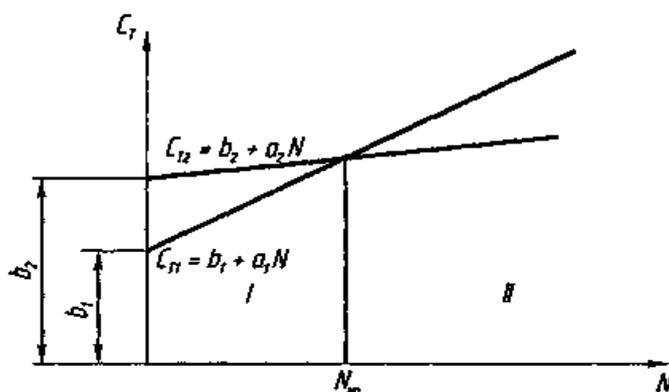


Рис. 8.5. Изменение экономичности вариантов технологического процесса по технологической себестоимости (C_T) в зависимости от изменения программы выпуска (N):

I, II – зоны экономичности соответственно первого и второго вариантов

Критическая программа позволяет руководителю оценить эффективность дополнительных затрат на осуществление более дорогого варианта, а также при ограниченности ассигнований на освоение в производстве нового изделия установить очередность технического оснащения производства при развертывании выпуска нового изделия от минимума до максимума. В первый период освоения может оказаться более эффективным дешевый вариант, который затем по мере роста годового выпуска N до $N_{кр}$ заменяете более дорогим, рассчитанным на применение новых, более производительных (хотя и дорогих) видов оборудования, оснастки и др.

Влияние программы на технологическую себестоимость наглядно видно при отнесении ее к единице продукции или каждой детали и рассчитывается по формуля (8.13):

$$C_d = a + b/N. \quad (8.13)$$

Постоянные затраты в себестоимости детали (на специальную оснастку и оборудование) оказывают исключительное влияние при малой годовой программе, что характерно для мелкосерийного и серийного производства. Именно поэтому поиски путей упрощения и удешевления оснастки при разработке технологического варианта в производстве этих типов являются не менее важной задачей, чем экономия на пропорциональных затратах. В массовом производстве при большой программе выпуска второе слагаемое уравнения становится малой величиной. Поэтому при разработке технологических процессов на первое место выступает поиск путей экономии пропорциональных затрат (материалов, энергии, топлива, заработной платы), а также лучшего использования оборудования и т.д.

ТЕМА 9. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

- 9.1. Понятие качества продукции и определяющие его факторы.
- 9.2. Стандарты качества. Сертификация продукции.
- 9.3. Основные виды и методы контроля. Учет и анализ брака.
- 9.4. Комплексное управление качеством. Заводские органы технического контроля.

9.1. Понятие качества продукции и определяющие его факторы

С технической подготовкой производства непосредственно связано управление качеством продукции.

Существует много определений качества продукции. Все они так или иначе связывают качество со свойством продукции удовлетворять требования потребителя, предъявляемые к ней. Но любой потребитель всегда связывает качество продукции с ценой на нее, поэтому правильнее было бы определить **качество продукции** как совокупность ее свойств, способных удовлетворять определенные потребности потребителя при приемлемой для него цене,

Качество определяет конкурентоспособность продукции: чем оно выше, тем выше при прочих равных условиях конкурентоспособность и, следовательно, больше объем реализации и доход предприятия. Уровень качества характеризуется как количественными, т.е. численными, показателями, так органолептическими, определяемыми пятью органами чувств человека (цвет, запах, звук и др.), значение которых в настоящее время резко возрастает в связи с повышением конкурентоспособности.

Качество – категория социально-экономическая. Всякое повышение его уровня должно приносить обществу или отдельному потребителю дополнительную пользу. Но производство продукции повышенного качества требует дополнительных затрат, которые должны быть компенсированы обществом или потребителем в виде повышенной цены.

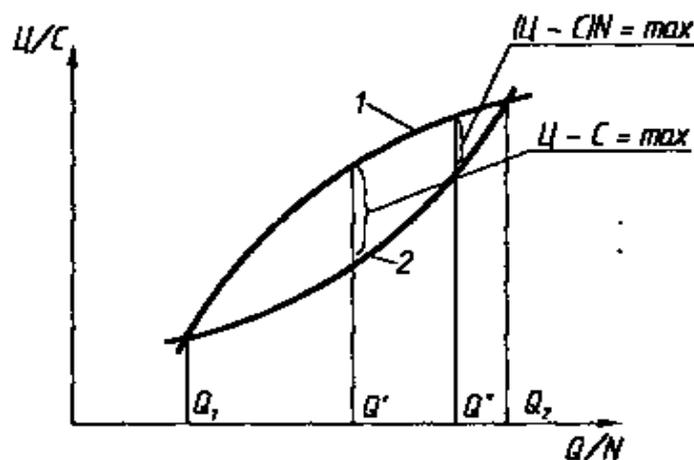


Рис. 9.1. Зависимость между ценой P , качеством Q , себестоимостью C и сбытом продукции: 1 – цена; 2 – себестоимость; Q_1, Q_2 – пределы рентабельности производства в зависимости от уровня качества; Q' – уровень качества, обеспечивающий максимальную рентабельность единицы продукции; Q'' – высокий уровень качества, обеспечивающий высокий уровень сбыта и максимальную массу прибыли; N – объем реализации продукции, при котором обеспечивается максимальная прибыль предприятия

Как видно из рис. 9.1, для предприятия выгодно повышать качество даже в том случае, когда максимальный уровень рентабельности продукции будет снижаться из-за прогрессивного роста затрат на его обеспечение, так как при этом повышается объем реализации и прибыль достигает максимальной величины. Как обществу, так и отдельному потребителю выгодно такое улучшение качества, при котором затраты на приобретение продукции повышенного качества возрастают медленнее, чем увеличивается ее полезный эффект. Таким образом, через качество прежде всего реализуется (проявляется) единство потребительной стоимости и стоимости продукции, благодаря чему согласуются требования внешней среды и определяется роль предприятия в системе народного хозяйства. С повышением качества продукции возрастают экспортные возможности страны, ускоряются темпы ее научно-технического развития, экономятся невозполнимые природные ресурсы и более полно удовлетворяются потребности населения.

На уровень качества влияют многие факторы, и прежде всего такие, как проект продукции, исходные материалы, оборудование, квалификация исполнителей и др. (рис. 9.2).

Как видно из рисунка, формирование и обеспечение высокого уровня качества на конкретном предприятии достигается путем осуществления совокупности взаимосвязанных системных работ: от анализа требований потребителя на стадии проектирования продукции до ее выпуска, т.е. работ по всей цепочке «планирование – проектирование – изготовление – сбыт – дообслуживание потребителя». Высокий уровень качества продукции должен быть заложен в любую операцию по созданию нового изделия, т.е. в каждый проект, каждый процесс, каждую операцию. При этом высокое качество продукции обеспечивается

примерно на 80 % за счет высокого качества проектирования, на 15 % за счет контроля и регулирования технологических процессов и только на 5 % за счет контроля качества готовой продукции.

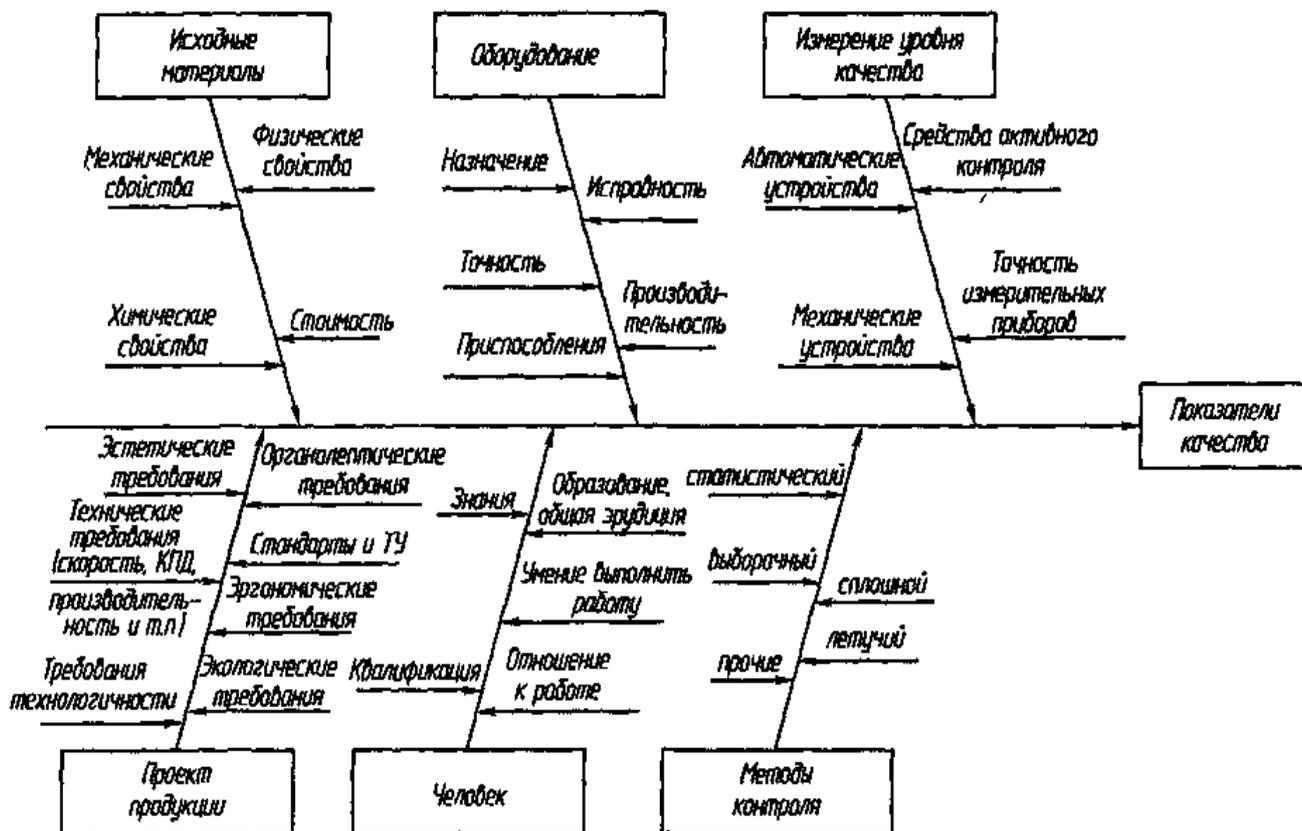


Рис. 9.2. Факторы, оказывающие влияние на уровень качества продукции

Решающим фактором, оказывающим влияние на качество продукции на всех ее стадиях, является человек, его квалификация, знания, образование, умение выполнять работу качественно. Управление качеством, базирующееся на высочайшем уровне подготовки кадров, добросовестном отношении к труду, обеспечивает не только высокий уровень качества, но и минимальные затраты труда и средств на контроль специальным персоналом.

В систематизированном виде содержание, характер и этапы выполнения работ по обеспечению высокого качества продукции приведены на рис. 9.3.

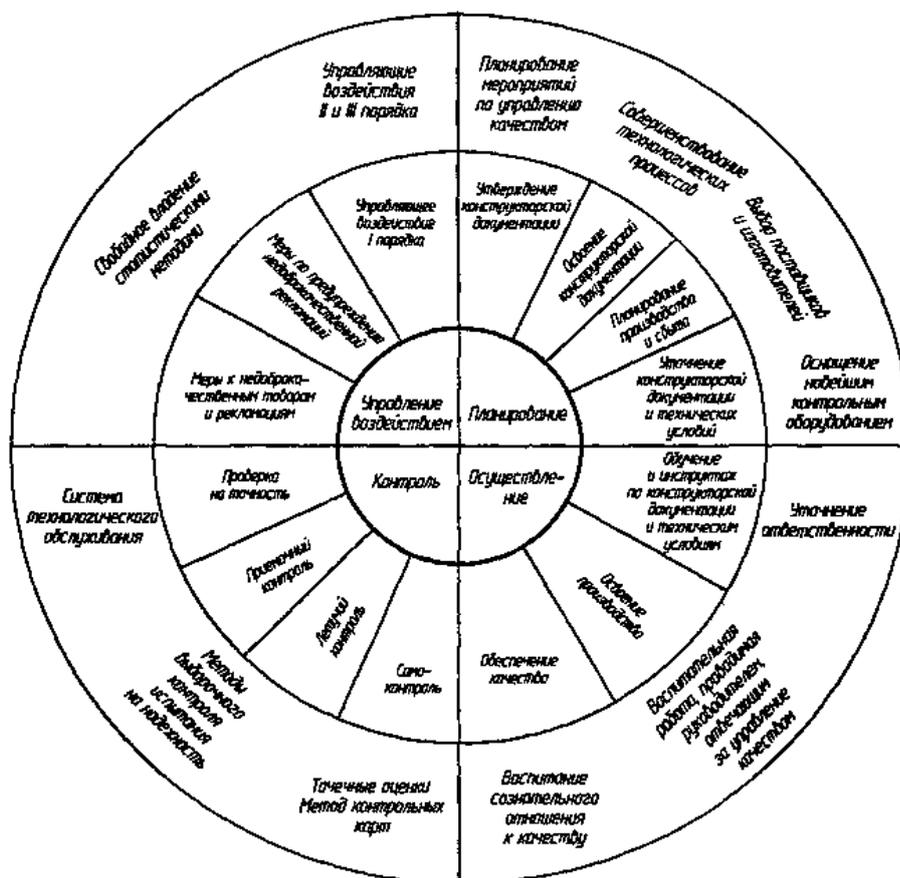


Рис. 9.3. Схема организации работ по обеспечению качества продукции на предприятии

9.2. Стандарты качества. Сертификация продукции

Одним из способов повышения качества является стандартизация. В целях обеспечения единого, признанного во всем мире подхода к проблеме качества продукции и регулирования отношений между производителем и потребителем продукции Международной организацией по стандартизации (ИСО) в марте 1987 г. была разработана и в 1994 г. обновлена совокупность международных стандартов ИСО 9000, которые определяют систему контроля и испытания продукции и управления качеством от ее проектирования до эксплуатации.

Стандарты ИСО 9000 определяют:

- 1) задачи руководства (политика в области качества, организации работ по достижению установленного уровня качества);
- 2) систему документации (нормативной, плановой, правил, характеристик и др.);
- 3) документацию требований и их выполнимость;
- 4) качество во время разработки изделия (планирование, комплектность, документация, проверка, результат, измерение);
- 5) качество во время закупок (документация, контроль);
- 6) обозначение изделий и возможность их контроля;
- 7) качество во время производства (планирование, инструкции, квалификация, контроль);

- 8) проверку качества (входной, межоперационный и окончательный контроль, документация испытаний);
- 9) контроль за испытательными средствами;
- 10) корректирующие мероприятия;
- 11) качество при хранении, перемещении, упаковке, отправке;
- 12) документирование качества;
- 13) внутривоздской контроль за системой поддержания качества;
- 14) обучение персонала;
- 15) применение статистических методов контроля качества;
- 16) анализ качества и систему принимаемых мер.

Международные стандарты предусматривают управление качеством продукции на протяжении всего ее жизненного цикла (рис. 9.4). Они же регламентируют порядок анализа качества и применение отдельных методов, схем и графиков, предложенных учеными (диаграммы Парето, Исикавы и др.).

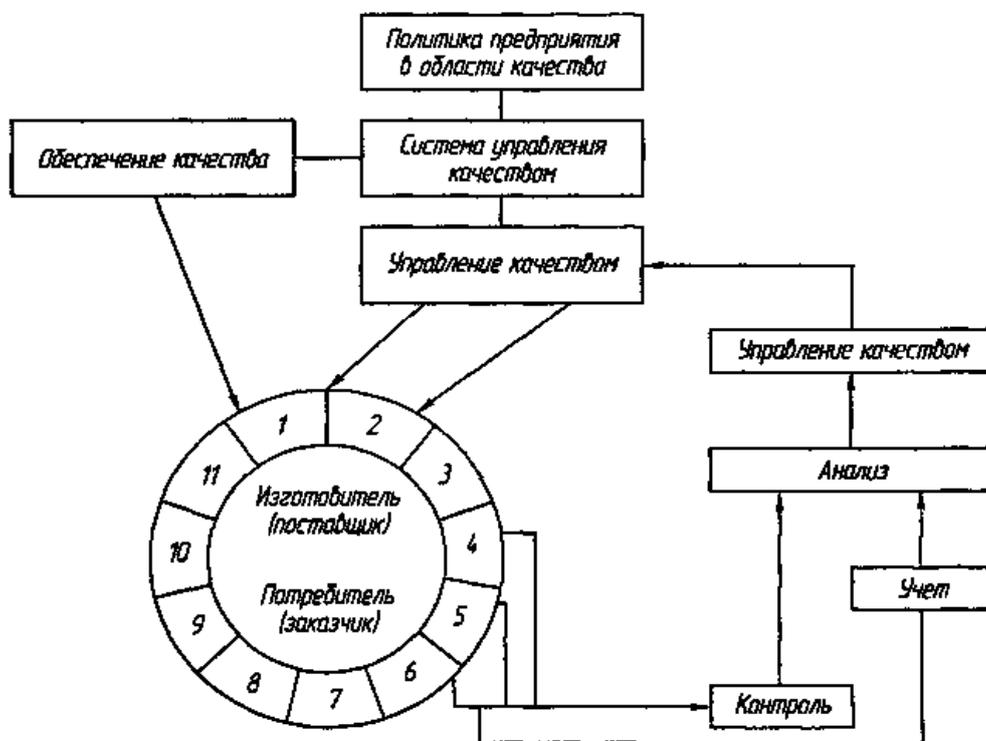


Рис. 9.4. Управление качеством по ИСО 9004:1 — маркетинг, поиск и изучение рынка; 2 — разработка продукции; 3 — материально-техническое снабжение; 4 — подготовка и разработка производственных процессов; 5 — производство продукции; 6 — контроль, проведение испытаний и обследований; 7 — упаковка, хранение, транспортировка; 8 — реализация и распределение продукции; 9 — монтаж в эксплуатации; 10 — техническая помощь и обслуживание; 11 — утилизация

Мировой опыт свидетельствует о том, что необходимым инструментом, гарантирующим соответствие качества продукции нормативно-техническим документам и стандартам, является сертификация продукции.

Сертификация – это действие, удостоверяющее посредством сертификата или знака соответствия, что изделие отвечает требованиям указанных в них

стандартов или технических условий. Она является средством управления качеством как в международной, так и во внутренней торговле и считается основным достоверным способом доказательства соответствия продукции заданным требованиям.

По правовому статусу системы сертификации могут быть обязательными и добровольными (факультативными).

Обязательная сертификация осуществляется в том случае, когда стандарты по закону обязательны к применению в любой стране. Это требования окружающей среды, здоровья человека, безопасности людей, сохранности имущества и др. Без такой сертификации предприятие не имеет права производить данную продукцию.

Добровольная сертификация осуществляется с целью повышения конкурентоспособности продукции и является важным инструментом в международных торговых отношениях. Ее проведение предотвращает импорт в страну изделий, не соответствующих требованиям уровня качества, снижает импорт в страну аналогичных изделий, упрощает потребителю выбор продукции, защищает изготовителя от конкуренции с поставщиками несертифицированной продукции, обеспечивает рекламу и рынок сбыта, повышает качество стандартов путем выявления в них устаревших положений и стимулирует их изменение в сторону повышения требований к качеству продукции.

В зависимости от объема и содержания работ по сертификации ее подразделяют на самосертификацию (по ИСО – «заявление поставщика о соответствии продукции») и сертификацию третьей стороной.

Самосертификация осуществляется в масштабах страны, а в ряде случаев – в масштабах региона, если на предприятии имеется высокоэффективная система обеспечения качества продукции на уровне требований международных стандартов.

Сертификация третьей стороной предусматривает оценку качества сторонней специализированной организацией – органом по сертификации, обычно называемыми испытательными лабораториями. Такие лаборатории на основании заявления производителя, содержащего письменную гарантию о соответствии качества, проводят тщательные испытания и контроль уровня качества предъявленного изделия и в случае его соответствия стандартам и нормам дают письменную гарантию, что продукция соответствует установленным требованиям. При этом предприятию выдается либо «Сертификат соответствия», либо «Знак соответствия». Испытательные лаборатории должны обладать статусом юридического лица и отвечать ряду требований, удовлетворение которых гарантирует полную их независимость и высокий уровень работы, по объективной оценке качества (высокий уровень квалификации сотрудников, наличие специального оборудования и средств контроля и испытаний, использование стандартных методов испытания и т.д.).

Важной работой независимых органов сертификации является оценка предприятий на соответствие требованиям, предъявляемым к системам менеджмента качества. При этом неотъемлемой составной частью систем серти-

фикации является аккредитация независимых центров и лабораторий, осуществляющих сертификационные испытания.

Сертификация производства осуществляется в шесть основных этапов:

- 1) представление предприятием заявки на сертификацию производства;
- 2) предварительная оценка;
- 3) разработка методики сертификации производства;
- 4) проверка производства;
- 5) оформление сертификата соответствия на производство;
- 6) инспекционный контроль за сертифицированным производством.

При сертификации производства оценивают четыре блока объектов:

- готовую продукцию (оценка качества при реализации и потреблении, анализ причин обнаруженных дефектов);
- технологическую систему (технологическая подготовка производства, хранение, перемещение, установка);
- техническое обслуживание и ремонт оборудования, оснастки, поверка контрольно-измерительных приборов;
- систему технического контроля и испытаний (входной, операционный контроль, типовые, квалификационные и периодические испытания).
- Организация, выполняющая сертификацию производства, осуществляет инспекционный контроль за работой предприятия и качеством продукции и в случае ухудшения качества может наложить на предприятие штраф, лишить лицензии на изготовление продукции и изъять продукцию из оборота.

9.3. Основные виды и методы контроля. Учет и анализ брака

Фактический уровень качества конкретного экземпляра продукции устанавливается техническим контролем. Под **техническим контролем качества** понимается сравнение показателей предметов, орудий, продуктов труда и технологических процессов с показателями, зафиксированными в технических документах. Сравнивают формы, размеры, чистоту поверхности, прочность, твердость, мощность, производительность, режимы обработки и другие показатели, характеризующие качество продукции. Технический контроль осуществляется прежде всего производственным персоналом (рабочим, мастером), который выполняет работу и несет ответственность за ее качество. Такой контроль предусматривается технологическим процессом и осуществляется либо во время обработки детали и выполнения работы, либо после ее окончания в выделенное на контроль.

Кроме технического персонала технический контроль качества осуществляют работники специального органа – отдела технического контроля (ОТК).

Основная задача контрольного аппарата – выявление причин появления и предупреждение брака, т.е. его профилактика. Технический контроль должен быть направлен на те объекты и операции технологического процесса, на которых возможно возникновение брака или которые могут служить его источни-

ком при обработке предметов труда на дальнейших стадиях технологического процесса.

Объектами технического контроля являются:

- исходные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, потребляемые в производстве;
- техническая документация, по которой изготавливается продукция;
- качество контрольно-измерительных приборов, инструментов и средств, с помощью которых определяются показатели качества продукции;
- состояние оборудования, приспособлений, инструмента и другой технологической оснастки, с помощью которых изготавливается продукция;
- соблюдение режимов обработки, а также технологических и производственных инструкций;
- заготовки, детали, сборочные единицы и выполнение отдельных важнейших операций технологического процесса их изготовления;
- готовая продукция;
- качество упаковки и отгрузки продукции;
- работа машин у потребителя в течение гарантийного срока.

Помимо ОТК контрольные функции выполняют заводские лаборатории, которые проводят анализы и испытания химических, физических, механических, структурных и технологических свойств сырья, материалов, полуфабрикатов и участвуют в разработке мероприятий по уменьшению брака.

Качество некоторых видов особо важной и ответственной готовой продукции проверяет также представитель потребителя (ведомственный приемщик).

В зависимости от характера и условий производства на машиностроительных заводах применяются различные виды технического контроля, различающиеся по организационным формам, характеру контрольных операций, стадиям технологического процесса, влиянию на его ход, применяемым средствам и месту выполнения контрольных операций (рис. 9.5).

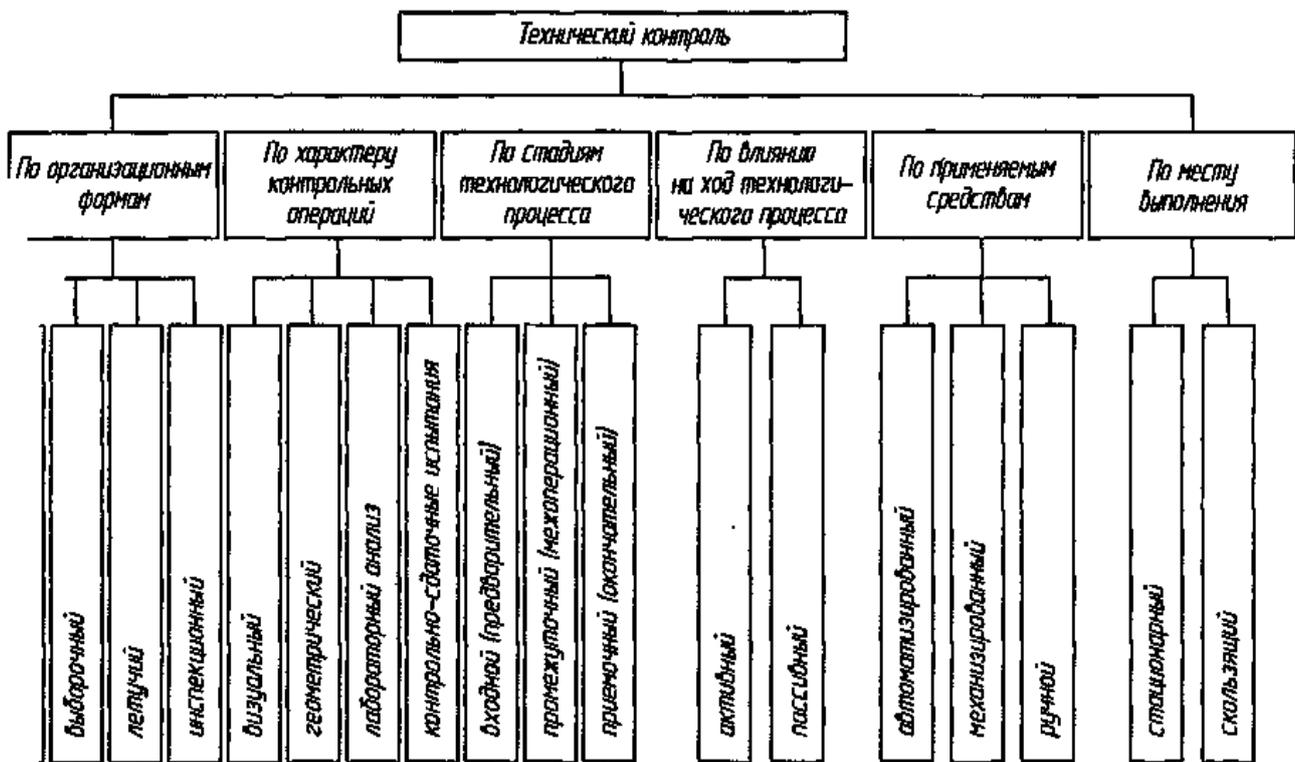


Рис. 9.5. Классификация видов технического контроля качества

При **сплошном контроле** проводится проверка качества каждого предмета или продукта труда. Ему подвергаются все готовые изделия (машины) по тем показателям качества, которые определены стандартами, техническими условиями или другими техническими документами. При изготовлении отдельных заготовок, деталей и узлов сплошной контроль осуществляется лишь в тех случаях, когда в производстве невозможно достичь стабильности качества материалов, а также устойчивости технологического процесса их изготовления (отсутствие необходимой точности оборудования, приспособлений, инструмента, невозможность обеспечить устойчивость режимов обработки путем автоматического или механического регулирования, равномерное протекание естественных процессов и др.). Сплошной контроль осуществляется по тем параметрам (показателям), определение которых не связано с разрушением или порчей контролируемого предмета. В противном случае (например, при испытании прочности детали или заготовки на разрыв, разрушение и др.) применяется выборочный контроль.

При **выборочном контроле** проверке подвергается лишь часть продукции в зависимости от условий протекания технологического процесса ее изготовления. Его применяют при изготовлении в большом количестве одинаковых заготовок или деталей, если в производстве можно обеспечить однородное качество исходных материалов и стабильность технологического процесса, состояние которых определяет процент выборки. При наличии брака в выборке детали партии подвергаются сплошной проверке. Порядок формирования партий, отбора проб и выборок, а также их частота и процент выбора определяются стандартами или техническими условиями.

Летучий контроль представляет собой проверку соблюдения технологии обработки деталей на производственном участке путем периодического определения качества выпускаемых предметов как в процессе их обработки, так и путем контроля окончательно изготовленных заготовок, деталей, сборочных единиц, что дает возможность обнаружить и своевременно выявить неполадки в технологическом процессе, предупредить или обнаружить брак. Летучий контроль производится путем проверки продукции контролером на рабочих местах через определенные промежутки времени.

При **инспекционном контроле** осуществляется надзор за качеством работы производственного и контрольного аппарата. Цель этого контроля – дисциплинировать как производственный, так и контрольный персонал и повысить его ответственность за качество продукции. Инспекционный контроль применяется также и при выборочном наблюдении за работой машин у потребителя с целью выявления дефектов производства, конструкции, технологии и нарушения правил технической эксплуатации.

Визуальный контроль – это внешний осмотр предмета или продукта труда, в результате которого выявляются отклонения от требований, зафиксированных в технических документах (наружные трещины, раковины, повышенная шероховатость, излишние выступы, вогнутости, вмятины, дефекты окраски, монтажа, искажение формы и др.).

При **лабораторном анализе** выявляются внутренние свойства и параметры предметов и продуктов труда, которые не могут быть обнаружены визуально или без разрушения их. Сюда относятся: анализ химического состава исходных материалов; анализ фактических свойств материалов, заготовок, деталей, по которым можно обнаружить внутренние дефекты; спектральный анализ, позволяющий без разрушения образца определять состав материалов; ультразвуковой и рентгенографический анализ, позволяющий выявить внутренние пороки металла; индукционный, электрометрический и изотопный анализ, позволяющий не только выявить внутренние и наружные дефекты, но и в ряде случаев обеспечить геометрический контроль продукции (например, бесконтактный радиоизотопный промер толщины листа или покрытий).

Во время **контрольно-сдаточных испытаний** проверяются эксплуатационные параметры машины (скорость, мощность, производительность, КПД, расход горючих и смазочных материалов, способность работать на различных режимах, качество регулировки и др.).

Входной (предварительный) контроль осуществляется до начала технологического процесса обработки или сборки предметов. Это контроль материалов, заготовок или деталей перед их обработкой либо сборкой, контроль приспособлений и измерительных инструментов, а также контроль наладки. При контроле наладки проверяются первые экземпляры деталей, обработанных после наладки оборудования.

При **промежуточном (межоперационном) контроле** проверяется качество выполнения отдельных операций (операционный контроль) или их группы (групповой контроль).

При **приемочном (окончательном) контроле** проверяются готовые заготовки, детали, сборочные единицы машины после последней (заключительной) операции в данном цехе перед сдачей на склад, или перед передачей их в следующий цех, или перед отправкой потребителю.

При **автоматизированном контроле** проверка параметров качества осуществляется автоматическими устройствами без участия человека. **Ручной контроль** предполагает проверку качества с помощью обычных измерительных инструментов или без них (визуальный контроль).

При **стационарном контроле** качество деталей проверяется на специальных контрольных пунктах. Такой контроль применяется в машиностроении перед сдачей деталей на склад, а также при проверке небольших заготовок, деталей, сборочных единиц, осуществление контрольных операций по которым требует особых условий (акустической изоляции, отсутствия колебаний и сотрясений почвы, применения специальных стационарных приборов и контрольных устройств и др.).

При **скользящем контроле** проверка предметов проводится непосредственно на местах их обработки или между ними. Обычно такому контролю подвергаются сборочные операции и операции обработки крупногабаритных и тяжелых деталей, проверка качества которых не требует применения стационарных измерительных и контрольных устройств.

При организации контроля качества продукции большое значение имеет учет и анализ брака. Учет и анализ брака ведется по первичной документации.

При учете определяются потери от брака в стоимостном выражении (абсолютные и относительные), группируются сведения о браке по цехам и участкам, типовым видам работ, выявляются наиболее браконосные детали. Большую помощь в этом может оказать графический анализ, в частности использование диаграмм Парето. **Диаграмма Парето** представляет собой столбиковую (ленточную) диаграмму, на которой на оси ординат отмечаются интересующие вопросы (например, число отказов, сумма убытков и др.), а на оси абсцисс – в убывающем порядке детали, причины, виновники брака и т.д.

Данные на диаграмме разделяются на три группы – *A*, *B* и *C*. Группа *A* включает объекты, по которым суммарные потери составляют 75 %, *B* – объекты, дающие прирост потерь 20 % (от 75 до 95), *C* – объекты, дающие прирост потерь 5 % (95-100).

Сначала составляют основную диаграмму (например, для выявления наиболее браконосных деталей), затем вспомогательные диаграммы для выявления конкретных явлений, причин, виновников брака и др. На рис. 9.6, *a* приведена основная диаграмма, по которой можно выявить браконосные детали, вызывающие наиболее крупные потери в производстве. На рис. 9.6, *б* изображена вспомогательная диаграмма для детали, по которой выясняются виды брака. Из нее видно, что чаще всего встречается занижение наружного диаметра. На основании рис. 9.6, выявляется причина этого явления – устаревший чертеж. Далее могут составляться диаграммы, по которым выявляются виновники

брака и т.д. Вспомогательные диаграммы можно составлять и по другим деталям, входящим в группу *A* основной диаграммы.

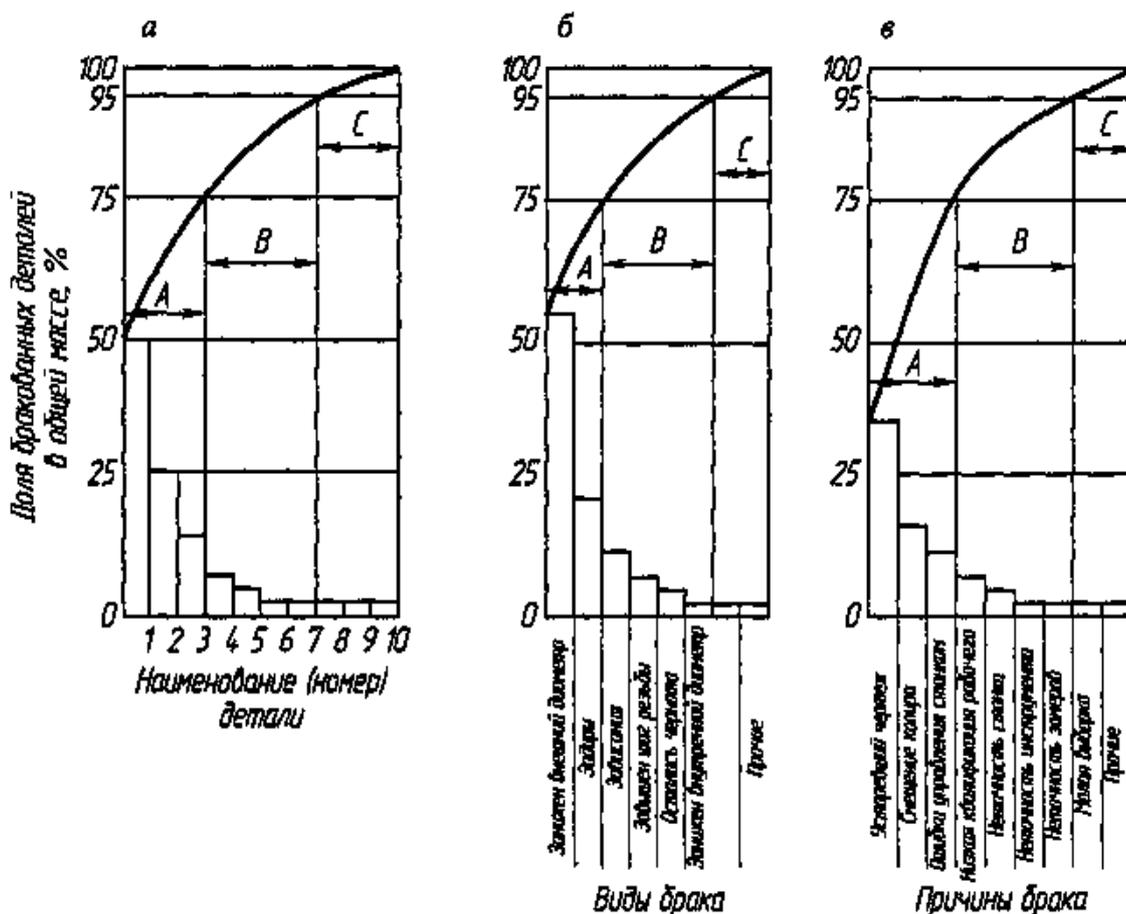


Рис. 9.6 Диаграммы Парето: а – основная (для выявления браконосных деталей); б – вспомогательная (для выявления видов брака по детали № 1); в – вспомогательная (для выявления причин брака по дефекту №1)

В борьбе за устранение брака важное значение имеет классификатор его причин и виновников. На основании такого классификатора устанавливается единообразие при определении видов, причин и виновников брака, а также при его учете и анализе, что облегчает и ускоряет работу по выявлению брака и разработке мероприятий по его устранению.

9.4. Комплексное управление качеством. Заводские органы технического контроля

Комплексное управление качеством продукции – это совокупность инженерно-технических, технологических, контрольных, транспортных, складских, организационных, обслуживающих и других процессов, выполняемых всеми службами и подразделениями предприятия, направленных на обеспечение и поддержание высокого уровня качества продукции при ее разработке,

производстве, потреблении и эксплуатации путем целенаправленного воздействия на влияющие на него условия и факторы.

Таким образом, комплексное управление качеством обеспечивает активизацию человеческого фактора путем вовлечения работников всех служб и подразделений в этот процесс и в управление им.

На предприятиях функцию контроля качества осуществляет отдел технического контроля (рис. 9.7).

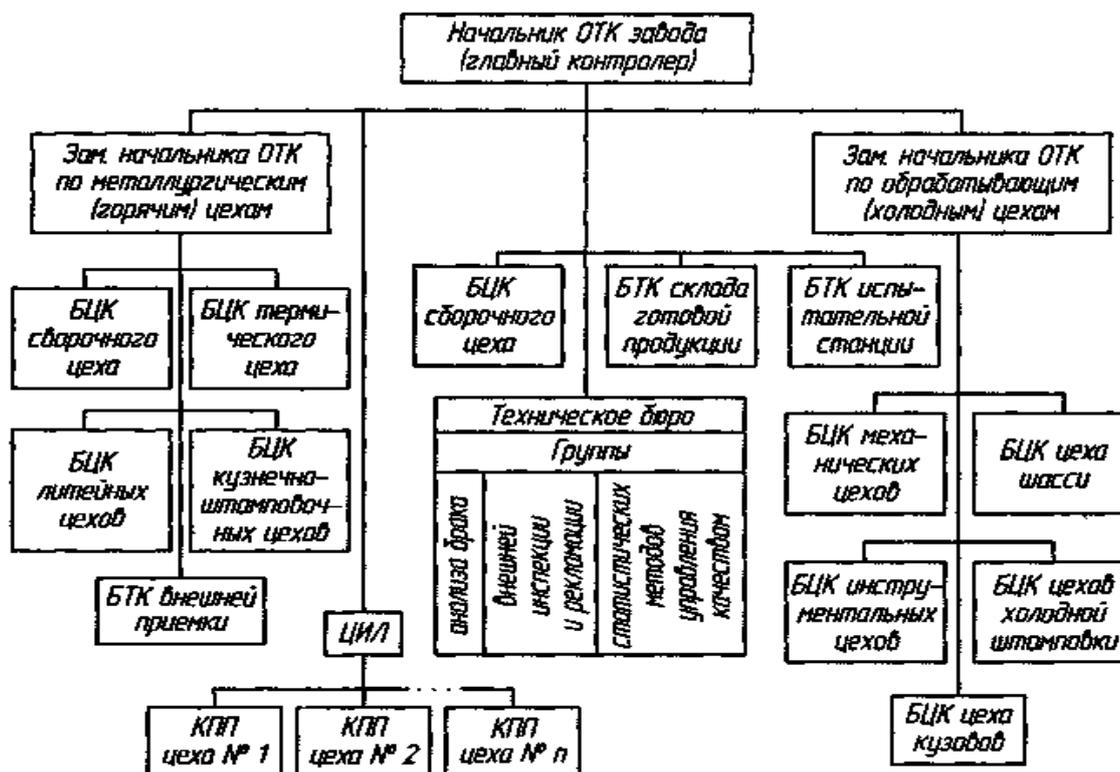


Рис. 9.15. Структура службы технического контроля машиностроительного предприятия

Руководство заводской службой контроля качества осуществляет начальник ОТК или главный контролер завода, который имеет в своем подчинении не только возглавляемый им ОТК, но и ряд оперативных подразделений, осуществляющих работу по непосредственному контролю качества. Начальник ОТК (главный контролер) подчиняется непосредственно директору (генеральному директору) завода и наравне с ним несет ответственность за качество выпускаемой продукции.

Главная функция ОТК – профилактическая работа по предупреждению брака, что обеспечивается наблюдением за ходом и стабильностью технологических процессов и периодическим летучим инспекционным контролем качества, а также проверкой фактического его уровня на выходе из процесса с тем, чтобы бракованная продукция не попала как внутреннему, так и внешнему потребителю.

Основными оперативными подразделениями ОТК завода, осуществляющими непосредственный контроль качества продукции в цехах, являются **бюро цехового контроля (БЦК)**. На них возлагается задача организации и осуществления технического контроля на всех основных и вспомогательных участках соответствующего цеха, от контроля поступающих полуфабрикатов, заготовок, деталей и узлов до контроля отправки продукции другим цехам или потребителям, включая оформление приемной и сопроводительной документации и актов о браке, а также контроль качества применяемых приспособлений, наладки и настройки оборудования, чистоты рабочих мест. Начальник БЦК подчинен непосредственно начальнику ОТК завода или его заместителю. Организацию технического контроля в смене осуществляет сменный (или старший сменный) контрольный мастер. Он руководит работой контролеров (относящихся к категории вспомогательных рабочих), которые проверяют качество продукции на участках. Контрольный мастер, кроме того, непосредственно контролирует наиболее ответственные детали и узлы, а в ряде случаев – и операции.

Технический контроль качества во внепроизводственных подразделениях завода (складах, отделах, хозяйствах) осуществляет **бюро технического контроля (БТК)**, выполняющее функции, аналогичные функциям, выполняемым БЦК в производственных цехах.

Состояние и качество измерительных приборов на заводе контролируют **центральная измерительная лаборатория (ЦИЛ)** и ее отделения в соответствующих цехах – **контрольно-поверочные пункты (КПП)**. На ЦИЛ возлагается разработка единой поверочной схемы, проверка и аттестация измерительных приборов на заводе, руководство работой КПП, разработка методов контроля средств измерения, внедрение наиболее совершенных приборов и методов контроля, исследование причин возникновения брака по размерам, разработка и внедрение единой системы аттестации и паспортизации измерительных приборов и средств.

КПП контролируют средства измерения, используемые в данном цехе или хозяйстве, осуществляют надзор за правильной их эксплуатацией, хранением и выдачей, а также проводят инструктаж рабочих и контролеров. Кроме того, они принудительно изымают из эксплуатации изношенные и негодные средства измерения.

На ЦИЛ и ее отделения в цехах и хозяйствах возлагается проведение единовременных поверок измерительных приборов и средств.

Все имеющиеся на заводе измерительные приборы и средства подвергаются государственной, обязательной и периодической поверкам.

Государственная поверка осуществляется органами Государственного комитета по стандартизации, метрологии и сертификации; ей подлежат все исходные образцовые меры и измерительные приборы, служащие в качестве эталона при поверке измерительных приборов и средств, применяемых в производстве.

Обязательная поверка проводится раз в год. Периодическая поверка осуществляется между обязательными поверками. Ей подвергаются все измери-

тельные средства и приборы, находящиеся в эксплуатации, включая приборы на рабочих местах. Выполняется она обычно КПП, а наиболее сложных приборов – ЦИЛ завода с периодом от 6 месяцев до недели. Результаты проверок измерительных средств и приборов отмечаются в их паспортах, а также в выписываемых на каждую поверку аттестатах.

Помимо оперативных подразделений ОТК имеет в своем составе функциональный орган – **техническое бюро**, на которое возлагается анализ причин брака на заводе и у потребителя и разработка технических и организационных мероприятий по повышению качества продукции, а также мероприятий по внедрению наиболее эффективных способов и методов контроля, определение оптимального уровня качества и методов статистического регулирования технологических процессов. Обычно техническое бюро состоит из нескольких групп: учета и анализа брака; внешней инспекции и рекламаций; внедрения статистических методов управления качеством и др.

ТЕМА 10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКОЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

- 10.1. Значение и эффективность технологической оснастки.
Классификация и источники покрытия потребности в ней.
- 10.2. Организация производства инструмента.
- 10.3. Организация эксплуатации инструмента
- 10.4. Организация хранения, учета и выдачи инструмента.

10.1. Значение и эффективность технологической оснастки. Классификация и источники покрытия потребности в ней

Непрерывный рост производительности оборудования обеспечивается не только заменой его более новым, но и применением более современных оснастки, приспособлений и инструмента для имеющегося оборудования. Это позволяет не только расширить технологические возможности оборудования (например, на одном и том же прессе можно штамповать самые разнообразные детали, заменяя штампы), но и значительно снизить себестоимость изготавливаемых деталей и изделий.

Отношение числа наименований инструментов, применяемых на заводе, к числу наименований изготавливаемых деталей принято называть **коэффициентом технологической оснащенности** (K_{oc}). Чем больше (при прочих равных условиях) разнообразие применяемых инструментов в расчете на одну деталь, т.е. чем выше K_{oc} , тем ниже трудоемкость и себестоимость.

Однако с ростом технологической оснащенности производства увеличиваются и затраты на инструмент. В единичном производстве рост этого показателя приводит к более резкому повышению затрат на инструмент, чем в серийном и, тем более в массовом. Это обстоятельство неизбежно ограничивает пределы технологической оснащенности экономически оптимальными величинами, которые для разных типов производства различны: более низкие – для единичного производства и самые высокие – для массового (рис.10.1).

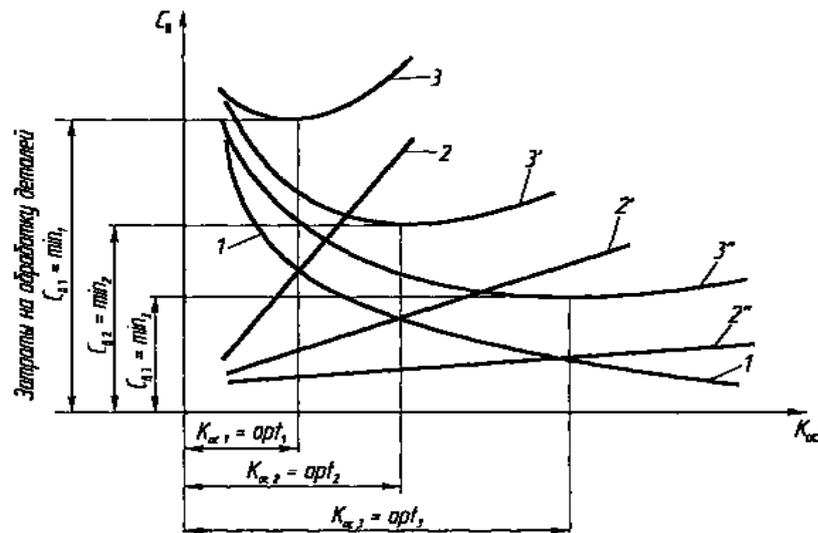


Рис. 10.1. Схема определения экономически оптимальной технологической оснащённости в различных типах производства: 1 – кривая снижения затрат на изготовление деталей с повышением $K_{тс}$; 2, 2', 2'' – кривые затрат на изготовление оснастки в расчете на единицу продукции соответственно в единичном, серийном и массовом производстве; 3, 3', 3'' – соответствующие суммарные затраты; $K_{тс1}$, $K_{тс2}$, $K_{тс3}$, экономически оптимальные коэффициенты технологической оснащённости, при которых обеспечивается минимум суммарных затрат в расчете на единицу продукции ($C_{д1}$, $C_{д2}$, $C_{д3}$)

Как свидетельствуют данные современных машиностроительных заводов, коэффициент технологической оснащённости в единичном и мелкосерийном производстве не превышает 2 наименований инструментов на одно наименование деталей, в серийном – 2-5, а в массовом – 10-20 и более. Это означает, что на заводах массового производства общее число наименований инструментов насчитывает десятки тысяч. При этом расходы на проектирование и изготовление инструмента всех видов в массовом производстве достигают 80 % общих затрат на подготовку к выпуску новой машины и 8-15 % в ее себестоимости.

Применение в большом количестве разнообразного инструмента требует разработки методов рациональной организации процессов производства и эксплуатации инструмента. Выполнение этих процессов на машиностроительном заводе возлагается на инструментальное хозяйство.

Под **инструментальным хозяйством** понимается совокупность функциональных, производственных и снабженческих подразделений, занятых выполнением комплекса работ по проектированию, изготовлению (или приобретению), ремонту, восстановлению, хранению инструмента и выдаче его на рабочие места. К инструментальному хозяйству относятся как общезаводские, так и цеховые подразделения: инструментальные цехи, центральный инструментальный склад, склады инструмента в цехах, цеховые мастерские по заточке и восстановлению инструмента, а также общезаводской и цеховой административно-технический персонал, руководящий соответствующими подразделениями.

Особенности организации инструментального хозяйства и эксплуатации инструмента зависят от характера его использования и назначения.

По характеру использования инструмент подразделяют на стандартный, стандартизованный и специальный.

Стандартным называется инструмент общего пользования, который применяется для обработки различных деталей на разных заводах. Его параметры (форма, размеры, состав материала и методы обработки) определяются требованиями ГОСТов.

Стандартизованным называется инструмент, применяемый для выполнения определенных групп операций при изготовлении аналогичных деталей как на одном заводе, так и на других предприятиях отрасли. Параметры такого инструмента определяются заводскими либо отраслевыми стандартами.

Специальный инструмент предназначен для выполнения определенной операции при изготовлении (обработке) данной детали на данном предприятии.

По назначению инструмент подразделяют на основной и вспомогательный. **Основной инструмент** предназначен для непосредственной обработки заготовки или детали (обрабатывающий, измерительный и др.), **вспомогательный** используется для ухода за оборудованием, закрепления деталей и основного инструмента (ключи, отвертки, державки, стойки, втулки, патроны и т.д.).

Для упрощения организации производства, учета, хранения и обеспечения инструментом рабочих мест его многочисленную номенклатуру разбивают по назначению на ряд классов: режущий, измерительный, абразивный, штампы, модели и др. **Класс** характеризует вид обработки детали или метод получения заготовки.

Каждый класс, в свою очередь, подразделяется на подклассы, подклассы – на группы, группы – на подгруппы и, наконец, каждая подгруппа – на секции. **Подкласс** характеризует характер применяемых операций, **группа** – характер оборудования, в котором используется данный инструмент, **подгруппа** – отдельные элементы операции, **секция** – форму инструмента (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Пример классификации и десятичной индексации инструмента

Класс	Подкласс	Группа	Подгруппа	Секция
Режущий	Резцы	Токарные	Обдирочные	Прямые
Измерительный	Сверла	Строгальные	Чистовые	Отогнутые
Абразивный	Метчики	Долбежные	Подрезные	Лопаточные
Штампы	Плашки	Автоматные	Обрезные	Дисковые
Приспособления	Фрезы	Зуборезные	Прорезные	Чашечные
Модели, пресс-формы, и кокили	Развертка	Расточные	Фасонные	Изогнутые
Кузнечный	Зенкеры	Револьверные	Галтельные	Тангенциальные
Слесарно-монтажный	Долбяки	Резерв	Резьбовые	Резерв
Вспомогательный	Протяжки	Тоже	Фасонные	То же
Прочий	Прочие	Прочие	Прочие	Прочие

Каждому классу, подклассу, группе, подгруппе и секции присваивается определенное условное обозначение (индекс): буквенное, цифровое или смешанное. Для запоминания более удобно буквенное или смешанное обозначение, а для организации инструментального хозяйства в условиях автоматизации – цифровое.

Условное обозначение инструмент получает в зависимости от места, которое он занимает в классификаторе. Например, токарный чистовой прямой резец размерами 16×25 мм имеет индекс $\frac{11121}{16 \times 25}$, где цифры в числителе обозначают первый класс, первый подкласс, первую группу, вторую подгруппу и первую секцию, а в знаменателе указаны размеры поперечного сечения. При обозначении марки материала, из которого изготовлен инструмент (например, быстрорежущая сталь P18), этот же резец будет иметь индекс $\frac{11121-P18}{16 \times 25}$.

10.2. Организация производства инструмента

При организации производства инструмента необходимо:

- 1) рассчитать потребность в инструменте на определенный плановый период (обычно на год);
- 2) обеспечить специализацию участков и цехов по его изготовлению с максимальной повторяемостью производства инструмента одного и того же наименования;
- 3) систематически повышать эксплуатационные качества инструмента, его износостойкость и снижать стоимость.

Потребность в инструменте определяется путем поддетального и укрупненного расчета.

При поддетальном расчете потребность определяют по каждому наименованию и типоразмеру инструмента, исходя из продолжительности его работы и времени полного износа (с учетом случайной убыли). По режущему инструменту ($I_{\text{реж}}$) годовую потребность определяют по формуле (10.1):

$$I_{\text{реж}} = \frac{\sum_{i=1}^{k_d} N_i \sum_{j=1}^{k_{оп}} t_{\text{маш}ij} A_{ij}}{60T_{\text{из}} K_{уб}} \text{ [шт.]}, \quad (10.1)$$

где k_d – количество наименований деталей, обрабатываемых с помощью инструмента конкретного типоразмера;

N_i – годовая программа выпуска i -х деталей;

$k_{оп}$ – количество операций, выполняемых с помощью того же инструмента;

$t_{\text{маш}ij}$ – машинное время обработки инструментом i -й детали j -й операции, мин;

A_{ij} – количество инструмента определенного типоразмера в одной наладке при обработке i -й детали на j -й операции;
 $T_{из}$ – время полного износа инструмента, ч;
 $K_{уб}$ – коэффициент, учитывающий случайную убыль инструмента.

Время полного износа инструмента колеблется в широких пределах и зависит от вида инструмента, величины допустимого стачивания режущей части, размера заточки, вида обрабатываемого материала, количества инструмента, применяемого в одной наладке, и стойкости инструмента между заточками.

Время полного износа определяется по формуле (10.2):

$$T_{из} = \left(\frac{1}{\Delta l} + 1 \right) t_{ст} K_m K_n, \quad (10.2)$$

где l – величина допустимого стачивания режущей части инструмента, мм;
 Δl – величина стачивания режущей части при одной заточке инструмента, мм;
 $t_{ст}$ – стойкость инструмента между двумя заточками, ч;
 K_m – коэффициент, учитывающий вид и прочность обрабатываемого материала;
 K_n – коэффициент, учитывающий количество инструмента одного типоразмера в наладке (табл. 10.2).

Обычно нормативное время общего износа инструмента разрабатывается централизованно и фиксируется в специальных картах, составляемых на каждое наименование.

Таблица 10.2

Значение коэффициента K_n в зависимости от количества инструмента в одной наладке

Наименование станков	Количество инструмента в наладке	K_n
Токарные многорезцовые автоматы и полуавтоматы	1-2	0,5
	3-4	0,8
	5-6	1,0
	7-10	1,2
	11-15	1,4
	Свыше 15	1,6

Формула (10.1) может быть использована также для расчета потребности в абразивном инструменте.

Потребность в измерительном инструменте ($I_{\text{изм}}$) определенного типоразмера определяется по формуле (10.3):

$$I_{\text{изм}} = \frac{\sum_{i=1}^{k_d} N_i D_i M_i}{k_{\text{ст}}} \text{ [шт.]}, \quad (10.3)$$

где D_i – доля деталей, подлежащих контролю с помощью измерителя (при сплошном контроле $D = 1$);

M_i – количество измерений на одну деталь;

$k_{\text{ст}}$ – стойкость, т.е. количество измерений, выдерживаемых измерителем до его полного износа.

Стойкость измерителя колеблется в больших пределах и зависит от его назначения, типа, материала детали и класса точности обработки. Так, нормативная стойкость проходных гладких скоб при работе их по чугуну составляет от 4,9 тыс. измерений для 2-го класса точности до 97,5 тыс. для 5-го класса, по стали – 15 тыс. и 277,8 тыс., по латуни – более 25 тыс. и 440 тыс. соответственно. Нормативная стойкость непроходных скоб, как и других калибров, увеличивается в 3-4 раза по сравнению со стойкостью проходных, а хромированных – в 5-6 раз.

Потребность в штампах ($I_{\text{ш}}$) определяется по формуле (10.4):

$$I_{\text{ш}} = N_i k_{\text{уд}i} / Ш_{\text{ст}} \text{ [шт.]}, \quad (10.4)$$

где $k_{\text{уд}i}$ – количество ударов, необходимое для получения одной заготовки или детали;

$Ш_{\text{ст}}$ – стойкость штампа по количеству ударов до его полного износа (зависит от назначения штампа, его размеров и вида обрабатываемых материалов).

При холодной штамповке деталей из стали толщиной до 2 мм стойкость формовочного штампа достигает 400 тыс. ударов, гибочного – 50 тыс. и более.

Потребность в приспособлениях определяется по формуле (10.5):

$$I_{\text{пр}} = m K_{\text{ос}} / T_{\text{сл}} \text{ [шт.]}, \quad (10.5)$$

где m – количество станков в группе оборудования;

$K_{\text{ос}}$ – средняя оснащенность оборудования приспособлениями данного типа (количество на 1 станок);

$T_{\text{сл}}$ – срок службы приспособления, лет (колеблется в широких пределах: от 0,5 до 5 лет).

Потребность в нестандартном оборудовании (моечном, сборочном и др.) рассчитывается по формулам, определяющим потребность в основных станках.

При укрупненном расчете объем работы по определению потребности в инструменте уменьшается, но при этом достигается меньшая точность.

В серийном и крупносерийном производстве для определения потребности в инструменте применяется так называемый **метод средней оснащенности станка**. Его суть состоит в том, что для каждой группы оборудования определяется номенклатура применяемого инструмента и устанавливается степень (коэффициент) долевого участия каждого из типоразмеров в обработке деталей на однородной группе оборудования $K_{д.у}$ (сумма $K_{д.у}$ по всем инструментам равна единице). Затем по каждой группе оборудования на основе общего объема работ в планируемом периоде и стойкости инструмента определяется потребность в инструменте одного типоразмера по формуле (10.6):

$$I_{реж} = (QK_{маш} K_{д.у}) / (K_{норм} T_{из} K_y) \text{ [шт.]}, \quad (10.6)$$

где Q – объем работ по данной группе за планируемый период, нор-мо-ч;
 $K_{маш}$ – коэффициент, характеризующий долю машинного времени в штучном времени;
 $K_{норм}$ – планируемый коэффициент выполнения расчетных норм.

Потребность в штампах и другой специальной оснастке при укрупненном расчете определяется на основании средних норм расхода оснастки в килограммах на 1 т заготовок деталей.

В единичном производстве укрупненный расчет потребности в инструменте выполняется обычно на основе средних норм расхода инструмента по стоимости на 1000 руб. произведенной продукции, по удельному весу инструмента данной группы в общем его расходе.

Потребность во вспомогательном и измерительном инструменте определяют обычно исходя из расхода на один станок в год. Так, по некоторым нормативами предусматривается расход шаблонов в количестве 2-3 на станок, конусных пробок и колец – 1, резьбовых пробок – 2 и т.д.

Специализация инструментальных цехов и участков осуществляется на основе классификации инструмента по назначению. В результате создаются специализированные участки или цехи режущего и измерительного инструмента, штампов, приспособлений, вспомогательного инструмента и др. Однако для обеспечения высокой эффективности производства инструмента такой специализации оказывается недостаточно. Поэтому весь инструмент необходимо разделить на группы применяемости, повторяемости и освоенности в производстве.

1. Инструмент с малым сроком службы широкой применяемости, большой повторяемости и постоянно расходуемый в большом количестве независимо от вида выпускаемой продукции. Это прежде всего режущий и измерительный универсальный или стандартизованный инструмент, выпуск которого должен регулярно повторяться в более или менее крупных масштабах.

Цехи или участки, выпускающие такой инструмент, могут быть организованы по предметному признаку, а процесс его изготовления – по типу серийного или крупносерийного производства с чередованием партий по стандартному плану-графику, с периодичностью и временем запуска-выпуска, устанавливаемым по системе «максимум-минимум», и календарно-плановыми нормативами, характерными для данного типа производства.

2. Инструмент со сравнительно длительным сроком службы, который используется отдельными экземплярами или в небольшом количестве. Возобновление его происходит через сравнительно длительные периоды времени (штампы, модели, пресс-формы, специальные приспособления, а также некоторые виды вспомогательного инструмента и стандартизованные элементы технологической оснастки и приспособлений). Такой инструмент изготавливается, как правило, по индивидуальным заказам, а его производство планируется с помощью метода, характерного для мелкосерийного производства.

3. Инструмент, впервые изготавливаемый в связи с подготовкой к выпуску новых машин или при изменении технологии производства. Изготовление такого инструмента характеризуется длительным циклом производства. Обычно его изготавливают на опытных участках инструментального цеха. По мере освоения и отработки технологии изготовление такого инструмента необходимо передавать на участки, специализирующиеся на выпуске инструмента первой или второй группы. Эффективность опытных участков обеспечивается тем, что на них тщательно отработывают конструкцию и технологию изготовления инструмента и создают предпосылки для повышения эффективности его применения.

Трудоемкость инструмента первой и второй групп устанавливается подетальным расчетом технических норм времени на каждый его вид по каждой операции заготовительного, обрабатывающего и сборочного процессов. Трудоемкость инструмента третьей группы рассчитывается на основе укрупненных норм.

При составлении календарных планов выпуска инструмента необходимо учитывать длительность производственного цикла и опережения. Эти календарно-плановые нормативы для инструмента разных групп различны. Они выше для инструмента, впервые осваиваемого в производстве, и ниже для инструмента регулярного производства и пользования.

Эффективность производства и применения инструмента значительно увеличивается при повышении его износостойкости и снижении стоимости.

Основные мероприятия, обеспечивающие повышение стойкости инструмента.

1. Применение материалов повышенной прочности для изготовления инструмента. Так, цельный твердосплавный обрабатывающий инструмент (матрицы, пуансоны и др.) по сравнению с инструментом из быстрорежущей стали обеспечивает повышение стойкости в 10-50 раз, точности в 2 раза, производительности труда при обработке деталей в 2–5 раз.

2. Совершенствование методов и технологии изготовления инструмента. Так, применение метода полугорячего выдавливания формообразующих деталей и частей инструмента штамповой оснастки с последующим профильным и оптическим шлифованием обеспечивает повышение стойкости в 8–10 раз и снижение трудоемкости изготовления в 6–8 раз.

3. Широкое применение методов химико-термической, электрохимической и других видов дополнительной обработки инструмента (цианирование, хромирование, электроэрозионная обработка, анодно-механическая и др.). Износостойкость инструмента после соответствующей обработки повышается в 3–4 раза и более.

Основные мероприятия по снижению трудоемкости и стоимости инструмента:

- обеспечение максимальной повторяемости выпуска однородного инструмента, потребляемого в больших количествах. При увеличении выпуска партии резцов в 5-10 раз трудоемкость и себестоимость одного резца снижаются на 20–30 %;

- изготовление сложной оснастки из стандартизованных элементов. При изготовлении оснастки индивидуального применения из стандартизованных элементов себестоимость ее снижается в 3-5 раз;

- расширение области использования специальной оснастки и ее технологических возможностей (диапазона), т.е. выполнение с ее помощью не одной, а нескольких операций, благодаря чему она заменяет несколько видов оснастки. Например, штамп «комбайн», одновременно выполняющий операции вырубки и гибки, или вырубки, пуклевки и обжимки, или вырубки, проколки, пуклевки, разрубки и гибки, заменяет несколько штампов, что обеспечивает снижение трудоемкости изготовления заготовок в 3–4 раза, расхода материала в 2–3 раза и снижение себестоимости по сравнению с отдельным изготовлением однооперационных штампов;

- применение новых материалов и инструмента при изготовлении оснастки (пластмасс, совершенного полировочного инструмента и др.). Например, при изготовлении штампов из эпоксидных смол для холодной штамповки деталей из листовой стали и цветных металлов трудоемкость снижается на 43 %, стоимость материала – на 20%, а себестоимость – на 34 % по сравнению со штампами, изготовленными из быстрорежущей стали;

- тщательная доработка, доводка и предварительное опробование оснастки, изготовленной на опытных участках, перед ее серийным производством. Позволяет снизить трудоемкость изготовления серийной оснастки на 10-20 %, улучшить ее качество и стойкость;

- широкое применение универсально-сборочных и универсально-насадочных приспособлений, а также оснастки со стандартизованными габаритами, что позволяет быстро ее переналаживать и способствует снижению их стоимости.

10.3. Организация эксплуатации инструмента

Эффективность инструментального хозяйства завода как одного из частей вспомогательного процесса машиностроительного производства в значительной мере зависит от правильной организации эксплуатации инструмента. Организация эксплуатации инструмента предусматривает решение следующих задач:

- 1) обеспечение правильной организации технического надзора за эксплуатацией инструмента;
- 2) обеспечение своевременной его заточки, ремонта и восстановления;
- 3) разработка наиболее эффективных методов обслуживания рабочих мест;
- 4) разработка мероприятий по улучшению методов эксплуатации и повышению стойкости инструмента.

Под **техническим надзором** понимается система ежедневных и периодических мероприятий, обеспечивающих нормальную эксплуатацию инструмента в соответствии с запроектированными режимами. Основная задача технического надзора – выявление причин преждевременного износа инструмента и разработка мероприятий по их устранению.

Основными причинами преждевременного износа являются: неисправность оборудования или приспособлений; несоответствие инструмента предусмотренному технологией; нарушение (превышение) режимов обработки по сравнению с нормативами для данного типоразмера и качества инструмента; нарушение режимов обработки предметов труда на предшествующих операциях (низкая температура нагрева заготовок для штамповки, повышенные припуски на обработку, повышенная твердость и др.); недостаточная квалификация производственного персонала или незнание им правил эксплуатации; работа затупленным инструментом и несвоевременная его заточка; неправильная геометрия заточки инструмента; нарушение правил хранения; низкое качество инструмента, поступающего со стороны или изготавливаемого своими силами, вследствие нарушения технологии его изготовления; несоответствие качества инструмента техническим требованиям и нормам стойкости или, наоборот, несоответствие норм стойкости инструмента его качественным характеристикам.

Первичный надзор за эксплуатацией инструмента осуществляет производственный персонал, использующий его в работе (станочники, штамповщики, машинисты и др.). Рабочие должны обеспечить правильную установку инструмента, следить за соблюдением режимов обработки, за исправностью оборудования, не допускать повышенных нагрузок, приводящих к его поломке, вовремя заменять затупившийся инструмент. Все эти работы предусмотрены нормами времени.

Технический надзор осуществляется специальным персоналом (мастерами, технологами), подчиненным заместителю начальника инструментального отдела по эксплуатации инструмента, а в цехе – начальнику бюро

инструментального хозяйства или технического бюро. Основная задача персонала, осуществляющего технический надзор, – выявление причин преждевременного износа инструмента, контроль за соблюдением правил его эксплуатации, инструктаж производственного персонала, изучение и распространение передового опыта, систематическое проведение контрольных проверок качества инструмента на рабочих местах.

Результаты наблюдений и проверок правил эксплуатации и качества инструмента должны оформляться актами и регистрироваться в специальных журналах или карточках для систематизации фактов и выявления закономерностей возникновения тех или иных причин преждевременного выхода инструмента из строя. На основе такого материала разрабатываются научно обоснованные рекомендации по ликвидации причин преждевременного износа, изменению конструкции инструмента, корректировке технологии его изготовления, норм стойкости, изменению качества материала, периодичности и геометрии заточки и др.

Стойкость инструмента и эффективность его использования во многом зависят от правильной организации его заточки, ремонта и восстановления.

Наиболее эффективным организационным и технологическим решением вопроса заточки инструмента является ее централизация в специальных заточных мастерских. Создание таких мастерских имеет следующие технические и экономические преимущества:

1) возможность специализации рабочих и оборудования на заточке инструмента определенного вида при партионном выполнении операции; время, затрачиваемое на заточку единицы инструмента, во много раз меньше, чем при индивидуальной заточке самими рабочими, при более высокой степени использования заточного оборудования;

2) обеспечение высокого качества заточки, выполняемой рабочими высокой квалификации по наиболее оптимальной технологии, предусматривающей заданную геометрию заточки, благодаря чему повышается стойкость инструмента и его производительность;

3) возможность организации доводки инструмента и специализированной заточки, в том числе алмазной, повышающей стойкость в 2–3 раза;

4) предупреждение случаев преждевременного износа инструмента;

5) повышение производительности труда основных рабочих и качества выпускаемой ими продукции.

Количество и размер мастерских централизованной заточки зависит от масштаба производства. Учитывая то, что один заточник режущего инструмента может обеспечить заточку инструмента в среднем для 25 работающих станков и что минимальный размер отдельной мастерской во главе с мастером должен быть не менее 20 человек в смену, самостоятельные цеховые мастерские централизованной заточки следует создавать при наличии в цехе не менее 500 единиц металлорежущего оборудования.

Важным условием повышения эффективности инструментального хозяйства является правильная организация службы ремонта инструмента. Длительность эксплуатации некоторых видов сложного и дорогостоящего инструмента (моделей, штампов, приспособлений, сложного режущего и измерительного инструмента) может быть значительно повышена при условии проведения своевременного ремонта. Эффективность ремонта инструмента повышается при:

- централизации ремонта инструмента в специальных мастерских, а на крупных заводах – в специальных ремонтных цехах;
- полном обеспечении ремонтных цехов и участков запасными частями, необходимыми для ремонта инструмента производственными инструментальными цехами (поставщиками инструмента).

Таким образом, в программе инструментальных цехов должно быть предусмотрено не только изготовление инструмента, но и производство запасных частей к нему.

Эффективным способом продления срока эксплуатации режущего и измерительного инструмента является его восстановление. Под **восстановлением** понимается система работ по приведению в нормальное эксплуатационное состояние полностью амортизированного (списанного) инструмента. Эффективность восстановления обусловлена тем, что затраты на выполнение операций по восстановлению значительно ниже стоимости нового инструмента: по режущему инструменту – на 40–60 %, а по измерительному и вспомогательному – на 20-30 %. При этом удельный вес восстанавливаемого инструмента на отдельных заводах достигает по основному режущему инструменту 10–40 %, резьбовым калибрам 15-20 и гладким до 50–60 %.

Основными путями, обеспечивающими вторичное использование пришедшего в негодность инструмента, являются:

- применение его для выполнения других, менее ответственных операций;
- восстановление инструмента до первоначальных размеров различными способами (наплавкой, наваркой, размерным гальванопокрытием с последующим шлифованием и доводкой до требуемого размера);
- переделка инструмента на меньший или на другой типоразмер. Например, из изношенной цилиндрической фрезы размерами 95x175 мм можно изготовить 15 прорезных;
- использование отдельных годных деталей изношенного инструмента для изготовления нового (втулок, винтов, болтов, шпилек, планок, стоек, плит, угольников и др.)

Работа по восстановлению инструмента должна быть соответствующим образом организована и базироваться на тщательной сортировке всего списанного, пришедшего в негодность инструмента и выделении той части его, которая может быть использована для восстановления или переделки. Сортировка должна производиться персоналом центрального

инструментального склада. Восстановление инструмента целесообразно организовать на специализированном участке, поскольку технологический процесс восстановления резко отличается от технологии изготовления и ремонта.

Правильная эксплуатация инструмента предполагает разработку и внедрение эффективных методов обслуживания рабочих мест инструментом. Система обеспечения рабочих мест инструментом может быть активной и пассивной. При активной системе весь необходимый инструмент подает на рабочие места (и возвращает) специальный персонал, при пассивной – сами рабочие.

Форма замены инструмента может быть принудительной (предупредительной) и по требованию (по износу). При принудительной замене инструмент заменяется через строго определенные промежутки времени, равные нормативной стойкости. При смене по требованию инструмент заменяется при наличии явных признаков износа независимо от времени его работы, которое может значительно превышать нормативное время стойкости между переточками.

Эффективность систем обслуживания и формы замены инструмента зависят прежде всего от типа производства. В единичном производстве наиболее эффективно применение пассивной системы обслуживания и смены инструмента по требованию. В условиях серийного производства, когда заранее известно, какие детали и в какое время будут обрабатываться, возможно внедрение элементов активной системы обеспечения инструментом со смешанной формой замены. На основе карт технологического процесса по каждой операции выписывается инструментальная карточка с указанием номенклатуры требуемого инструмента. По карточке инструмент заранее комплектуется в соответствии со сменным заданием на следующий день. Количество экземпляров инструмента определенного типоразмера устанавливается исходя из машинного времени обработки партии деталей и стойкости. Но поскольку время обработки партии в ряде случаев оказывается не кратным стойкости инструмента, то для полного использования ресурсов его долговечности целесообразно применять не принудительную смену, а смену по требованию. При кратности времени обработки партии стойкости инструмента более целесообразна принудительная форма его замены. В условиях массового производства, где номенклатура потребляемого инструмента на рабочем месте (линии) постоянна и время его использования более или менее одинаково, наиболее эффективно применение активной системы обеспечения с принудительной заменой инструмента. Подобная система обслуживания широко используется на поточных и автоматических линиях и базируется на следующих основных принципах:

- доставку инструмента на рабочие места и возврат его для обмена осуществляют только работники инструментально-раздаточных кладовых;
- на рабочие места подается инструмент тех типоразмеров, которые предусмотрены технологическим процессом;

- инструмент передается наладчику, который налаживает станок и заменяет затупившийся инструмент;
- инструмент принудительно заменяется через определенные промежутки времени работы или после обработки определенного количества деталей;
- создается и поддерживается на определенном уровне оборотный фонд инструмента, обеспечивающий возможность принудительной замены;
- на поточных и автоматических линиях устанавливаются специально оборудованные шкафы с необходимым запасом инструмента для обеспечения бесперебойной работы и принудительной замены.

К числу мероприятий, направленных на улучшение методов эксплуатации инструмента и повышение его стойкости, разрабатываемых сотрудниками службы эксплуатации инструментального хозяйства, следует отнести:

- анализ причин нарушения технологических процессов, неисправности оборудования и других отклонений, приводящих к преждевременному износу инструмента, разработку предложений технического, организационного, экономического и административного характера, исключающих подобные нарушения, и представление их соответствующим линейным и функциональным руководителям завода (главному инженеру, главному конструктору, главному технологу, начальнику ОТК, начальнику отдела организации труда, начальникам цехов и др.);
- анализ причин выхода инструмента из строя из-за недостатков в конструкции заготовок, деталей, самого инструмента и технологического процесса его изготовления и внесение технически и экономически обоснованных предложений о корректировке конструкции, технологии и технических документов;
- анализ стойкости инструмента при обработке различных деталей из разных материалов, внесение рекомендаций технологической службе;
- разработку наиболее эффективных методов контроля качества инструмента, поступающего со стороны, и инструмента собственного изготовления, включая методы статистического анализа;
- определение фактической эффективности различных геометрических схем и методов заточки (с точки зрения обеспечения максимальной стойкости и точности обработки) и внесение предложений по их корректировке;
- разработку правил рациональной эксплуатации инструмента и инструктирование производственного персонала по их соблюдению;
- разработку и внедрение рациональных методов учета, хранения и выдачи инструмента.

10.4. Организация хранения, учета и выдачи инструмента

На эффективность деятельности инструментального хозяйства завода большое влияние оказывает уровень организации работ по приему, хранению,

учету и выдаче инструмента. Выполнение этих работ на машиностроительном заводе возлагается на центральный инструментальный склад, а в цехах – на инструментально-раздаточные кладовые.

Центральный инструментальный склад (ЦИС) не только выполняет функции хранения инструмента, но и обеспечивает им производственные подразделения, осуществляет активный контроль за его производством, качеством, расходом, заточкой и восстановлением.

Весь новый инструмент, полученный от поставщиков или изготовленный собственными инструментальными цехами, поступает на ЦИС. Количество поступившего инструмента проверяет кладовщик-приемщик, а качество – контрольно-проверочный пункт ОТК при ЦИСе. Приемка инструмента по качеству и количеству оформляется актом, после чего весь инструмент подвергается консервации, т.е. смазке антикоррозийными веществами (техническим вазелином, церезином и др.).

Инструмент, изготовленный в инструментальных цехах завода, поступает на ЦИС в сопровождении накладной, в которой уровень его качества удостоверяется подписью работников ОТК соответствующего инструментального цеха. Поэтому кладовщик принимает его только по количеству.

Выдача инструмента цеховыми **инструментальными раздаточными кладовыми (ИРК)** осуществляется на основании соответствующих требований в пределах утвержденного по цеху лимита. Каждая партия нового инструмента направляется в цех в обмен на изношенный, чем гарантируется 100%-й возврат изношенного и поломанного инструмента. Кругооборот инструмента и взаимосвязь отдельных подразделений завода и ЦИСа показаны на рис. 10.2.

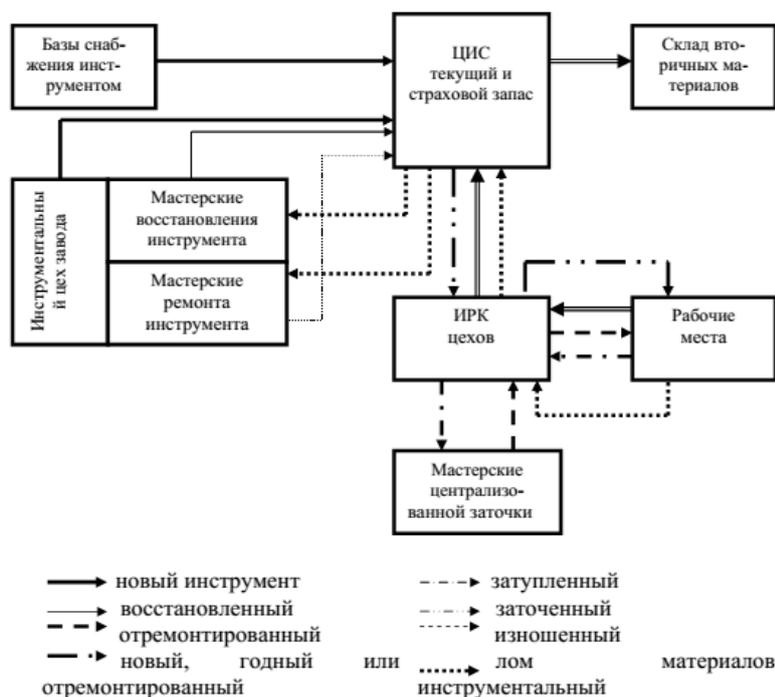


Рис. 10.2. Схема обращения инструмента на машиностроительном заводе

Планирование производства инструмента первой группы, т.е. инструмента с широкой применяемостью и частой повторяемостью, осуществляет ЦИС на основе регулирования запасов по **системе максимум-минимум**.

Суть этой системы заключается в том, что по каждому наименованию инструмента устанавливается размер максимального и минимального запаса на складе и так называемая точка заказа. **Точка заказа** – это запас, который обеспечивает текущие потребности завода в инструменте с момента заказа очередной партии до ее поступления на ЦИС. Величина этого запаса зависит от уровня среднего расхода инструмента за определенный промежуток времени (день, месяц) и длительности цикла изготовления партии инструмента или времени выполнения заказа на ее поставку. Схема движения запасов инструмента и определения момента (точки) заказа на изготовление (поставку) очередной партии показана на рис. 10.3.

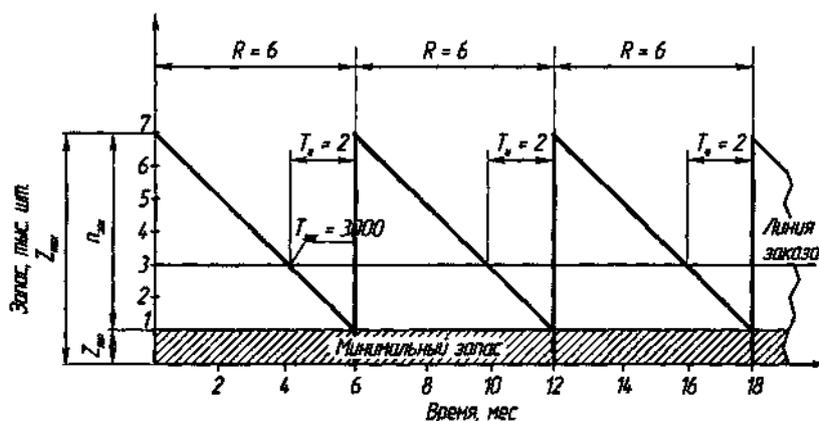


Рис. 10.3. Схема изменения запаса инструмента на ЦИСе

Максимальный запас Z_{\max} складывается из минимального запаса Z_{\min} , величины партии заказа (изготовления) $n_{\text{зак}}$ инструмента, которая равна произведению периодичности (поставки) R и среднемесячного или среднедневного расхода q по формуле (10.7):

$$Z_{\max} = Z_{\min} + n_{\text{зак}} = Z_{\min} + qR. \quad (10.7)$$

Периодичность изготовления инструмента первой группы принимается в пределах от 4 до 6 мес. В этом случае $Z_{\max} = Z_{\min} + (4..6)q$.

Точка заказа рассчитывается по формуле (10.8):

$$T_{\text{зак}} = Z_{\min} + T_{\text{ц}}q, \quad (10.8)$$

где $T_{\text{ц}}$ – длительность цикла изготовления партии инструмента или выполнения заказа по ее поставке, мес. Его величина зависит от размера партии и сложности инструмента.

Минимальный запас определяется исходя из времени изготовления партии инструмента или выполнения заказа в срочном порядке. Он принимается обычно в размере месячной потребности в нем.

Схема регулирования запасов на ЦИСе и планирования производства инструмента по системе максимум-минимум показана на рис. 10.4.

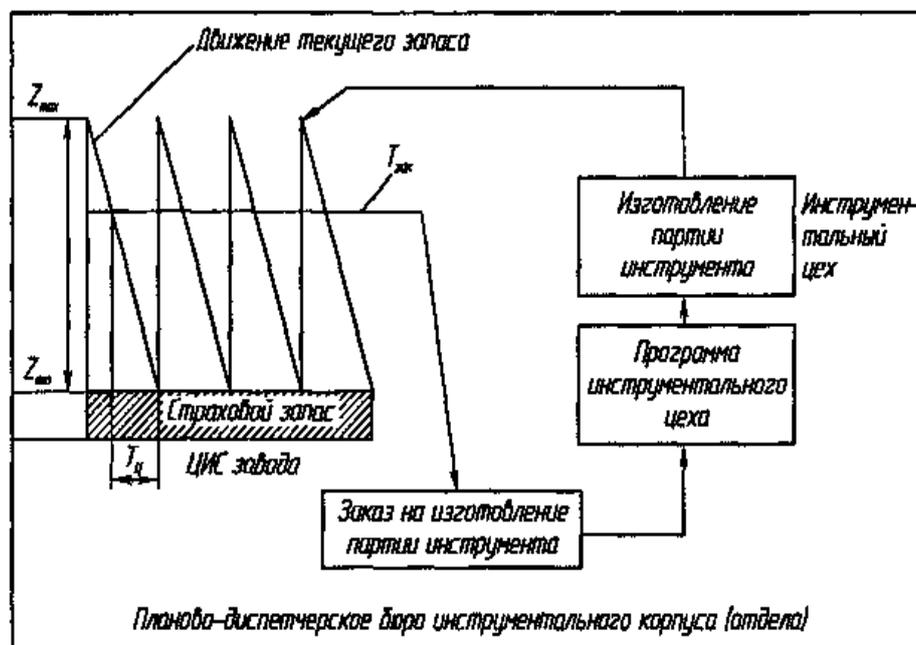


Рис. 10.4. Схема планирования производства инструмента по системе максимум-минимум

Изготовление оснастки с большим сроком службы планируется по индивидуальным заказам.

Непосредственное обеспечение рабочих мест инструментом осуществляется цеховыми ИРК. На них возлагается: прием, хранение и учет годного инструмента, поступающего с ЦИСа; выдача инструмента на рабочие места по отдельным требованиям; комплектование инструмента, необходимого для выполнения определенных операций, и подача его на рабочие места; приемка затупленного и изношенного инструмента от рабочих, наладчиков и подача затупленного инструмента на заточку, а изношенного в ЦИС; получение заточенного инструмента из мастерской по централизованной заточке.

Для успешного решения этих задач в цехе создается **цеховой эксплуатационный оборотный фонд инструмента** $Z_{об}$. Он состоит:

- из текущего запаса инструмента в **ИРК** ($Z_{тек}$), зависящего от периодичности поступления инструмента с ЦИСа, его расхода в цехе за единицу времени (сутки, неделя, месяц);
- инструмента, находящегося в данный момент на рабочих местах ($Z_{р.м}$), т.е. инструмента, непосредственно находящегося в работе и в виде запасных комплектов, обеспечивающих бесперебойную работу оборудования в случае выхода инструмента из строя;

- инструмента, находящегося в заточке и в ремонте ($Z_{зт}$);
- инструмента, находящегося в страховом запасе ИРК ($Z_{стр}$).

Состав отдельных элементов оборотного эксплуатационного фонда, находящегося в цехе, схематически показан на рис. 10.5.

Как видно из рисунка, запас достигает максимальной величины в момент пополнения его с ЦИСа, а минимальной – при полном использовании текущего запаса в ИРК, т.е. перед поступлением следующей партии инструмента.

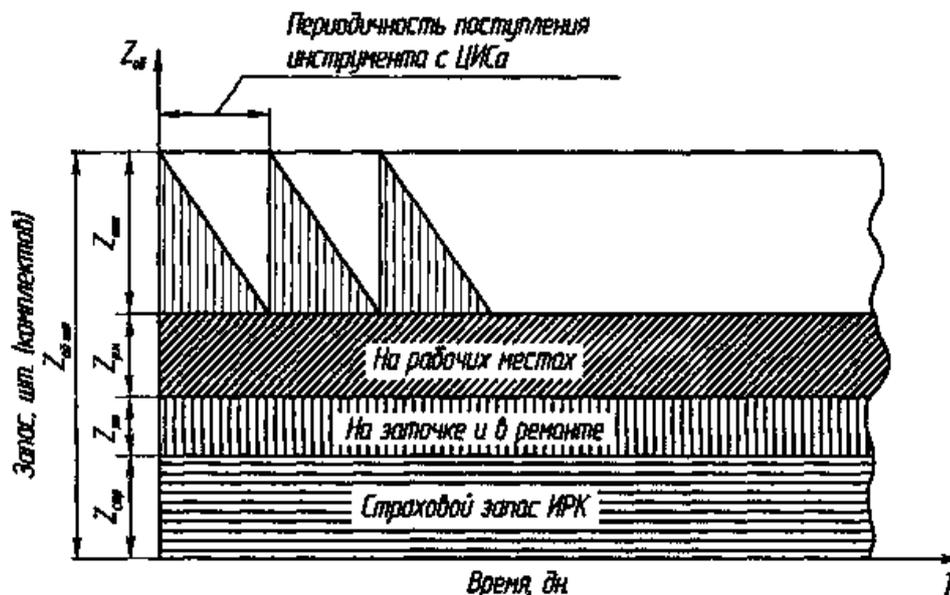


Рис. 10.5. Цеховой эксплуатационный фонд инструмента

Количество инструмента данного типоразмера, постоянно находящегося на рабочих местах, определяется по формуле (10.9):

$$Z_{р.м} = \sum_{i=1}^m A_i \left(\frac{t_{под}}{t_{зам}} + k_{и} \right), \quad (10.9)$$

где m – количество рабочих мест, на которых используется инструмент данного типоразмера;

A_i – количество инструмента в накладке на i -м рабочем месте;

$t_{под}$ – период подноски инструмента на рабочие места, обычно 4 или 8 ч (один-два раза за смену);

$t_{зам}$ – период замены инструмента: $t_{зам} = \frac{t_{шт}}{t_{баш}} t_{ст}$;

$t_{ст}$ – стойкость инструмента между двумя заточками;

$k_{и}$ – количество запасных комплектов годного инструмента, постоянно находящегося на рабочем месте, обычно принимается равным 0,2–1,0.

Количество инструмента, находящегося в заточке или ремонте, включая необходимый оборотный фонд годного инструмента, укрупненно определяется следующим образом по формуле (10.10):

$$Z_{зт} = \left(\frac{T_{зт}}{t_{под}} + K_{стр} \right) \sum_{i=1}^m A_i, \quad (10.10)$$

где $T_{зт}$ – цикл заточки или ремонта (время пребывания в заточной или ремонтной мастерской);
 $K_{стр}$ – коэффициент, учитывающий страховой запас в заточной мастерской: $K_{стр} = 0,50 \dots 0,75$.

Величина страхового запаса в ИРК зависит от времени возможной задержки пополнения очередной партии инструмента из ЦИСа и определяется по формуле (10.11):

$$Z_{зт} = q_{цех} T_{з.п}, \quad (10.11)$$

где $T_{з.п}$ – время возможной задержки пополнения инструмента, определяемое исходя из конкретных условий данного завода, дн.; обычно оно принимается равным $(0,20 \dots 0,25) R_{ши}$.

Учет выдачи инструмента на рабочем месте и возврата его в ИРК организуется в зависимости от вида инструмента и типа производства. Весь инструмент, находящийся на рабочем месте, можно разделить на две основные группы:

- 1) инструмент постоянного пользования; это в основном вспомогательный инструмент и различного рода универсальные приспособления (ключи, патроны, державки, тиски, отвертки, оправки, рукоятки и др.);
- 2) инструмент временного пользования, предназначенный для выполнения определенной операции и быстроизнашивающийся (режущий, специальный, измерительный, специальные приспособления и др.).

Инструмент временного пользования в условиях устойчивого серийного и массового производства подается на рабочие места по инструментальным комплектовочным карточкам. Для учета выдачи инструмента временного пользования в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для обеспечения возможности оперативной замены отдельных видов инструмента в условиях серийного и массового производства применяются **марочные системы**, которые могут быть одно-, двух-, трехмарочными. Суть марочной системы состоит в том, что рабочему при поступлении за завод выдается под расписку определенное количество (до десяти) марок (жетонов), на которых выбит его табельный номер. В обмен на эту марку он имеет право

лично или через подносчика получить из ИРК необходимый ему инструмент временного пользования.

Эффективная организация обеспечения рабочих мест инструментом зависит от правильного определения численности работников, занятых раздачей и подноской инструмента на рабочие места. Обычно она определяется нормами обслуживания оборудования или рабочих мест одним работником. Такие нормы приведены в табл. 10.3.

Таблица 10.6

**Нормы обслуживания оборудования раздатчиками инструмента
при работе в две смены**

Тип ИРК	Нормы обслуживания на одного работника		
	Металлорежущих станков		Рабочих- сборщиков независимо от типа производства
	Массовое и крупносерийное	Серийное и единичное производство	
Комплексные ИРК и ИРК режущего и вспомогательного инструмента	25-30	30-40	70-80
Кладовая измерительного инструмента	100-120	-	130-140
Абразивно-раздаточная кладовая	-	60-80*	

* Только шлифовально-заточное оборудование.

Фактический спрос на инструмент в отдельные промежутки рабочего времени на заводах, в цехах и на участках резко меняется и зависит от вида обрабатываемых деталей, продукции, объема и темпа их выпуска, применяемых технологических процессов, оборудования и используемого инструмента. Нормы обслуживания, установленные для условий определенного цеха, завода, могут оказаться не рациональными для других условий, складывающихся под воздействием случайных факторов. Поэтому оптимальная численность работников, занятых раздачей и подноской инструмента на рабочие места, для конкретного производства может быть определена с помощью расчетных методов теории массового обслуживания.

ТЕМА 11. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ХОЗЯЙСТВА

- 11.1. Значение операций по техническому обслуживанию и ремонту орудий труда в производственном процессе.
- 11.2. Система планово-предупредительного ремонта оборудования.
- 11.3. Организация технического обслуживания оборудования.
- 11.4. Организация ремонта оборудования.

11.1. Значение операций по техническому обслуживанию и ремонту орудий труда в производственном процессе

Современные предприятия оснащены дорогостоящим и разнообразным оборудованием, установками, роботизированными комплексами, транспортными средствами и другими видами машин и оборудования. В процессе работы они теряют свои рабочие качества, главным образом из-за износа и разрушения отдельных деталей, поэтому снижают точность, мощность, производительность и другие параметры. Для компенсации износа и поддержания оборудования в нормальном, работоспособном состоянии требуется систематическое техническое обслуживание его и выполнение ремонтных работ, а также проведение мероприятий по технической диагностике.

Износ оборудования в процессе его эксплуатации и нерациональная организация технического обслуживания и ремонта приводят к увеличению простоев, к ухудшению качества обработки и повышению брака, а также к увеличению затрат на ремонт.

О значении улучшения организации содержания и ремонта оборудования можно судить по следующим показателям. Годовые затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования на предприятиях составляют 10-25% его первоначальной стоимости. А их удельный вес в себестоимости продукции достигает 6-8%. Численность ремонтных рабочих колеблется в пределах 20-30% от общей численности вспомогательных рабочих.

Большая часть работ по поддержанию машин и оборудования в работоспособном состоянии возлагается на ремонтное хозяйство предприятия.

Ремонтное хозяйство – совокупность общезаводских и цеховых подразделений предприятия, осуществляющих комплекс работ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту оборудования.

Ремонтное хозяйство призвано обеспечить решение следующих задач:

- предупреждение аварий, преждевременного износа оборудования и поддержание его в работоспособном состоянии;
- сокращение простоев оборудования в ТО и ремонте;
- обеспечение сохранности зданий и сооружений;
- внедрение прогрессивных форм, средств и методов ремонтов;
- повышение качества ремонта и сокращение затрат при его выполнении.

Решение таких задач требует организации правильной эксплуатации, текущего обслуживания, своевременного выполнения необходимого ремонта, а также модернизации оборудования.

Для выполнения всех видов работ по организации рационального обслуживания и ремонта оборудования и других видов основных фондов на предприятиях создаются ремонтные службы. Их структура зависит от ряда факторов – типа и объема производства, его технических характеристик, развития кооперирования при выполнении ремонтных работ, системы централизации и др.

В состав ремонтной службы крупного и среднего предприятия входят отдел главного механика (ОГМ), ремонтно-механический цех (РМЦ), цеховые ремонтные службы, общезаводской склад запасных деталей и узлов (рис. 11.1).



Рис. 11.1. Структура ремонтной службы предприятия

Возглавляет ОГМ главный механик, подчиненный непосредственно главному инженеру завода. В составе ОГМ, как правило, создаются следующие функциональные подразделения: бюро планово-предупредительного ремонта (ППР), конструкторско-технологическое бюро, планово-производственное бюро и группа кранового оборудования.

Ремонтно-механический цех является основной материальной базой ремонтной службы предприятия. Комплектуется разнообразным универсальным оборудованием и высококвалифицированными рабочими. Выполняет все наиболее сложные работы по ремонту оборудования, изготовлению и восстановлению сменных деталей.

Цеховые ремонтные службы создаются в крупных основных цехах завода только при использовании децентрализованной и смешанной системы организации ремонтных работ. Службы находятся в ведении механиков цехов.

Общезаводской склад запасных деталей и узлов осуществляет хранение и учет всех материальных ценностей необходимых для проведения всех видов ремонтов оборудования и подъемно-транспортных средств.

Штаты ИТР и служащих ремонтной службы предприятия устанавливаются в зависимости от числа ремонтных единиц оборудования в целом по заводу.

Ремонт оборудования – это совокупность работ, связанных с заменой или восстановлением деталей, узлов и агрегатов, в результате которых обеспечивается восстановление его первоначальных эксплуатационных параметров (скорости, точности, производительности, экономичности в эксплуатации и др.), нарушенных в результате нормального (естественного) износа.

Несмотря на большие затраты труда и средств, операции по уходу и ремонту оборудования характеризуются высокой экономической эффективностью, поскольку их выполнение на заводе обеспечивает:

1) протекание основного процесса в заданном темпе и с запланированной производительностью, благодаря чему достигается определенный уровень выпуска необходимой продукции, производительности труда и эффективности деятельности предприятия;

2) сохранение оборудования в работоспособном состоянии в течение более или менее длительного времени (заданного срока службы),

Под **техническим обслуживанием** понимается система ежедневных и периодических мероприятий, обеспечивающих бесперебойную работу оборудования и предупреждающих его преждевременный износ без замены отдельных частей и узлов. Сюда входит: надзор за оборудованием во время работы (соблюдение режимов эксплуатации); непосредственный уход во время технологических пауз и кратких остановок для выполнения вспомогательных операций (очистка, протирка, регулярная смазка, своевременная уборка стружки или других отходов, ухудшающих условия эксплуатации оборудования, и т.д.); устранение мелких неисправностей во время специальных остановок (подтяжка подшипников, крепежных деталей, тормозов, устранение причин перегрева, утечки смазочных материалов и т.п.); проверка точности и производительности (геометрические замеры).

Основным показателем эффективности ремонтных работ и деятельности ремонтного хозяйства на заводе при обеспечении бесперебойной работы оборудования является доля расходов на содержание и ремонт оборудования в общей стоимости продукции завода. Чем она ниже, тем выше эффективность ремонтного хозяйства.

11.2. Система планово-предупредительного ремонта оборудования

На машиностроительных предприятиях работа по техническому обслуживанию и ремонту оборудования строится на основе системы **планово-предупредительного ремонта (ППР)**. В основе системы лежат два принципа организации ремонтных работ – предупредительность и плановость. По этой системе ремонтные работы являются, прежде всего, предупредительными (профилактическими): они должны проводиться до того, как оборудование выйдет из строя, потеряет необходимую точность или производительность, т.е. предупреждается его внезапная (непредвиденная) остановка. Это предполагает

проведение ремонтов оборудования не от случая к случаю, а через определенные промежутки времени по специальному графику-расписанию. В этом смысле ремонт является не только предупредительным (профилактическим), но и плановым. Применение планово-предупредительного ремонта оборудования связано с дополнительными издержками, так как в этом случае не полностью используется ресурс стойкости и долговечности отдельных деталей, подлежащих замене. Однако при этом предупреждаются потери производства, связанные с внезапным выходом оборудования из строя (срыв программы выпуска необходимых деталей, простои других видов оборудования и рабочих, увеличение длительности и стоимости ремонта и т.п.) Кроме того, планово-предупредительный ремонт обходится дешевле, поскольку можно заранее подготовиться к нему, изготовить или затребовать со стороны необходимые детали, запасные части и т.д.

Все работы по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии по системе ППР подразделяются на межремонтное обслуживание и ремонтные работы.

К **межремонтному обслуживанию** относятся наблюдение за правилами эксплуатации оборудования, его смазка, регулировка, промывка и осмотры.

Плановые ремонты делятся на три основных вида: текущий, средний и капитальный.

Текущий ремонт (ТР) – это ремонт, при котором заменой или восстановлением изношенных деталей и регулировкой механизмов обеспечивается нормальная эксплуатация агрегата до очередного планового ремонта.

Средний ремонт (СР) – это ремонт, при котором производится частичная разборка агрегатов, капитальный ремонт отдельных узлов, замена и восстановление значительного количества изношенных деталей, сборка, регулировка и испытание под нагрузкой.

Капитальный ремонт (КР) – это ремонт, при котором производится полная разборка агрегатов, замена всех изношенных деталей и узлов, ремонт базовых и других ответственных деталей, и узлов, сборка, регулировка и испытание агрегатов под нагрузкой.

При среднем и капитальном ремонтах точность, мощность и производительность оборудования восстанавливаются на срок до проведения очередного ремонта.

Типовая система базируется на следующих основных показателях: ремонтном цикле, межремонтном и межосмотровом периодах, структуре ремонтного цикла, категории ремонтной сложности, условной ремонтной единице.

Под ремонтным циклом ($T_{мц}$) понимается период оперативного времени работы оборудования (основное время + вспомогательное) от момента ввода оборудования в эксплуатацию до первого капитального ремонта (для действующего оборудования – между двумя очередными капитальными ремонтами). Продолжительность ремонтного цикла определяется на основании срока службы (износостойкости) базовых деталей и узлов оборудования, который, в свою очередь, зависит от технологического назначения, конструктивных и размер-

ных особенностей, интенсивности и условий эксплуатации, возраста оборудования. Для каждого вида оборудования определенного технологического назначения устанавливается исходная величина продолжительности ремонтного цикла (A), которая затем корректируется в зависимости от указанных выше факторов. Так, для легких токарных станков она принимается равной 16 800 ч, для фрезерных – 26 800 ч, для кузнечных прессов – 28 000 ч, для основного литейного оборудования и легких формовочных машин – 8000 ч.

Продолжительность ремонтного цикла:

$$T_{\text{м.ц}} = 24000 \cdot \beta_n \cdot \beta_m \cdot \beta_y \cdot \beta_c, \quad (11.1)$$

где A – нормативный ремонтный цикл, станко-ч;

β_n – коэффициент, учитывающий тип производства (для массового и крупносерийного производства он равен 1,0; для серийного – 1,3; мелкосерийного и единичного – 1,5);

β_m – коэффициент, учитывающий род обрабатываемого материала (при обработке конструкционных сталей он равен 1,0; чугуна и бронзы – 0,8; высокопрочных сталей – 0,7);

β_y – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации оборудования (при нормальных условиях механических цехов он равен 1,0; в запыленных и с повышенной влажностью – 0,7);

β_c – коэффициент, отражающий группу станков (для легких и средних станков он равен 1,0).

Под **межремонтным периодом** ($t_{\text{мм}}$) понимается период оперативного времени работы оборудования между двумя смежными очередными плановыми ремонтами (текущим и текущим, текущим и средним или капитальным и т.д.) (в месяцах) и рассчитывается по формуле (11.2):

$$t_{\text{мм}} = \frac{T_{\text{м.ц}}}{\Pi_c + \Pi_m + 1} \quad (11.2)$$

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

Межосмотровый период ($t_{\text{мо}}$) – период работы оборудования между двумя очередными осмотрами и плановыми ремонтами, расчет ведется по формуле (в месяцах) (11.3):

$$t_{\text{мм}} = \frac{T_{\text{м.ц}}}{\Pi_c + \Pi_m + \Pi_o + 1} \quad (11.3)$$

где Π_o – количество осмотров на протяжении межремонтного цикла.

Длительность межремонтного и межосмотрового периодов определяется длительностью ремонтного цикла и его структурой.

Под **структурой ремонтного цикла** ($C_{ц.р}$) понимается состав и последовательность периодических работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования в период его работы между двумя капитальными ремонтами. Она зависит от технологического назначения оборудования, его сложности и условий эксплуатации. Чем сложнее и ответственнее оборудование, тем больше в структуре межремонтного цикла операций по техническому уходу и осмотру.

Так, по отдельным видам оборудования предусматривается следующая структура ремонтного цикла (О – осмотр):

- для легких металлорежущих станков (массой до 10 т) – КР-О-ТР-О-ТР-О-СР-О-ТР-О-ТР-О-КР (1КР, 1СР, 4ТР, 60);
- для станков массой от 10 до 100 т – 1КР, 1СР, 4ТР, 120;
- для станков массой свыше 100 т – 1КР, 1СР, 4ТР, 180.

Под **категорией ремонтной сложности** понимается степень сложности ремонта оборудования, которая зависит от его технологических и конструктивных особенностей, размеров обрабатываемых деталей. Она численно характеризует соотношение затрат труда, материалов и других ресурсов на проведение ремонтных работ. Так, для металлорежущих станков основными показателями, определяющими категорию ремонтной сложности, являются: наибольший диаметр обрабатываемой детали; длина (расстояние между центрами, длина расточки, наибольший ход суппорта и др.); сложность и количество силовых агрегатов, привода. Справочником определены категории ремонтной сложности всех используемых моделей оборудования как по механической, так и по электрической части.

Для расчета плановой потребности в трудовых и материальных ресурсах и определения времени простоя оборудования в ремонте система ППР предусматривает использование **условной ремонтной единицы**, которая численно характеризует нормативные затраты на ремонт оборудования первой категории сложности.

Нормативы трудоемкости ремонтных работ по отдельным видам оборудования приведены в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Нормативы затрат времени на одну ремонтную единицу

Вид оборудования	Вид работ	Нормативы на выполнение отдельных ремонтных работ, ч				
		Осмотр	Осмотр перед капремонтом	Текущий ремонт	Средний ремонт	Капитальный ремонт

Технологическое и подъемно-транспортное	Слесарные	0,75	1,0	4	6	36
	Станочные	-	0,1	2	3	14
	<i>Всего</i>	0,75	1,1	6	9	50

Нормативы затрат труда на межремонтное обслуживание, осуществляемое специальным персоналом устанавливаются в виде норм обслуживания (количество ремонтных единиц) по видам оборудования на одного рабочего соответствующей профессии в смену, В условиях серийного и единичного производства для межремонтного обслуживания легких металлорежущих станков предусматривается один станочник на 1650 единиц ремонтной сложности, дежурный слесарь – на 500 единиц ремонтной сложности, смазчик – на 1000 единиц ремонтной сложности

Время простоя оборудования в ремонте также регламентируется в виде нормативов простоя на одну ремонтную единицу в сутки.

В системе ППР предусмотрены нормы расхода основных и вспомогательных материалов на все виды операций по техническому обслуживанию и ремонту в расчете на одну ремонтную или физическую единицу обслуживания.

В случае предупредительного ремонта дополнительные потери из-за внезапного выхода оборудования из строя будут отсутствовать и производство затратит только средства, равные стоимости планового ремонта ($P_{пл}$). При ремонте по требованию помимо затрат непосредственно на ремонт производство понесет дополнительные потери (P_a), связанные с аварийным (непредвиденным) выходом оборудования из строя (потери в выпуске продукции, потери от простоев рабочих и оборудования других участков производства, штрафы и санкции из-за срыва поставок, сверхурочные работы для проведения срочного ремонта и др.). При предупредительном ремонте, исключающем аварийный выход оборудования из строя, затраты на ремонт, приходящиеся на единицу времени эксплуатации оборудования и рассчитываются по формуле (11.4).

$$C_{п.р} = P_{пл} / T_{мр} \quad (11.4)$$

При ремонте по износу по формуле (11.5):

$$C_{а.р} = (P_a + P_{пл}) / (t_{мр} + \Delta t_{мр}), \quad (11.5)$$

где $\Delta t_{мр}$ – среднее дополнительное время работы оборудования до выхода из строя по износу, численно равное 3σ .

Очевидно, что экономическим условием применения ремонта по требованию должно быть неравенство $C_{ар} < C_{п.р}$, или в преобразованном виде

$$\frac{P_a}{P_{пр}} < \frac{\Delta t_{мр}}{t_{мр}} .$$

Из этих формул видно, что основным фактором, определяющим эффективность той или иной системы ремонта, является соотношение дополнительных затрат, связанных с внезапным выходом оборудования из строя, и стоимости самого ремонта. Если первая величина по сравнению со второй очень мала или равна нулю, то предупредительный ремонт оборудования невыгоден. При определенной величине отношения $P_a/P_{пр}$ эффективность ремонта по требованию зависит от ожидаемого среднего дополнительного времени работы оборудования по сравнению с плановым межремонтным циклом (Δt): чем оно выше, тем выгоднее практиковать данный вид ремонта. На рис. 11.2 показаны границы эффективности ремонта при различных значениях Δt , $P_a/P_{пр}$. Как видно из рисунка, при небольших затратах на устранение последствий внепланового ремонта (до 10 % суммы планового) даже при незначительных колебаниях в сроках износа оборудования выгодно практиковать ремонт по требованию, в то время как при соотношении затрат более 1:1 такой ремонт невыгодно применять даже при дополнительной работе оборудования с большей длительностью ремонтного цикла.

Поскольку затраты на устранение последствий внепланового ремонта для оборудования одного и того же типоразмера будут различны в зависимости от того, какую роль оно играет в производственном процессе, то на одном и том же предприятии для ремонта станков одной и той же модели на одних участках производства может практиковаться предупредительный ремонт, а на других – ремонт по требованию. Поэтому для загруженного оборудования, являющегося «узким местом» в производственном процессе, где затраты на устранение последствий аварии особенно высоки, должна применяться только система ППР, тогда как для малозагруженного может использоваться система ремонтов по требованию. Планирование последних должно осуществляться на основании средних ожидаемых сроков износа, которые являются вероятностной величиной. Для такой дифференциации соответствующая служба предприятия должна осуществить технико-экономический анализ, учитывая условия эксплуатации оборудования на конкретном участке производства.

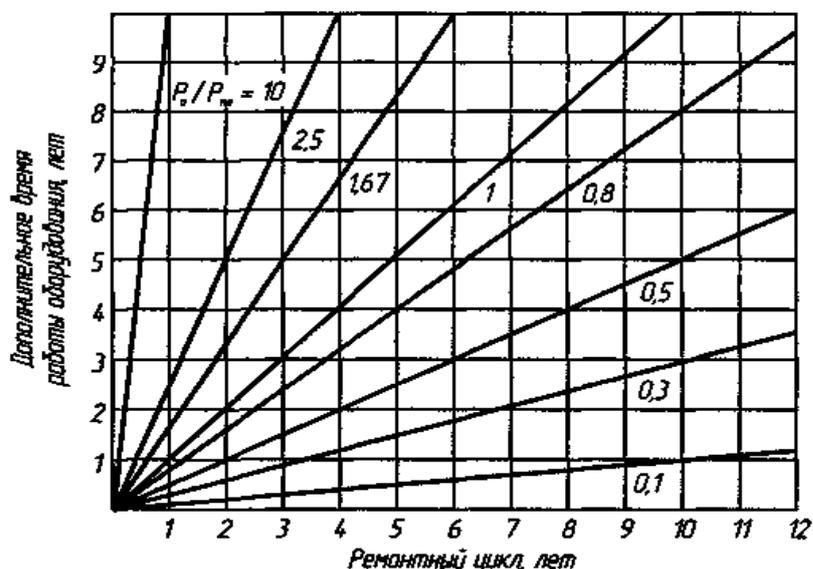


Рис. 11.2. Изменение эффективности разных видов ремонта при различных соотношениях дополнительного времени работы оборудования и длительности ремонтного цикла

11.3. Организация технического обслуживания оборудования

Первичное техническое обслуживание оборудования выполняет прежде всего производственный персонал, работающий на нем (токари, фрезеровщики, расточники, штамповщики, машинисты, формовщики, вагранщики и т.д.). Рабочий должен вести наблюдение за работой оборудования (показания контрольно-измерительных приборов, степень нагрева узлов, состояние механизмов управления и т.п.) в течение рабочей смены, предупреждать попадание абразивных материалов на трущиеся поверхности, следить за уровнем масла, характером шума в редукторах, шестеренчатых передачах и т.д. Кроме того, он должен выполнять операции по уходу (очистка от грязи и стружки, уборка отходов, мешающих нормальной работе оборудования, ежедневная смазка, проверка надежности крепления отдельных соединений, устранение мелких неисправностей, соблюдение режима эксплуатации в соответствии с технологическим процессом и паспортными данными оборудования и т.д.). Время на надзор и уход за оборудованием предусматривается в составе штучного времени. Кроме того, для этих целей используются технологические паузы и свободное время рабочего-станочника во время машинно-автоматической работы оборудования. К мероприятиям, обеспечивающим высококачественный надзор и уход за оборудованием, следует отнести: разработку и внедрение в жизнь правил регламентированного ухода за оборудованием, закрепление его за определенными рабочими; премирование за отличное состояние станка; контроль со стороны цехового линейного руководства за качеством ухода и эксплуатации оборудования. Кроме того, поддержанию оборудования в работоспособном состоянии должно способствовать установление четкого порядка сдачи и приемки оборудования рабочими из смены в смену. Рабочий предыдущей смены по ее окончании должен очистить, смазать оборудование, устранить мелкие неисправности и сдать его сменщику на ходу.

Кроме рабочих-станочников повседневный надзор и уход за оборудованием осуществляет дежурный ремонтный персонал (дежурные слесари, смазчики, шорники, электрики и др.). Контроль за качеством надзора и ухода ведут руководители цехового и общезаводского ремонтного хозяйства (мастер, механик, инженер-электрик, а также инспекторы отделов главного механика и энергетика).

Дежурный персонал осуществляет надзор за оборудованием в течение смены, а также выполняет ряд периодических операций по уходу (замена и пополнение масел, регулировка, проверка точности, осмотры, промывки).

Дежурные слесари должны в начале и конце смены осматривать закрепленные за ними станки и заносить результаты осмотра в журнал, в котором отмечаются состояние оборудования и его неисправности. Кроме того, в течение всей смены они должны периодически обходить свой участок с целью проверки

соблюдения станочниками правил ухода за оборудованием, а также своевременного выявления и устранения неисправностей. Неустраненные неполадки фиксируются в журнале, данные которого служат указанием для следующей смены. Записи в журнале являются материалом для учета и анализа причин, вызывающих неисправности оборудования, для выявления дефектов в работе отдельных узлов и агрегатов, определения межосмотровых и межремонтных периодов/

Дежурный смазчик должен следить за исправностью маслопроводов и смазочных систем, своевременной ежедневной смазкой оборудования производственным персоналом и ее качеством, осуществлять периодическую смазку по графику, собирать и направлять на регенерацию отработанные масла.

Дежурный электрослесарь осуществляет работы по надзору и уходу за электрической частью оборудования.

Работа дежурного персонала имеет в основном профилактический характер, поэтому наблюдать за исправностью оборудования и обходить участок с закрепленным оборудованием необходимо систематически, по специальному графику и разработанному маршруту. Дежурный персонал (слесарь, смазчик, электрослесарь и др.) должен своевременно являться по вызову рабочего-станочника. Вызов может быть сделан с помощью специальных технических средств, которые одновременно автоматически фиксируют время простоя оборудования с указанием его причин. Проверка качества дежурного обслуживания оборудования возлагается на мастера или механика цеха и контролируется инженером отдела главного механика.

Основными показателями качества и эффективности дежурного обслуживания являются:

- 1) безаварийная работа оборудования, исключая его неплановые простои;
- 2) минимальные простои оборудования, связанные с уходом за ним и устранением мелких неисправностей;
- 3) экономное расходование вспомогательных материалов;
- 4) снижение прямых и косвенных затрат на обслуживание.

К периодическим профилактическим операциям по уходу за оборудованием относятся: периодические осмотры, промывка, замена и пополнение масел, проверка на точность и жесткость, регулировка и др.

Для каждого вида оборудования устанавливается структура цикла периодического обслуживания ($C_{ц.о}$), которая показывает перечень и количество операций технического обслуживания в цикле. Например, по формуле (11.6):

$$C_{ц.о} = O_{пер} - 4C_{поп} - C_{зам} - O_{пер.ч} - 2P - O_{пер}, \quad (11.6)$$

где $O_{пер}$ – периодический осмотр;

$C_{поп}$ – пополнение масел;

$C_{зам}$ – замена смазки;

$O_{пер.ч}$ – периодический частичный осмотр;

Р – регулировка механизмов.

Промывка заключается в удалении с узлов и деталей оборудования грязи, металлической и абразивной пыли, отходов. Промывке подвергаются прежде всего агрегаты, работающие в запыленной, загрязненной или абразивной среде. Перечень агрегатов и отдельных узлов, подвергающихся промывке, а также ее периодичность устанавливаются отделом главного механика на основании инструкций заводов-изготовителей и условий эксплуатации оборудования. Промывка осуществляется в нерабочие смены и выходные дни.

Замена и пополнение масел производится через определенный период на всем оборудовании с централизованной и картерной системами смазки по специальному графику, предусматривающему совмещение этих работ с промывками, осмотрами и плановыми ремонтами. При этом предусматривается ежесменное смазывание для создания нормальных условий работы и предупреждения преждевременного износа трущихся поверхностей.

Проверка геометрической точности устанавливает соответствие степени точности оборудования требованиям, предъявляемым ГОСТами, или техническим условиям. Ей подвергается прецизионное и финишное оборудование, а также некоторые виды оборудования, встроенного в автоматические линии, по перечню, установленному главным технологом завода. Проверка геометрической точности выполняется с привлечением ремонтных слесарей после плановых ремонтов с целью предупреждения брака и аварий.

Проверка жесткости проводится после среднего или капитального ремонта металлообрабатывающих станков по нормам, указанным в ГОСТах.

Осмотры проводятся с целью проверки состояния оборудования, устранения мелких неисправностей, выявления деталей, подлежащих замене при очередном плановом ремонте. Если обнаружена неисправность оборудования, исключающая возможность его дальнейшей эксплуатации, выполняется очередной ремонт без соблюдения срока, предусмотренного межремонтным периодом.

Осмотры проводят ремонтные слесари, в необходимых случаях привлекаются рабочие-станочники. Наряду с выявлением дефектов, подлежащих устранению при проведении предстоящего планового ремонта, при осмотре устраняются мелкие неисправности и выполняются регулировочные работы (затяжка подшипников, регулировка плавности перемещения столов, суппортов, ползунков, мелкий ремонт систем охлаждения и смазки, оградительных устройств, подтяжка тормозов и др.), а также разборка и промывка узлов, указанных в операции «промывка». Выполнение этих работ обеспечивает нормальную точность, производительность и устойчивость работы оборудования до очередного ремонта.

Одним из важнейших элементов технического обслуживания оборудования является его смазка. Своевременная и качественная смазка уменьшает износ деталей и узлов, снижает расход энергии на преодоление трения, способ-

ствуя продлению межремонтного периода и уменьшению расходов на эксплуатацию оборудования.

Режим смазки определяется видом смазочных материалов для каждой точки смазки, периодичностью смазки или замены масла и нормами расхода смазочных материалов. Режим смазки фиксируется в специальной карте смазки, которая представляет собой эскиз (схему) оборудования с указанием точек смазки. Регламентация работ смазочного персонала заключается в установлении на каждый день перечня оборудования и точек смазки, а также в выборе маршрута перемещения в процессе выполнения работ, что фиксируется в программе-наряде, выдаваемой каждому смазчику.

11.4. Организация ремонта оборудования

Ремонт оборудования требует тщательной конструкторской, технологической, материально-технической и организационной подготовки.

Конструкторская подготовка ремонтов состоит в определении номенклатуры сменных деталей и узлов ремонтируемого оборудования, составлении альбома чертежей, а также в установлении ремонтных размеров изнашивающихся деталей, замена которых новыми невозможна или экономически невыгодна.

К **сменным деталям** относят детали, заменяемые при ремонте новыми или восстановленными. Необходимые данные о каждой сменной детали заносятся в карточку-паспорт и поагрегатную спецификацию – сводку сменных деталей.

Важнейшей характеристикой сменных деталей является **срок службы** (стойкость), который определяется временем их работы с момента установки до естественного износа. Как правило, срок службы определяется по опытно-статистическим данным на основании записей о замененных деталях по каждому типу оборудования, а также данных об общем расходе деталей на ремонт за определенный период. Срок службы рассчитывается по формуле (11.7):

$$T_{\text{сл}} = k_{\text{мес}} k_a k_d / P, \quad (11.7)$$

где $k_{\text{мес}}$ – количество месяцев в рассматриваемом периоде;

k_a – количество однотипных агрегатов, на которые поставлены детали данного наименования;

k_d – количество однотипных деталей в агрегате;

P – расход деталей в течение рассматриваемого периода.

В ряде случаев срок службы сменных деталей может устанавливаться заводом-изготовителем оборудования по результатам специальных испытаний (стендовых, эксплуатационных и др.).

Альбом чертежей сменных деталей содержит: чертежи общего вида оборудования; сборочные чертежи механизмов и узлов и рабочих сменных деталей; спецификацию стандартных и стандартизованных покупных деталей

(подшипников, ремней, цепей, крепежа, аппаратуры и др.). В альбоме чертежей указываются инвентарные номера агрегатов, находящихся в эксплуатации на заводе. Он используется при организации эксплуатации оборудования, при разработке технологии ремонта и изготовления сменных деталей, установлении ремонтных размеров, проведении работы по стандартизации и унификации деталей и модернизации оборудования.

Технологическая подготовка ремонта заключается в разработке технологических процессов ремонтных работ, изготовления и восстановления сменных деталей, ремонта базовых деталей (включая разработку чертежей заготовок, проектирование приспособлений и норм расхода материалов), а также в разработке инструкций по техническому обслуживанию и установлении норм времени на выполнение ремонтных операций и изготовление отдельных деталей,

Технологический процесс ремонта оборудования разрабатывается на основе типового перечня работ, подлежащих выполнению при плановом ремонте. Такой перечень содержится в нормативах типовой системы для каждого вида оборудования (металлорежущего, деревообрабатывающего, кузнечно-прессового и др.).

Карты технологических процессов составляются как типовые для всех случаев ремонта оборудования определенной модели и включают: перечень и последовательность операций разборки и сборки агрегата и его отдельных узлов; указания по наиболее рациональному выполнению сложных и специфических операций, проверке на точность, регулировке и испытанию; перечень применяемых приспособлений, инструмента; количественный и профессиональный состав ремонтной бригады; нормы времени, нормы расхода запасных частей и материалов.

На основе типовых технологических процессов разрабатываются типовые календарные графики выполнения отдельных операций по ремонту и загрузке каждого члена ремонтной бригады с указанием трудоемкости и длительности операций, категории ремонтной сложности. Типовые графики привязываются к календарному времени планируемого периода.

Материально-техническая подготовка предусматривает заблаговременное обеспечение предстоящего ремонта всем необходимым, и в первую очередь сменными деталями. Часть сменных деталей относится к категории запасных частей.

Запасными частями называют сменные детали, которые заранее приобретаются или изготавливаются для замены при ремонте станков и хранятся на складе. К этой категории относятся детали, потребляемые более или менее регулярно в значительном количестве. Это прежде всего быстроизнашивающиеся детали с малым сроком службы, унифицированные детали, стандартизированные детали и узлы (подшипники, ремни, насосы, крепеж и др.), а также детали уникального оборудования, направляемые заводом-изготовителем в качестве страхового резерва на случай возможного выхода их из строя. Запасные части хранятся на центральном складе запасных частей отдела главного механика; их

производство или приобретение, а также движение регулируют по системе «максимум-минимум».

Все остальные детали, имеющие большой срок службы (1,5-2 года и более) и расходуемые в отдельных экземплярах, изготавливаются по индивидуальным заказам с учетом необходимых опережений запуска их по отношению к началу ремонта.

При планировании производства запасных частей должны быть предусмотрены мероприятия по максимально возможному повторному использованию некоторых деталей после их восстановления, что обеспечивает снижение затрат на проведение ремонта.

Организационная подготовка состоит в определении трудоемкости предстоящих ремонтов в планируемом периоде, обеспечении ритмичной загрузки ремонтных рабочих в течение планового периода, а также в согласовании планов ремонта с планом выпуска продукции.

Годовой план-график ремонта оборудования разрабатывается отделом главного механика по каждому цеху и утверждается главным инженером завода. В нем дается перечень всех инвентарных единиц оборудования и указывается характер ремонтных работ, которые должны быть осуществлены в текущем году, с указанием календарного срока их выполнения (табл. 11.2).

Предварительные сроки выполнения ремонтов определяются по нормативам в соответствии с длительностью ремонтного цикла, межремонтного или межосмотрового периода. Кроме того, на графике указывается трудоемкость ремонта по слесарным работам (по операциям), а также длительность простоя оборудования в ремонте. Итоговые данные, приведенные в столбцах 19 и 20 табл. 11.3, служат исходными данными для расчета численности слесарей, станочников и рабочих других профессий. Общее среднее количество рабочих данной профессии, необходимое на год, определяется по формуле (11.8):

$$k_p = Q_{н-ч} / \Phi, \quad (11.8)$$

где $Q_{н-ч}$ – общий объем ремонтных работ на год, норма-ч;
 Φ – годовой фонд работы одного работника, ч.

По данным, приведенным в табл. 11.2, определяется среднее количество единиц оборудования, постоянно находящегося в ремонте. Оно равно частному от деления общего числа суток простоя на среднее номинальное количество рабочих дней в году. Отношение количества станков, находящихся в ремонте, к общему их количеству в цехе характеризует долю потерь номинального фонда времени работы оборудования из-за простоя в ремонте.

На основе годового плана-графика ремонтов и фактического его выполнения составляется **месячный план-график ремонта оборудования**, который служит базой для разработки календарных планов ремонта каждого агрегата и организации труда ремонтных бригад. Месячный план ремонта согласуется с планом выпуска основной продукции на данный месяц.

Таблица 11.3

Годовой план-график ремонта оборудования
механического цеха № 2 на 2023 г.

Наименование оборудо- вания	Инвентар- ный но- мер	Категория ремонтной сложности	Дата последнего капитального ремонта	Последний ремонт					
				Вид	Дата				
1	2	3	4	5	6				
Токарно-винторезный станок 1А62	571	10	Октябрь 2022 г.	ТР	Апрель 2022 г.				
Токарно-винторезный станок 16К20	841	12	Июль 2022 г.	КР	Июль 2022 г.				
...									
<i>Итого:</i> слесарных работ суток простоя									
Вид ремонта, его трудоемкость по слесарным ра- ботам, нормо-ч (числитель) и простой по месяцам года, сут. (знаменатель)							Итого		
I	...	IV	...	X	...	XII	слесарных работ, нормо-ч	станочных работ, станко-ч	суток простоя
7	...	10	...	16	...	18	19	20	21
ТР $\frac{40}{2,5}$	...	-	...	КР $\frac{360}{10}$	...	-	400	120	12,5
-	...	ТР $\frac{40}{2,5}$	...	-	...	-	48	24	2,7
...
3100 220	...	3100 220	...	3100 220	...	3000 220	3650	23850	2540

Состав рабочих бригад по ремонту конкретного типа оборудования зависит от трудоемкости и вида ремонта. Для каждого вида ремонта и типа оборудования устанавливается определенное нормативное количество рабочих в бригаде исходя из оптимального фонда работ, обеспечивающего полную загрузку ремонтников в течение рабочего дня. Обычно создаются комплексные бригады, обеспечивающие выполнение всего комплекса работ по ремонту. Так, при проведении капитального ремонта металлорежущих станков малой и средней сложности в состав бригады обычно входят три человека. При выполнении большого объема ремонтных работ однотипного оборудования (при наличии его на заводе не менее 50-70 единиц) может оказаться целесообразным создание специализированных бригад по выполнению отдельных ремонтных опера-

ций. Такая специализация создает условия для внедрения серийной технологии ремонта, обеспечивающей более высокую производительность труда, снижение себестоимости ремонта, повышение его качества и уменьшение простоев оборудования.

Ремонтные работы могут осуществляться в трех формах: централизованной, децентрализованной, смешанной.

При централизованной форме как изготовление запасных частей, так и все работы по ремонту оборудования выполняются силами ремонтного или ремонтно-механического цеха завода (подчиненного главному механику), имеющего в своем составе специализированные ремонтные бригады, а межремонтное обслуживание осуществляется дежурными бригадами цеха, эксплуатирующего оборудование.

При децентрализованной форме все виды ремонтных работ и изготовление части сменных деталей осуществляются силами цеховых ремонтных служб, возглавляемых механиком цеха. Ремонтно-механический цех завода изготавливает лишь наиболее широко применяемые запасные части и выполняет работы по капитальному ремонту и модернизации сложного и крупного оборудования.

При смешанной форме ремонтные работы выполняются как цеховой ремонтной службой, так и ремонтно-механическим цехом. За последним закрепляется изготовление всех запасных частей и выполнение капитальных ремонтов оборудования.

Под влиянием НТП, с возрастанием доли сложного, прецизионного и автоматического оборудования и с повышением требований к качеству продукции наметилась тенденция перехода от децентрализованной формы к смешанной. При переходе средних и крупных предприятий на смешанную форму организации ремонтных работ целесообразно концентрировать в РМЦ все виды работ, выполняемых в больших объемах (ремонтные средние и капитальные, изготовление запасных частей и др.).

Рациональная организация выполнения ремонтных работ позволяет сократить время простоя оборудования в ремонте и повысить коэффициент его использования.

ТЕМА 12. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- 12.1. Характер энергетических процессов и энергоносители на машиностроительном предприятии.
- 12.2. Основные источники и схемы энергоснабжения машиностроительных предприятий.
- 12.3. Нормирование и учет энергопотребления.
- 12.4. Структура энергетического хозяйства.

12.1. Характер энергетических процессов и энергоносители на машиностроительном предприятии

Современное машиностроительное предприятие является крупным потребителем энергии различных видов. Доля энергетических затрат в общих издержках достигает 10 % и более. При этом уровень энерговооруженности труда является одним из важнейших показателей технического прогресса в машиностроении.

Многообразие энергетических процессов, обеспечивающих протекание основных и вспомогательных операций по производству машин или их частей, можно подразделить на следующие группы:

1) **энергосиловые** – процессы, в которых энергия используется для приведения в действие основных и вспомогательных орудий труда и их рабочих частей;

2) **энерготехнологические** – процессы, в которых энергия применяется для непосредственного воздействия на внутреннюю структуру и свойства предметов труда для изменения их формы, размеров, внутренних и внешних свойств;

3) **энергопреобразующие** – процессы, в которых энергия одного вида перед ее потреблением преобразуется в другой;

4) **энергоотводящие** – процессы, в которых энергия одного вида используется для отвода энергии другого вида от рабочих машин и инструментов;

5) **санитарно-гигиенические** – процессы, в которых энергия используется для обеспечения комфортных условий для трудящихся предприятия.

Энергосиловые процессы являются основными, первичными для осуществления на заводе как технологических, так и других энергетических процессов. В этих процессах энергия используется для обеспечения поступательного, вращательного и других видов механического движения предметов и орудий труда в производственном процессе с помощью энергопривода. Наиболее широко в машиностроительном производстве применяются следующие основные виды энергоприводов: электрический, паровой, пневматический и механический. Электропривод является основным видом силовых двигателей, используемых для механизации и автоматизации операций производственного процесса. Его преимущество – бесконечное дробление и широкий диапазон мощности, автономность работы, высокая экономичность, простота ухода и

эксплуатации. На машиностроительных заводах применяются в основном трехфазные асинхронные и синхронные двигатели, использующие ток промышленной частоты различного напряжения (от ПО до 10 000 В).

Ряд рабочих машин и инструментов приводится в действие с помощью **парового или пневматического привода**. Это относится главным образом к паровоздушным молотам – наиболее распространенному оборудованию штамповочных цехов. Кроме паровоздушных широко применяются пневматические молоты, где сжатый воздух как энергоноситель вырабатывается компрессором, являющимся составной частью этого оборудования, оснащенного индивидуальным электроприводом. Сжатый воздух как энергоноситель широко применяется также для приведения в действие разнообразного пневматического инструмента со встроенными пневматическими двигателями (ножницы, дрели, зажимы, гайковерты, шлифовальные машины, молотки и др.). **Механический привод**, основанный на использовании двигателей внутреннего сгорания, применяется в основном для межцеховой и заводской транспортировки предметов труда. Основным энергоносителем в нем является жидкое топливо.

Энерготехнологические процессы можно подразделить на две основные группы – энерготермические и энергохимические. К **энерготермическим** относятся процессы, в которых энергия используется для нагревания предметов труда (исходных материалов) – полуфабрикатов, заготовок – в целях облегчения их обработки или соединения друг с другом (нагрев под ковку, штамповку, термообработку, сварка и т.д.). В качестве энергоносителей используется как электроэнергия (для индукционных нагревательных установок, электропечей сопротивления, электросварочных агрегатов), так и твердое, жидкое и газообразное топливо (для пламенных, камерных, шахтных и методических печей, в газосварочных агрегатах и т.д.). **Энергохимические процессы** применяются для обеспечения протекания физико-химических реакций (плавка, электролиз, гальваническое покрытие металлов, изменение состава жидких расплавленных металлов и т.д.). Для их осуществления используются как электроэнергия, так и особые виды топлива (например, кокс для плавки металла в вагранке).

Энергопреобразующие процессы применяются для преобразования энергии, используемой отдельными рабочими машинами и установками (сжатый воздух, пар, вода, постоянный ток или ток высокой частоты и т.д.). Основным видом используемой при этом энергии является электрическая энергия. Для получения пара в парокотельных установках завода применяется твердое, жидкое или газообразное топливо, а иногда и вторичные энергоресурсы.

Энергоносителем в энергоотводящих процессах (охлаждение) является вода и реже – сжатый воздух.

Санитарно-гигиенические энергопроцессы обеспечивают отопление, освещение, вентиляцию и гигиену производственных, бытовых помещений и рабочих мест, а также личную гигиену работников предприятия. В качестве энергоносителей используется горячая и холодная вода, пар, твердое, жидкое и газообразное топливо, электрическая энергия.

12.2. Основные источники и схемы энергоснабжения машиностроительных предприятий

Машиностроение характеризуется средней энергоемкостью по сравнению с другими отраслями промышленности (черной металлургией, химической и нефтеперерабатывающей промышленностью и др.), поэтому машиностроительные предприятия снабжаются основными видами энергии, как правило, централизованно от энергетических предприятий общего пользования или от поставщиков твердого, жидкого либо газообразного топлива.

Электроэнергия. Наибольший удельный вес в энергопотреблении занимает электрическая энергия (более 1/3 всей потребляемой энергии). Электроснабжение машиностроительных предприятий осуществляется в основном от районных энергетических систем, реже – от собственных электростанций или электростанций смежных промышленных предприятий. Питание предприятий происходит от линий высокого напряжения (35, ПО, 220 кВ). Это напряжение преобразуется на понизительных подстанциях завода до напряжения 6–10 кВ, а затем с помощью системы индивидуальных и коллективных трансформаторов – до напряжения, необходимого для данного оборудования.

Тепловая энергия. Тепловая энергия в виде пара и горячей воды поступает главным образом от тепловых сетей районной энергосистемы или городской ТЭЦ и в редких случаях – от собственных котельных. На машиностроительных заводах для получения носителей тепловой энергии широко используют вторичные энергоресурсы от высокотемпературных энергопроцессов (тепло отходящих газов нагревательных печей – для нагрева воды, горячая вода и пар, получаемые при водяном и испарительном охлаждении, – для отопления и т.д., используется также отработанный, так называемый мятый, пар от кузнечно-штамповочного оборудования).

Воздухоснабжение. Воздухоснабжение машиностроительных предприятий осуществляется децентрализованно, т.е. путем преобразования электрической энергии в сжатый воздух с помощью общезаводских или (в редких случаях) цеховых компрессорных установок. На заводе потребляется сжатый воздух: низкого давления (4-5 кгс/см²) – для вспомогательного пневматического оборудования и вспомогательных операций (пневматические зажимы, подъемники, обдувка штампов, резцов, изделий после промывки); среднего давления (6,6 – 7 кгс/см²) – для формовочных и ковочных машин, сверлильных и шлифовальных машин; высокого давления (10-13 кгс/см²) – для мощных паровоздушных молотов. Обычно для снабжения цехов сжатым воздухом низкого и среднего давления на заводе создаются отдельные воздушные сети, питаемые от самостоятельных компрессорных установок. Для снабжения сжатым воздухом высокого давления, потребляемого в сравнительно небольшом объеме, устанавливают цеховые дожимающие воздушные компрессоры, использующие сжатый воздух сети более низкого давления. Для выработки сжатого воздуха применяются поршневые и турбинные компрессоры. Первые более громоздки и менее

производительны, но расходуют электроэнергии на 15-20 % меньше (на 1 м³ сжатого воздуха).

Водоснабжение. На предприятиях вода применяется для производственных и хозяйственно-бытовых нужд. Для технических целей (охлаждение, промывка, передача теплоты при низкотемпературном нагреве и т.д.) вода используется в большом количестве в литейных, кузнечных и термических цехах. На 1 т отливок расходуется до 30 м³ воды, на 1 т поковок – 60–80 м³. Как правило, используется вода из естественных источников (реки, водоемы, водохранилища и т.п.) и в виде исключения питьевая вода, которая применяется для хозяйственно-бытовых нужд (для приготовления пищи, питья, для душевых). Источник питьевой воды – городская водопроводная сеть. При организации водоснабжения особенно большое внимание необходимо уделять вторичному использованию промышленной воды и ее очистке при водосбросе в естественные источники.

Топливо. На машиностроительных предприятиях применяют все виды топлива – твердое, жидкое, газообразное. В качестве твердого топлива используют уголь и кокс. Последний является основным видом топлива при плавке чугуна в вагранках. В качестве жидкого топлива для нагревательных устройств применяется мазут, являющийся отходом нефтеперерабатывающего производства. Для средств механического транспорта используют дизельное топливо и бензин всех марок. В качестве газообразного топлива применяется природный газ – самое дешевое и экономичное топливо. Его использование позволяет широко автоматизировать нагревательные и плавильные устройства, значительно улучшить качество и снизить себестоимость нагрева и плавки металла. Газ поступает от магистральных газопроводов. На заводах устанавливают регуляторные подстанции для поддержания постоянного давления.

12.3. Нормирование и учет энергопотребления

Цель нормирования расхода энергии на предприятии – обеспечение экономного расходования всех видов энергии, что позволяет снизить долю энергетических затрат на изготовление единицы продукции.

Потребность в энергоносителях определяется на основе производственной программы и удельных норм расхода их на единицу продукции. Нормы расхода должны базироваться на достижениях в области экономного расходования энергоресурсов при наивыгоднейших режимах работы энергетического и технологического оборудования и высоком уровне организации производства.

Для расчета потребности в энергоресурсах применяются укрупненные и дифференцированные нормы расхода. Укрупненными нормами пользуются для определения потребности в энергии и топливе по заводу в целом. Они устанавливаются в расчете на единицу выпускаемой продукции (на одну условную автомашину, трактор, станок, на 1000 руб. произведенной продукции и т.п.). Дифференцированные (детализированные) нормы используются при расчете потребности в энергоресурсах по каждому цеху, агрегату и по отдельным видам

оборудования (по цехам – на 1 т отливок, на один условный комплект, по агрегатам – на 1 ч работы оборудования и т.д.).

Основным методом определения норм расхода является расчетно-аналитический, позволяющий рассчитать плановую норму с учетом изменений в режиме работы, параметров технологических процессов и др. факторов, влияющих на величину удельного расхода.

Для крупных энергетических агрегатов, отдельных цехов и завода в целом составляются энергобалансы, в которых указывается характер потребляемых ресурсов и их удельный вес в общем энергопотреблении (табл. 12.2). При составлении баланса все виды расхода энергии приводятся к единому измерителю по эквиваленту затрат топлива (например, 1 кВт ч – 0,4 кг, 1 Гкал – 175 кг, 1000 м³ сжатого воздуха – 60 кг топлива (условного)).

Энергетические балансы классифицируются по следующим признакам:

- по назначению (перспективные, текущие, отчетные);
- видам энергоносителя (частные – по отдельным видам энергоносителя – угля, нефти, пара, газа, воды и общие по сумме всех видов топлива);
- характеру целевого использования энергии (силового, технологического, производственно-хозяйственного значения).

Перспективные балансы составляются на длительный срок и используются при проектировании, реконструкции производства и для развития энергохозяйства предприятия в целом.

Текущие плановые балансы составляются на год с разбивкой по кварталам и являются основной формой планирования и потребления энергии всех видов.

Отчетные (фактические) балансы служат средством контроля потребления энергоносителей и выполнения плановых балансов, а также основным материалом для анализа использования носителей, оценки работы в области рационализации энергохозяйства и экономии (перерасхода) топлива и энергии (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Энергобаланс завода и расход топлива (условного), %

Цехи	Электроэнергия	Газ	Пар	Сжатый воздух	Вода
Кузнечно-прессовый	14,7	63,4	63,6	34,5	27,3
Литейный	37,0	20,0	3,8	35,3	17,9
Термический	3,4	11,9	3,5	2,1	10
Механосборочный	17,7	-	2,5	16,8	14,2
Инструментальный	2,1	0,9	0,2	1,6	5,4
Арматурный	3,2	1,3	9,6	8,3	21,6
Штампово-механический	1,2	1,6	-	1,0	0,8
Деревообрабатывающий	1,3	-	15,3	-	-
Ремонтно-механический	0,8	0,7	-	-	-

Энергетический	17,3	-	-	-	-
Прочие	1,3	0,2	1,5	0,4	2,8
Всего	100	100	100	100	100

Учет расхода энергоресурсов базируется на данных дифференцированного первичного учета. Основа правильного учета – достаточная оснащенность предприятия контрольно-измерительной аппаратурой, обеспечивающей как дифференцированный, так и суммарный учет расхода и возможных потерь.

Основные пути экономии энергии – совершенствование техники, технологии и организации производства, в частности: интенсификация технологических процессов и применение передовой технологии; использование современного энергосберегающего оборудования, сокращение норм расхода на производство продукции во всех подразделениях; уменьшение потерь энергии в оборудовании и сетях; повышение коэффициента использования оборудования; использование вторичных энергоресурсов.

12.4. Структура энергетического хозяйства

В состав энергетического хозяйства машиностроительного завода входят функциональные и производственные подразделения и службы завода и цехов, занятые приемом или выработкой энергоносителей, их распределением, техническим обслуживанием и ремонтом энергетических установок.

Энергетические цехи обычно организуются по отраслевому признаку, т.е. по видам вырабатываемых или распределяемых энергоресурсов. Поэтому в составе энергетического хозяйства крупных машиностроительных заводов создаются цехи: электроснабжения, водоснабжения, паросиловой, газовый, электро-ремонтный, электромеханический, слаботочный и контрольно-измерительных приборов, и автоматики (КИП).

На крупных машиностроительных заводах энергетическое хозяйство возглавляет главный энергетик завода, на небольших заводах оно входит в состав отдела главного механика. Главный энергетик завода подчинен главному инженеру завода. Он руководит работой отдела, подчиненных ему энергетических цехов, осуществляет функциональное руководство цеховыми энергетическими службами, координирует всю работу по снабжению энергоносителями, их распределение, техническое обслуживание и ремонт энергетического оборудования на заводе.

Аппарат отдела главного энергетика состоит из ряда функциональных бюро (групп) и лабораторий (бюро энергоиспользования, энергооборудования, электротехническая и теплотехническая лаборатории и др.). Лаборатории ведут исследовательскую работу по изысканию путей снижения расхода энергоносителей, разрабатывают научно обоснованные нормы расхода. Энергетическая лаборатория выполняет исследования, связанные с экономией электроэнергии, занимается систематической проверкой счетчиков, реле и других электроизме-

рительных приборов, испытанием изоляции. Теплотехническая лаборатория выполняет исследования, связанные с экономией всех видов топлива и других видов энергии и энергоносителей. Бюро энергоиспользования ведает вопросами нормирования, планирования, расчета потребности и организации экономного использования энергоресурсов на заводе и его подразделениях, разрабатывает организационные и технические мероприятия по их рациональному использованию. Бюро энергетического оборудования организует технический уход и ремонт энергетического оборудования на заводе.

Цеховую энергетическую службу возглавляет энергетик цеха, подчиненный начальнику или механику цеха. Он имеет в своем подчинении мастеров и бригадиров, которые, свою очередь, возглавляют бригады рабочих, выполняющих работы по обслуживанию и ремонту энергетического оборудования и энергокоммуникаций цеха: мастеров по электрическим установкам и сетям, по тепловым установкам и вентиляции, а также сменных мастеров или бригадиров по ремонту и обслуживанию энергетического оборудования. Им непосредственно подчиняются дежурные и ремонтные слесари и электрики, закрепленные за оборудованием определенного вида, которые и выполняют работу по его ремонту и обслуживанию.

Важнейшими технико-экономическими показателями энергохозяйства на предприятии являются:

- удельный расход энергии и топлива на единицу продукции по заводу и цехам (например, на одну условную машину, на 1 т жидкого металла, на 1 т поковок и штамповок, на 1 т годных отливок, на один условный комплект деталей);
- общий объем потребляемых энергоресурсов и структура энергобаланса;
- доля затрат на энергоносители и эксплуатацию энергохозяйства в стоимости продукции;
- коэффициент мощности и коэффициент спроса, показывающие степень использования и качество эксплуатации электрооборудования;
- КПД энергопреобразующих процессов (например, при получении сжатого воздуха, пара, тепла);
- энерговооруженность труда, т.е. расход электроэнергии на одного рабочего. Этот показатель характеризует уровень механизации и автоматизации производства и внедрения передовой технологии. С ростом энерговооруженности снижается трудоемкость продукции и растет производительность труда.

ТЕМА 13. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА

- 13.1. Значение операций перемещения в производственном процессе. Классификация транспортных средств.
- 13.2. Грузооборот и грузопотоки.
- 13.3. Выбор транспортных средств для межцехового перемещения. Определение потребности в них.
- 13.4. Внутрицеховые грузопотоки и транспортные средства.
- 13.5. Организация работы внутризаводского транспорта. Основные направления совершенствования грузопотоков и удешевления перевозок.
- 13.6. Подразделения заводского транспортного хозяйства.

13.1. Значение операций перемещения в производственном процессе. Классификация транспортных средств

Протекание производственного процесса на предприятии требует многократного перемещения предметов труда с одного рабочего места на другое в пределах участков и цехов, а также между цехами. При этом транспортные операции нередко определяют ритм производства.

Операции перемещения, протекающие в ходе технологического процесса, выполняются **внутренним транспортом**. Внутренний транспорт подразделяется на межцеховой и внутрицеховой. **Межцеховой транспорт** осуществляет перемещение предметов в пределах предприятия: сырье, материалы, комплектующие изделия – между общезаводскими и цеховыми складами; полуфабрикаты деталей и узлов – между цехами; готовую продукцию – со складов сборочных цехов на общезаводские склады; отходы производства – на заводские отвалы или пункты утилизации. **Внутрицеховой транспорт** перемещает обрабатываемые заготовки, детали, собираемые узлы между участками цеха и между отдельными рабочими местами. Нередко внутрицеховой транспорт определяет и подчиняет работу участков и отдельных рабочих мест принудительному ритму производственного процесса, обеспечивая его непрерывность и ритмичность.

Для бесперебойного протекания процесса производства на предприятии необходима доставка сырья, материалов и других предметов из сферы обращения (от поставщиков). Кроме того, после окончания процесса, результатом которого является готовая продукция, она должна быть перемещена в сферу обращения. Совокупность операций по перемещению на склады предметов труда от поставщиков и вывозу готовой продукции с предприятия выполняется **внешним транспортом** (табл. 13.1). Таким образом, внешний транспорт не связан непосредственно с технологическим процессом. Его функции начинаются и заканчиваются перед началом или окончанием производственного процесса.

**Классификация транспортных средств, применяемых
на машиностроительном предприятии**

Характер движения транспортного средства	Направление перемещения грузов	Вид транспорта	
Прерывного (периодического) действия	Горизонтальное	Рельсовый (железнодорожный)	
		Безрельсовый	
		Водный	
	Горизонтальное и горизонтально-вертикальное	Подъемно-транспортный	
	Горизонтальное	Напольный	
Непрерывного действия	Горизонтальное и горизонтально-вертикальное	Приводные средства	Подвесные дороги и спуски
			Конвейерные устройства
		Бесприводные средства	Гравитационные
			Прочие
Внешний	Внутренний		
	межцеховой	внутрицеховой	
Автомобили, автотягачи, тракторы, грузовые мотоциклы и мотороллеры, специальные автомобили		Автокары, электрокары, троллейкары, механизированные тележки	
Буксиры	-	-	
Подъемные лифты, железнодорожные, автомобильные и тракторные краны		Краны стационарные и передвижные (мостовые краны, передвижные лебедки, домкраты, штабелеры и др.)	
-	Авто- и электропогрузчики		
-	Монорельсовые пути с тельферами, ручными и электрическими тележками		
-	Ленточные, пластинчатые, тележечные, шагающие конвейеры		
-	Канатные монорельсовые устройства	-	
-	Скребокковые подвесные винтовые конвейеры (шнеки)		
-	Междуэтажные спуски		
-	-	Желоба, склизы, спуски, скаты, лотки	
-	-	Рольганги	

Совокупность внешних и внутренних перемещений предметов на предприятии обеспечивается **внутризаводским транспортом**. Под внутризаводским транспортом понимается система сооружений, машин, оборудования, механизмов и устройств, обеспечивающих выполнение всех операций по перемещению

на территории предприятия. Все эти операции, выполняемые внутризаводским транспортом, неразрывно связанные с погрузочно-разгрузочными работами, которые обеспечивают размещение груза на транспортном средстве перед его перемещением и снятие и размещение на складах или на других транспортных средствах после перемещения.

В ходе выполнения операций по перемещению на предприятии используются разные виды транспортных средств и средств выполнения погрузочно-разгрузочных работ, которые могут быть классифицированы по различным признакам:

- по специализации – технологический транспорт, встроенный в технологический процесс для перемещения данных предметов в данном направлении между операциями; транспорт общего пользования, предназначенный для перемещения различных грузов в любом направлении;
- по характеру движения – прерывного, периодического и непрерывного действия;
- по направлению движения грузов – вертикального, горизонтального и вертикально-горизонтального движения;
- по виду выполняемых операций – транспортное, подъемно-транспортное, погрузочно-разгрузочное;
- по характеру транспортных коммуникаций – рельсовый и безрельсовый и др.

Рельсовый (железнодорожный) транспорт применяется в основном для внешних перевозок, и лишь на заводах тяжелого машиностроения, где большие масса и габариты заготовок и деталей (например, многотонных заготовок, корпусов крупных машин и реакторов), его используют для межцеховых перевозок. Преимущества рельсового транспорта – универсальность, регулярность, высокие грузоподъемность и производительность. Рельсовые внутризаводские пути нормальной колеи смыкаются с сетью магистральных железных дорог общего назначения.

Из безрельсовых видов внутризаводского транспорта наибольшее значение для внешних и внутренних перевозок имеет автомобильный, занимающий второе место (после железнодорожного) по внешним перевозкам. Его преимущества – большая маневренность, способность преодолевать крутые подъемы, высокая скорость. В структуре промышленного транспорта увеличение доли внешних и межцеховых перевозок автомобильным транспортом по сравнению с железнодорожным рассматривается как весьма положительная тенденция с экономической и социальной точки зрения.

Кроме автомобильного на машиностроительном предприятии широко используются и другие виды безрельсового транспорта: автотягачи, авто- и электрокары, авто- и электропогрузчики, и др.

Из средств технологического транспорта для межцехового и внутрицехового перемещения в условиях массового производства наиболее эффективными транспортными средствами являются приводные конвейеры (ленточные, подвесные, пластинчатые и др.). Они не только обеспечивают высокий уровень

производительности, высвобождая большое количество вспомогательных рабочих, но и регулируют ритм производства, не занимают производственные площади, легко допускают «перелом» грузопотока в вертикальном и горизонтальном направлениях, являются местом «хранения» значительного запаса.

Из неприводных средств непрерывного транспорта на машиностроительных предприятиях массового и крупносерийного производства для межоперационного перемещения предметов значительное место занимают гравитационные устройства (желоба, склизы, скаты, бесприводные рольганги и др.), перемещение на которых осуществляется под воздействием силы тяжести.

Среди подъемно-транспортного оборудования для межцехового и внутрицехового перемещения грузов применяются различные краны, передвижные лебедки, домкраты, штабелеры, авто- и электропогрузчики и т.д.

13.2. Грузооборот и грузопотоки

Объем грузов, перемещаемых внутризаводским транспортом, измеряется грузооборотом.

Грузооборотом предприятия называют все грузы, прибывшие на завод, отправленные с завода и перемещенные внутри него за определенный период (обычно за год). Он измеряется, как правило, в тоннах.

Различают внешний и внутренний грузооборот. **Внешний грузооборот** – это прибывшие и отправленные грузы, **внутренний** – грузы, перемещенные в пределах предприятия.

Грузооборот определяется исходя из годовой производственной программы предприятия:

- 1) по грузам, прибывающим со стороны (внешний грузооборот), – на основе норм расхода исходных материальных ресурсов (сырья, материалов, комплектующих изделий и др.);
- 2) по отправлению – на основании массы единицы продукции и объема поставок по кооперации, запасных частей, отходов и т.д.;
- 3) по внутризаводским перевозкам – на основании шахматной ведомости внутреннего грузооборота.

Таким образом, общий грузооборот машиностроительного предприятия можно определить по формуле (13.1):

$$\Gamma_{\text{общ}} = \Gamma_{\text{внеш}} + \Gamma_{\text{внутр}} = \Gamma_{\text{приб}} + \Gamma_{\text{отпр}} + \sum_{i=1}^{k_{\text{об}}} \Gamma_{\text{внутр}i} = \sum_{j=1}^n \Gamma_j \text{ [т/год]}, \quad (13.1)$$

где $\Gamma_{\text{внеш}}$ – внешний грузооборот (в зависимости от вида выпускаемой продукции и масштаба производства колеблется от нескольких тысяч до 4-5 млн т/год);

$\Gamma_{\text{внутр}}$ – внутренний грузооборот (зависит от объема производства, специализации цехов и их размера);

$\Gamma_{\text{приб}}$ – грузооборот по прибытии (для машиностроительных предприятий обычно на первом месте стоит металлопродукция (30-40 %), далее – формовочные материалы (до 25 %), твердое топливо (10–15 %), жидкое топливо (8-14 %), лесоматериалы (5-8 %), поставки по кооперации (10-15 %) и др.);

$\Gamma_{\text{отпр}}$ – грузооборот по отправлению (в нем 60-70 % занимает годовая продукция, 10–15 – металлоотходы, 20-25 % – прочие отходы);

$k_{\text{об}}$ – количество объектов;

$\Gamma_{\text{внутр } i}$ – грузооборот между отдельными объектами предприятия.

Для определения каждого из элементов грузооборота составляется соответствующая ведомость (табл. 13.2–13.3).

Таблица 13.2

Ведомость расчета общего грузооборота предприятия по прибытию на год

Наименование груза	Местоназначение	Количество, тыс. т
Формовочные материалы	Склад формовочных материалов	185
Шихтовые материалы	Склад шихтовых материалов	175
Прокат черных металлов:	Склад металла завода	
сортовой		135
листовой		40
Поставки по кооперации	Склад кооперированных изделий	15
Комплектующие изделия	Склад комплектующих изделий	20
Вспомогательные материалы	Центральный склад (главный магазин)	25
Твердое топливо	Склад твердого топлива	24
Жидкое топливо и горюче-смазочные материалы	Склад горюче-смазочных материалов	30
Прочие	Главный магазин	12
Итого		661

Таблица 13.3

Ведомость расчета грузооборота завода по отправлению на год

Наименование груза	Отправитель	Количество, тыс. т
Готовая продукция (машина)	Склад готовой продукции	308,5
Металлоотходы	Склад вторичных металлов завода	62,5
Прочие отходы	Склад отходов	148,2
Итого		519,2

Из приведенных примеров видно, что общий грузооборот предприятия – около 3 млн т в год. При этом основную долю составляет внутренний, превышающий внешний почти в 1,5 раза. На каждую тонну готовой продукции приходится около 8 т перемещаемых грузов (и это без учета внутрицеховых перемещений). С учетом внутрицеховых перемещений на каждую тонну готовой продукции приходится около 40-50 т перемещаемых грузов. Это требует поиска путей рационализации транспортного хозяйства предприятия и удешевления грузоперевозок.

Грузопотоком называют объем грузов, перемещаемых за единицу времени (за год, сутки, смену) в определенном направлении и между определенными пунктами погрузки и разгрузки. Для изучения грузопотоков на предприятии строят их схему (диаграмму). На таких схемах грузопотоки изображают полосами (лентами), соединяющими пункты погрузки и разгрузки (ширина полосы соответствует величине грузопотока в принятом масштабе), а направление перевозок – стрелками (рис. 13.1).

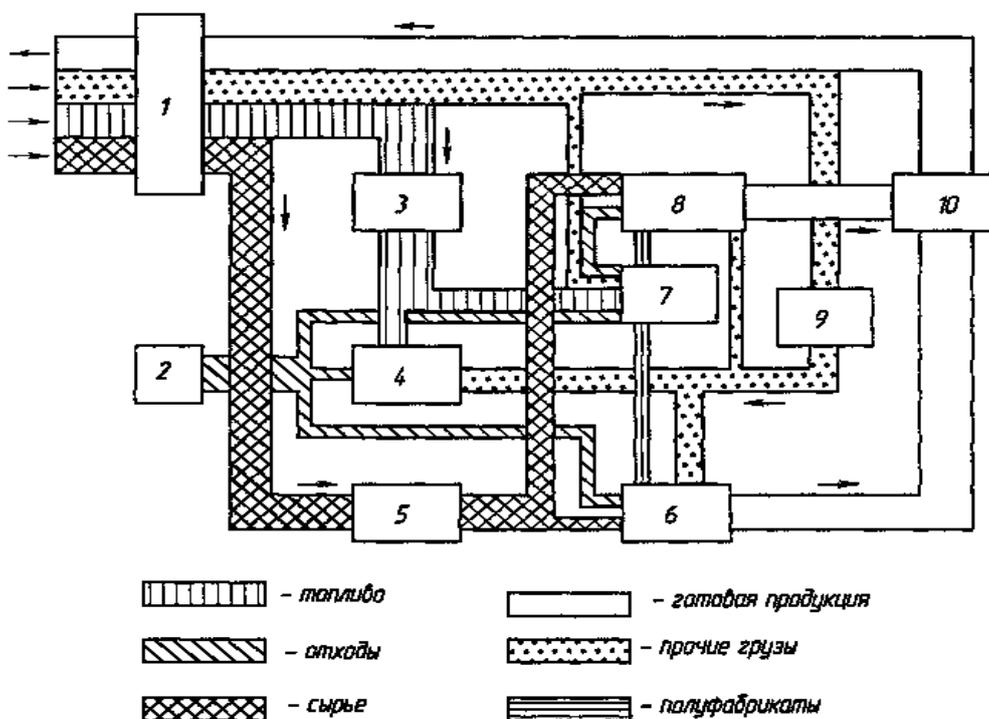


Рис. 13.1. Схема грузопотоков завода: 7–заводская станция; 2–отвал; 3–склад топлива; 4– ТЭЦ; 5–склад сырья; 6–механосборочный цех № 1; 7–заготовительный цех; 8–механосборочный цех № 2; 9–главный магазин; 10–склад готовой продукции

Анализ схемы грузопотоков позволяет выявить и исключить встречные перевозки одних и тех же грузов, уменьшить длину перемещений, проверить грузонапряженность трассы, ее пропускную способность, выявить наиболее напряженные участки грузооборота, наметить мероприятия по рационализации и уменьшению общего грузооборота.

13.3. Выбор транспортных средств для межцехового перемещения. Определение потребности в них

Выбор наиболее эффективного вида транспортных средств для межцеховых перевозок данного предприятия зависит от многих факторов: масштаба и типа производства; компоновки генерального плана; площади территории завода; расстояния перемещения; насыщенности и напряженности транспортных коммуникаций; габаритов и массы груза; вида транспорта и его технических характеристик; вида подъемно-транспортных средств на смежных участках расположенных рядом цехов и др. При этом должны учитываться:

- 1) мощности грузопотока, трассы, расстояния перемещения, габариты и масса груза;
- 2) вид транспортных средств, применяемых в смежных цехах (например, в поточном производстве эффективно применение конвейеров, работающих в одном ритме с технологическим оборудованием);
- 3) необходимость обеспечения максимальной производительности труда на обслуживаемом участке;
- 4) согласование характеристик (грузоподъемность, скорость, производительность) транспортных средств, работающих на смежных участках, чтобы обеспечить максимальный уровень механизации транспортных и погрузочно-разгрузочных работ и уменьшить число грузоперевалок.

Для определения наиболее эффективного вида транспорта необходимо и достаточно знать единичную массу груза в таре, величину грузопотока и дальность транспортировки тарно-штучных грузов. Однако при окончательном выборе транспортных средств для данного предприятия следует учитывать размеры проездов в действующих цехах, поскольку недостаточная их ширина не позволит доставлять грузы непосредственно на производственные участки и придется устраивать в цехах промежуточные склады, откуда предметы будут перевозиться внутри цеха малогабаритным транспортом (механическими и электрическими погрузчиками и электрокарами). Окончательный выбор вида транспортных средств осуществляется после технико-экономического сопоставления вариантов и выбора наиболее оптимального из них.

Количество транспортных средств определяется исходя из объема грузоперевозок между пунктами (обычно среднесуточного), маршрута перевозок, учета неравномерности грузопотока.

На машиностроительных предприятиях применяются маятниковые и кольцевые маршруты (рис. 13.2), при этом маятниковые маршруты могут быть одно- и двусторонними, и веерными.

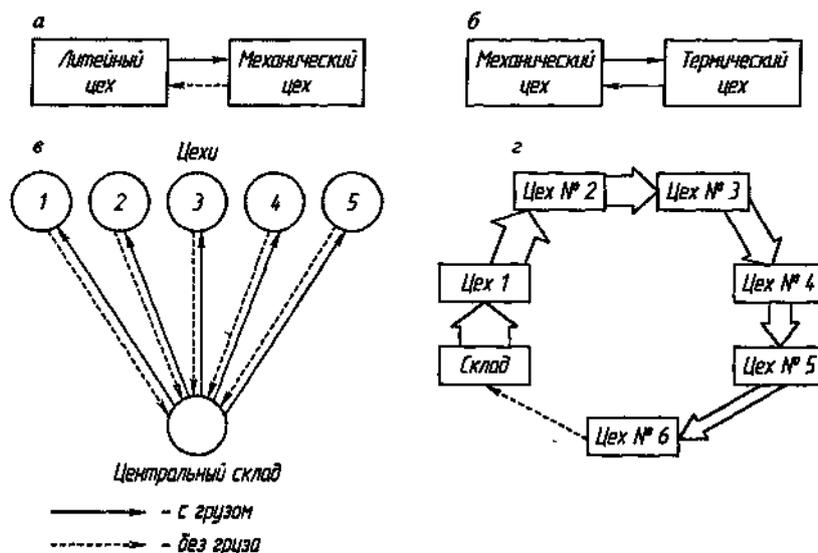


Рис. 13.2. Схемы маршрутов перевозок: а–маятникового одностороннего; б–маятникового двустороннего; в – маятникового вейерного; г–кольцевого с затухающим грузопотоком

При односторонних маршрутах транспортное средство перемещается в одном направлении с грузом, в обратном – порожняком, при двустороннем – в обоих направлениях с грузом. Вейерные маршруты используются для перемещения грузов из одного пункта во многие и наоборот. При кольцевом маршруте груз перемещается в одном направлении. Кольцевые маршруты могут быть затухающими, возрастающими или с равномерным грузопотоком.

В ряде случаев применяются многокольцевые маршруты (рис. 13.3). На крупных заводах с большим количеством цехов и служб более эффективна кольцевая система перевозок, на мелких – маятниковая. Использование кольцевой системы (по сравнению с маятниковой) позволяет обеспечить рост производительности и снижение себестоимости перевозок: на электрокарах с неподъемной платформой – соответственно на 10 и 10 %; на электрокарах с подъемной платформой – 60 и 35; на автокарах с подъемной платформой – 80 и 45 %.

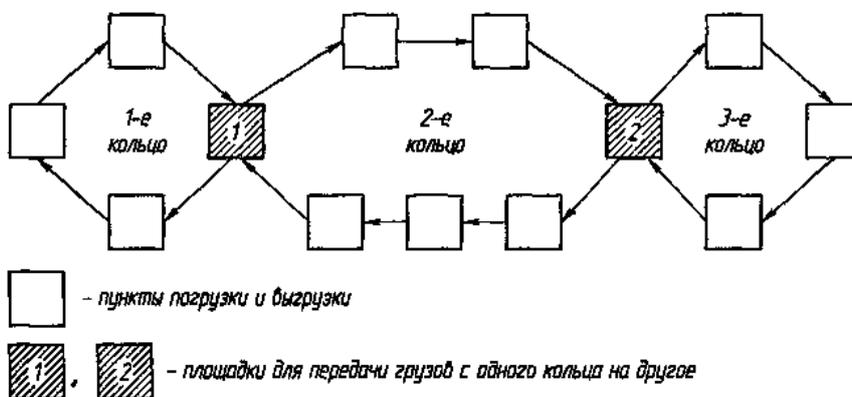


Рис. 13.3. Схема многокольцевого маршрута

Неравномерность грузоперевозок учитывается коэффициентом неравномерности $K_{нрм}$, равным отношению максимально возможного суточного грузооборота к среднесуточному. Обычно большее значение $K_{нрм}$ характерно для прибывающих и отправляемых грузов (неравномерное прибытие вагонов с грузом и задержка подачи порожняка для отгрузки готовой продукции). На машиностроительных заводах этот коэффициент для прибывающих грузов достигает 1,3-2,2, для отправляемых – 1,2-1,7. Неравномерность внутривозовских перевозок меньше, и $K_{нрм}$ обычно равен 1,1-1,4.

Количество транспортных средств определяют с учетом вида транспорта и характера маршрута.

Для транспортных средств периодического действия:

– при одностороннем маятниковом маршруте рассчитывается по формуле (13.2):

$$m_{тр} = \frac{K_{нрм} \Gamma_{сут} (t_{погр} + 2 l/v + t_{разгр})}{qhk_{см} T_{см} K_{ис}}, \quad (13.2)$$

где $m_{тр}$ – расчетная потребность в транспортных средствах данного вида;

$K_{нрм}$ – коэффициент неравномерности грузооборота: $K_{нрм} = 1,1 \dots, 1,4$;

$\Gamma_{сут}$ – суточный грузооборот в одном направлении, т;

$t_{погр}$, $t_{разгр}$, – время однократной погрузки и разгрузки транспортного средства, ч;

l – длина маршрута (расстояние между пунктом погрузки и пунктом разгрузки), км;

v – средняя расчетная скорость движения, км/ч;

q – грузоподъемность транспортного средства, т;

h – коэффициент использования грузоподъемности: $h = 0,6 \dots 0,9$;

$k_{см}$ – количество смен работы транспорта;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$K_{ис}$ – коэффициент использования подвижного состава во времени (принимается в зависимости от вида и сменности работы): для электропогрузчиков – от 0,35 при работе в три смены до 0,55 при работе в одну смену; для автопогрузчиков – от 0,55 до 0,70 соответственно;

– при маятниковом двустороннем маршруте рассчитывается по формуле (13.3):

$$m_{тр} = \frac{K_{нрм} \Gamma'_{сут} (t_{погр} + 2 l/v + t_{разгр})}{qhk_{см} T_{см} K_{ис}}, \quad (13.3)$$

где $\Gamma'_{сут}$ – суточный грузооборот в обоих направлениях, т;

– при одностороннем веерном маршруте рассчитывается по формуле (13.4):

$$m_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n \frac{K_{\text{нрм}} \Gamma_{\text{сут}} (t_{\text{погр}} + 2 l/v + t_{\text{разгр}})}{qhk_{\text{см}} T_{\text{см}} K_{\text{ис}}} \quad (13.4)$$

где n – количество лучей веера.

Для кольцевых маршрутов:

– с нарастающим грузопотоком рассчитывается по формуле (13.5):

$$m_{\text{тр}} = \frac{K_{\text{нрм}} \Gamma_{\text{сут}} (l_{\text{к.м}}/v + k_{\text{п-р}} t_{\text{погр}} + t_{\text{разгр}})}{qhk_{\text{см}} T_{\text{см}} K_{\text{ис}}} \quad (13.5)$$

где $l_{\text{к.м}}$ – длина всего кольцевого маршрута, км;

$k_{\text{п-р}}$ – количество погрузочно-разгрузочных пунктов по всей длине маршрутов;

– с затухающим грузопотоком рассчитывается по формуле (13.6):

$$m_{\text{тр}} = \frac{K_{\text{нрм}} \Gamma_{\text{сут}} (l_{\text{к.м}}/v + k_{\text{п-р}} + t_{\text{погр}} + t_{\text{разгр}})}{qhk_{\text{см}} T_{\text{см}} K_{\text{ис}}} \quad (13.6)$$

– с равномерным грузопотоком рассчитывается по формуле (13.7):

$$m_{\text{тр}} = \frac{K_{\text{нрм}} \Gamma_{\text{сут}} (l_{\text{к.м}}/v + k_{\text{п-р}} (t_{\text{погр}} + t_{\text{разгр}}))}{qhk_{\text{см}} T_{\text{см}} K_{\text{ис}}} \quad (13.7)$$

13.4. Внутрицеховые грузопотоки и транспортные средства

К транспортным операциям в цехах машиностроительного завода относятся перемещения как в пределах цеха, так и в пределах отдельных пролетов, производственных участков и рабочих мест. В связи с этим грузопотоки можно разделить на общецеховые, межпролетные и межоперационные.

Каждый из цехов машиностроительного завода имеет свои особенности в организации грузопотоков и выборе транспортных средств.

Наибольший грузооборот (в расчете на единицу продукции) имеют литейные цехи. На 1 т годных отливок перемещается до 20 т различных грузов (формовочных, шихтовых материалов, опок, готовых форм, жидкого металла, отходов, отливок для обрубки, отжига и т.д.). При этом в грузообороте литейного цеха значительную долю занимают операции по вертикальному перемещению грузов. Поэтому среди подъемно-транспортных средств большой удельный вес имеют мостовые и консольные краны (для подачи и загрузки металлошихты, заливки металла и т.д.). Для напольного перемещения используются рельсовые тележки, электрокары, рольганги (для подачи опок), ленточные конвейеры (для подачи формовочных материалов). Тележечные конвейерные линии в условиях

крупносерийного и массового производства применяются для перемещения форм при их сборке и заливке, а также охлаждении отливок.

В кузнечном производстве, где технологический процесс состоит из трех основных операций (нагрев, ковка или штамповка и реже обрезка), для межоперационного перемещения тяжелых уникальных поковок применяются мостовые краны, для более мелких поковок и штамповок – монорельсовые краны и подъемники, для мелких – пластинчатые конвейеры.

В механических цехах выбор транспортных средств зависит от способа расстановки оборудования, который определяется типом производства. В единичном и мелкосерийном производстве, для которого характерно формирование участков по технологическому признаку, используются преимущественно мостовые краны, механические и электропогрузчики, авто- и электрокары. В крупносерийном и массовом производстве при расстановке оборудования по ходу технологического процесса применяются бесприводные и приводные транспортные средства непрерывного действия (склизы, скаты, рольганги, бункеры с питателями-распределителями, рабочие и распределительные конвейеры).

В сборочном производстве выбор транспортных средств зависит от типа производства, габаритов и массы деталей, массы собираемых машин, метода сборки (стационарная или подвижная). Обычно для сборки крупных изделий с перемещением от операции к операции используют непрерывные и пульсирующие конвейеры.

В единичном и мелкосерийном производстве, где обычно собираются на стационарных стендах массивные, крупногабаритные изделия, основным видом погрузочно-транспортного оборудования являются мостовые, консольные и монорельсовые краны. Для перевозки небольших и массовых изделий (например, крепежных) используются различные виды безрельсового авто- и электро-транспорта (погрузчики, авто- и мотокары и др.). В серийном производстве, где общая сборка осуществляется на специальных сборочных тележках, а узловая – на специализированных участках, для перемещения деталей и узлов применяются в основном различные виды напольного транспорта. В массовом и крупносерийном производстве общая сборка осуществляется на подвесном сборочном конвейере, к которому примыкает конвейер по сборке отдельных узлов, а также конвейеры по подаче агрегатов и комплектующих изделий. Для этого используются различные виды напольных и подвесных конвейеров (ленточные, цепные, конвейеры с автоматическим адресованием и др.)

Потребность в подъемно-транспортном оборудовании для цеха, как и для межцеховых перевозок, определяется исходя из объема грузооборота и производительности транспортных средств.

Потребное количество электро- и автокаров рассчитывается по формуле (13.8):

$$m_{\text{расч}} = \frac{K_{\text{нрм}} \Gamma_{\text{сут}} (k_{\text{п.п}} + l)(t_{\text{погр}} + l/v + t_{\text{разгр}})}{q h k_{\text{см}} T_{\text{см}} K_{\text{ис}}}, \quad (13.8)$$

где $k_{п.п} + 1$ – среднее количество передач партий деталей между операциями, на склад и со склада.

Потребное количество кранов рассчитывается по формуле (13.9):

$$m_{расч} = \Gamma_{сут} k_{оп} T_{ц} / (k_{см} T_{см} K_{ис}), \quad (13.9)$$

где $k_{оп}$ – количество крановых операций на единицу подъемно-транспортных операций (на 1 т, одну деталь и т.д.);
 $T_{ц}$ – длительность цикла обработки грузарассчитывается по формуле (13.10):

$$T_{ц} = \frac{2,5N_{п(о)}}{v_{п(о)}} + 2 \left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} \right) \quad (13.10)$$

где $N_{п(о)}$ – средняя высота подъема (опускания) груза, м;
 $v_{п(о)}$ – скорость подъема (опускания) груза, м/мин;
 l_1, v_1 – средняя длина пути движения тележки, каретки крана, м, и соответствующая скорость, м/мин;
 l_2, v_2 – средний путь перемещения крана, м, и соответствующая скорость, м/мин.

Расчетное количество конвейеров для перемещения грузов рассчитывается по формуле (13.11):

$$m_{расч} = \Gamma_{час} / q_{час}, \quad (13.11)$$

где $\Gamma_{час}$ – часовой грузооборот, т/ч;
 $q_{час}$ – часовая производительность конвейера, т/ч.

Часовая производительность определяется следующим образом:

– при перемещении сыпучих грузов (в литейных цехах) рассчитывается по формуле (13.12):

$$q_{час} = 3,6 q_{метр} v_{кон}, \quad (13.12)$$

где $q_{метр}$ – нагрузка на 1 погонный метр, кгс;
 $v_{кон}$ – скорость конвейера, м/с.

– при перемещении штучных грузов на подвесном круговом конвейере) рассчитывается по формуле (13.13):

$$q_{час} = 3,6 M v_{кон} / l, [т/ч] \quad (13.13)$$

где M – масса груза, т;

l – расстояние (шаг) между двумя контейнерами.

– при перемещении штучных грузов в специальной таре по n штук на поточной линии рассчитывается по формуле (13.14):

$$q_{\text{час}} = 3,6 M n v_{\text{кон}} / l_{\text{кон}}, \quad (13.14)$$

Основным направлением улучшения использования внутрицеховых транспортных средств является сокращение расстояний перемещения и более полное использование их производительности и грузоподъемности.

13.5. Организация работы внутризаводского транспорта. Основные направления совершенствования грузопотоков и удешевления перевозок

Правильная организация работы внутризаводского транспорта создает условия как для рационального использования всех транспортных средств и подъемно-транспортного оборудования, уменьшения времени выполнения операций по погрузке, разгрузке и перемещению грузов, так и для сокращения длительности производственного цикла и обеспечения ритмичности работы отдельных цехов и завода в целом.

Работа железнодорожного транспорта должна быть согласована со станцией примыкания дороги общего пользования и заводской сортировочной станцией. Это согласование достигается путем составления единого графика работы заводского транспорта, его сортировочной станции и станции примыкания. При этом необходимо учитывать порядок и количество вагонов, подаваемых на подъездные пути предприятия, время простоя вагонов на путях предприятия, сроки возврата вагонов на пути общего пользования, порядок оформления передачи и сдачи вагонов и т.д., а также согласовывать сроки обработки вагонов с графиком движения поездов на дороге общего пользования с заводскими перевозками.

Рациональная организация внешних перевозок автомобильным транспортом достигается при централизованных перевозках автотранспортными компаниями или автопарком поставщика (грузоотправителя). В этом случае ответственность перед автотранспортной компанией за погрузку, разгрузку, ожидание, простои несет грузоотправитель. Погрузка осуществляется средствами и силами поставщика, разгрузка – силами и средствами получателя. При этой системе перевозок уменьшается время работы грузчиков и их количество, так как отпадает необходимость их перевозки при порожнем пробеге автомобилей, повышается заинтересованность грузоотправителя в механизации погрузочных работ. В целом: централизованные перевозки обеспечивают повышение производительности труда при погрузке и перемещении в 3–4 раза, повышается уровень использования транспорта в 2–3 раза, снижаются затраты на перемещение грузов примерно на 30 %.

Работа межцехового транспорта согласуется с работой производственных цехов. При стабильных грузопотоках, характерных для массового и крупносерийного производства, разрабатываются стандартные графики межцеховых перевозок с указанием маршрута и времени на погрузку, перемещение, разгрузку. Эти графики отражают последовательность выполнения транспортных операций, а также количество транспортных средств или вагонов, подаваемых и убираемых за каждый цикл работы. На крупных заводах с развитой железнодорожной сетью организация перевозок требует деления сети на районы, каждый из которых обслуживается поездом, движущимся по кольцевому маршруту. За каждым маршрутом закреплены локомотивы и вагоны, предназначенные для перемещения грузов между цехами данного района.

Централизованные маршрутные перевозки между цехами автомобильным транспортом также согласуются с технологическим процессом основных производственных цехов и осуществляются по заранее составленному графику. Этот график предусматривает подачу грузов в цех в строго определенное время во избежание простоев транспорта и срыва запуска в производство очередной партии заготовок либо деталей или подачи готовых деталей и узлов на сборку.

В единичном и мелкосерийном производстве в условиях переменного грузопотока графики движения транспорта должны отражать текущую потребность завода. Они составляются на основании суточных заявок, поступающих от цехов и складов. При такой организации работы транспорта, когда предусматривается только конечная операция подачи вагона или автомобиля к месту назначения, уровень использования транспорта будет значительно ниже, так как заранее не удастся согласовать работу всех элементов транспорта друг с другом, с движением других составов, временем погрузки-разгрузки, подборкой необходимого количества вагонов, их использованием и т.д.

Организация внутрицеховых перевозок зависит также от типа производства. В цехах крупносерийного и массового производства для межоперационного перемещения применяется в основном непрерывный транспорт. Работа транспорта вспомогательных отделений и участков строго согласуется с ритмом основных операций. Так, в литейном цехе подача шихтовых, формовочных материалов, перемещение опок, годных отливок и брака строго согласуется с работой формовочно-заливочного конвейера и осуществляется по графику работы общецехового транспорта на смену.

В кузнечных цехах, где в большинстве случаев используется транспорт с периодическим движением (краны, авто- и электропогрузчики, манипуляторы и др.), этот транспорт становится составной частью основного процесса получения поковок и штамповок, поэтому его работа регламентируется ходом основного процесса. Периодическая доставка металла в заготовительное отделение, перевозка штампов, готовых заготовок на склад, а также перемещение в термическое отделение осуществляет общецеховой транспорт.

В механических цехах наряду со штучной передачей деталей с помощью средств непрерывного транспорта (склизы, скаты, конвейеры) нередко приме-

няется передача деталей партиями, для чего используются различного рода тележки.

В сборочных цехах массового производства не только межоперационную передачу собираемых машин, но и перемещение готовых узлов осуществляют с помощью конвейеров.

В единичном и мелкосерийном производстве вся работа по межоперационному перемещению в основном процессе и выполнению вспомогательных операций возлагается на общецеховой транспорт. Он осуществляет доставку полуфабрикатов, заготовок, инструмента, смазочных и других материалов со складов на рабочие места, вывоз готовой продукции, отходов, а также межпролетные перевозки уникальных заготовок и деталей, а в некоторых случаях выполняет функции межцехового транспорта. При этом в случае группового размещения станков в единичном и мелкосерийном производстве детали передаются на участок для выполнения только одной операции, после чего направляются на другой участок для выполнения следующей операции. В этом случае перемещения между станками на участках, как правило, отсутствуют, поэтому межоперационные перемещения превращаются в межучастковые, осуществляемые общецеховым транспортом по маршрутным картам.

При формировании участков по предметному признаку, когда детали полностью обрабатываются на данном участке, транспортные средства выполняют только межоперационные перемещения, поэтому закрепленный транспорт в этом случае подчиняется общему ритму технологического процесса, а также графику передачи предметов на другие участки.

Итак, важным элементом процесса преобразования исходных ресурсов (материалов) в готовую продукцию на предприятии является перемещение их как от стадии к стадии процесса, так и от операции к операции.

Анализ грузопотоков в производственном процессе позволяет наметить пути совершенствования технологических и транспортных операций, составить оптимальные маршруты обработки и перемещения, обеспечивающие значительную экономию затрат на изготовление продукции и отдельных ее частей. При этом использование мало- и безотходной технологии не только уменьшает объем обработки, но и обеспечивает большую экономию материалов и средств на транспортировку.

Использование новейших достижений в выполнении технологических операций нередко обеспечивает и более рациональное построение транспортных операций. Так, применение многопозиционных и многооперационных металлорежущих станков типа обрабатывающего центра с программным управлением, на которых могут выполняться практически все операции механической обработки деталей, полностью исключает межоперационные перемещения и значительно упрощает движение деталей в совокупном процессе, а, следовательно, и пространственно-временную организацию производственного процесса.

13.6. Подразделения заводского транспортного хозяйства

На крупных машиностроительных предприятиях руководство транспортным хозяйством возлагается на транспортный отдел, возглавляемый начальником отдела или директором транспортного хозяйства, который подчиняется заместителю директора (генерального директора) по коммерческой части (рис. 13.6). Транспортный отдел состоит из функциональных подразделений, занятых организацией и планированием перевозок, организацией труда и его оплаты, нормированием, кадрами и др.

Транспортному отделу подчинены железнодорожный цех и цех автомобильного транспорта (автохозяйство), каждый из которых имеет оперативно-производственный аппарат, именуемый в железнодорожном цехе службами, а в цехе автомобильного транспорта – отделами и производственными подразделениями.

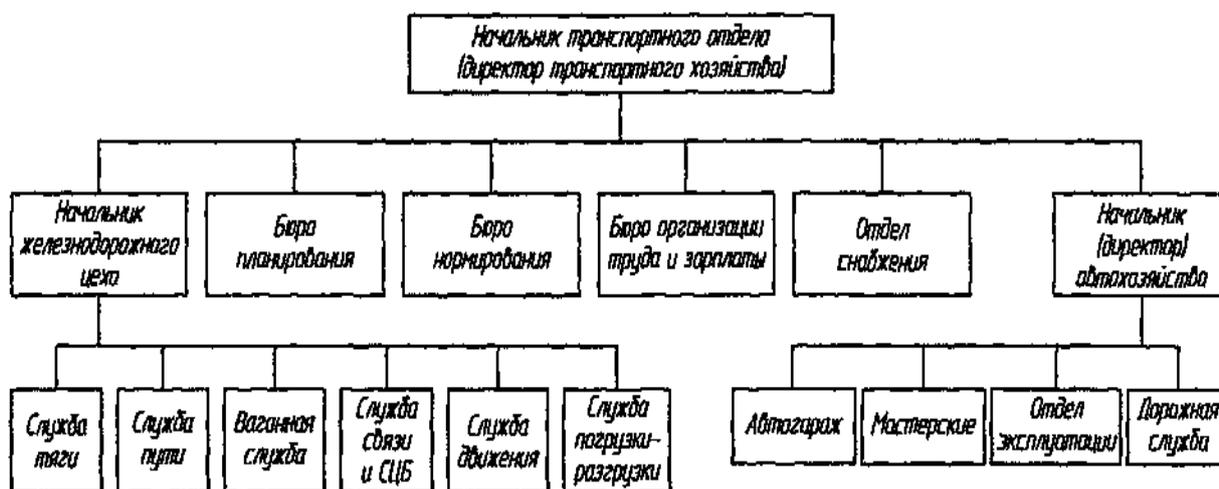


Рис. 13.4. Структурная схема транспортного хозяйства машиностроительного завода

Железнодорожный цех состоит из следующих служб: тяги, вагонной, пути, движения; связи, сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ); погрузки и разгрузки. Название службы говорит о выполняемых ею функциях. Служба тяги ведает содержанием и ремонтом локомотивов и железнодорожных кранов. Вагонная служба выполняет работы по содержанию и ремонту вагонов собственного парка, а также по приемке и сдаче вагонов общего пользования на передаточных пунктах. Служба пути занята поддержанием и ремонтом железнодорожных путей предприятия. Служба движения организует все перевозки железнодорожным транспортом, руководствуясь планом перевозок, графиками движения, и оперативно регулирует перевозки при помощи своего диспетчерского аппарата. Эта же служба ведет учет оборота вагонов местного парка и вагонов общего пользования. Служба связи и СЦБ наблюдает за эксплуатацией всех средств связи, централизации и блокировки и осуществляет их ремонт. Служба погрузки и разгрузки выполняет все погрузочно-разгрузочные работы на железнодорожном транспорте.

Автомобильное хозяйство имеет в своем составе подразделения, которые осуществляют эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание всего парка машин. В частности, на автогараж возлагаются функции по приему автомобилей, их хранению, выпуску на линию, на автомастерские – техническое обслуживание и ремонт машин, на отдел эксплуатации – планирование и диспетчирование работы подвижного состава. Дорожная служба следит за состоянием, содержанием и ремонтом автомобильных дорог и подъездных путей.

Основные показатели работы транспортного хозяйства – объем перевозок, производительность труда, себестоимость перемещения 1 т или 1 т-км, себестоимость работы 1 машино-часа, затраты на содержание транспортного хозяйства, доля затрат на транспорт в себестоимости продукции. Показателями использования отдельных видов транспортных средств являются коэффициенты использования по времени, грузоподъемности, пробегу, средняя техническая скорость и др.

ТЕМА 14. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СНАБЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ОРГАНИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

14.1. Движение материальных ресурсов на предприятии. Регулирование запасов материалов.

14.2. Приемка и размещение материалов. Виды складов и типы складских помещений.

14.3. Снабженческие склады.

14.4. Производственные склады.

14.5. Нормирование и определение потребности в материальных ресурсах. Заводские органы материально-технического снабжения.

14.1. Движение материальных ресурсов на предприятии. Регулирование запасов материалов

С позиций системного подхода предприятие представляется как система, опосредующая движение материальных потоков от источников ресурсов до потребителей для преобразования их в удобную для потребителей форму.

Материальные ресурсы принимают на предприятии форму предметов труда. Предметы труда, используемые в производстве, подразделяются на две принципиально отличные друг от друга группы: основные и вспомогательные материалы. По степени изменения свойств и сфере приложения к ним труда основные предметы труда подразделяют на пять групп:

- 1) сырье;
- 2) прочие материалы;
- 3) полуфабрикаты;
- 4) покупные детали;
- 5) комплектующие изделия.

Это разделение имеет принципиальное значение. Чем выше группа (считая от первой), тем меньше материальные и трудовые затраты на предприятии, выпускающем продукцию, и тем ниже ее стоимость. Это связано с тем, первичная и последующая переработка исходных материалов в готовые элементы продукции проходит на специализированных предприятиях, осуществляется в массовом масштабе, обеспечивая экономию материальных и трудовых ресурсов.

Вспомогательные материалы – это материальные ресурсы, использование которых в производстве прямо или косвенно способствует протеканию основного процесса, т.е. преобразованию основных предметов труда в готовый продукт. По назначению их можно разделить на три группы:

- 1) используемые для непосредственного превращения основных материалов в готовый продукт;
- 2) для поддержания в работоспособном состоянии средств труда;
- 3) для обслуживания работающего персонала предприятия.

Характерная особенность материалов первой и третьей групп состоит в том, что они, присоединяясь к стоимости продукции, безвозвратно уходят с

предприятия, тогда как часть материалов второй группы может утилизироваться или повторно использоваться на предприятии после восстановления (использование тепла отходящих газов, масла, оборотное водоснабжение и т.д.).

Нормы расхода материальных ресурсов взаимозависимы и обусловлены уровнем использования научно-технических достижений как при получении самих материалов, так и в технологии их обработки, конструкции самого продукта и отдельных его элементов. Получение более прочных материалов, применение новейших методов их обработки, замена металлов пластмассами уменьшают их расход и вместе с тем снижают потребность во вспомогательных материалах.

Ресурсосбережение на предприятии обеспечивается за счет более рациональных конструкторских, технологических и организационных решений.

Общая сводка путей и методов экономии материалов представлена на рис. 14.1.

Основные пути экономии материалов			
Уменьшение расхода	Уменьшение материалоемко-	Удлинение срока службы изделий	Основные методы» обеспечивающие экономию материалов
Повышение рабочих параметров изделий (производительность, ско-		-	
-	Использование высокопрочных и антикоррозийных материалов		
Использование новых видов эффективных материалов			
-	Конструирование изделий с долговечными и равнопрочными элементами		
Использование мало- и безотходных технологий		-	
-	Использование новейших методов упрочнения материалов и защиты их от коррозии		
	Тщательные испытания и доводка изделий		
	-	Повышение уровня ремонтпригодности изделий	

Рис. 14.1. Пути и методы экономии материалов при изготовлении и эксплуатации изделий

Движение материальных ресурсов внутри предприятия начинается с их складирования. Необходимость последнего возникает в связи с изменением скорости движения ресурсов в транспортной и производственной системах. Общая схема материальных потоков на предприятии приведена на рис. 14.2.

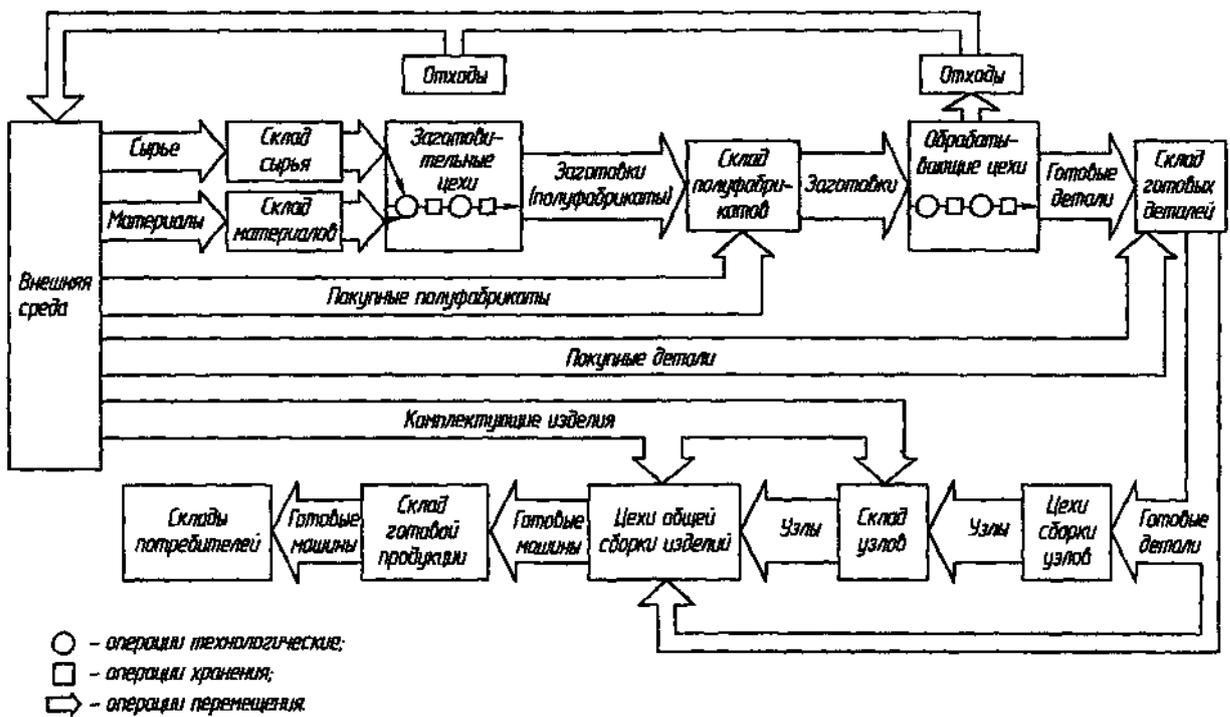


Рис. 14.2. Схема движения материальных ресурсов на предприятии

Несовпадение скорости и времени производства и потребления материалов неизбежно ведет к образованию производственных запасов. Наличие производственных запасов материальных ресурсов является непременным условием обеспечения непрерывности процесса преобразования их в готовый продукт. Производственный запас состоит из двух элементов – текущего и страхового.

Текущий запас предназначается для обеспечения непрерывности производства в период между двумя поставками материалов. Он неизбежно возникает при периодической транспортировке материала от поставщика потребителю дискретным транспортом (железнодорожным, водным, автомобильным и воздушным) партиями, превышающими дневной расход. При непрерывной транспортировке (передача жидких материалов по трубам или сыпучих по непрерывным транспортерам) текущий запас материалов на предприятии не образуется. Величина текущего запаса материалов меняется от максимальной в день их поступления до нуля перед днем прибытия новой партии.

Страховой (резервный) запас создается специально для обеспечения непрерывного хода производства на случай задержки поступления очередной партии материалов или перерывов в работе непрерывного транспорта. Этот запас при отсутствии отклонений в сроках поставки не расходуется, его величина остается постоянной.

Потребителю (при прочих равных условиях) целесообразно иметь как можно меньший текущий запас материалов: меньше площади складов и затраты на хранение. Однако если этот запас будет ниже определенной минимальной величины, то потребитель может понести значительные дополнительные издержки. Всякое уменьшение партии поставки по сравнению с минимальной партией транспортировки (по вместимости транспортного средства) приведет к

значительному удорожанию материала вследствие роста транспортных издержек. Кроме того, потребитель несет постоянные расходы, связанные с оформлением каждой новой партии заказа материала. Эти расходы не зависят от размера партии поставки, поэтому, чем она больше, тем меньше их доля на единицу материала.

Экономически оптимальный размер $n_{п.п}$ партии поставки определится следующим образом:

- при хранении на универсальном складе по формуле (14.1)

$$n_{п.п} = \sqrt{2MS_{п.п}/(\beta C_m)}; \quad (14.1)$$

- при хранении на специальном складе по формуле (14.2)

$$n_{п.п} = \sqrt{MS_{п.п}/(\beta C_m)}; \quad (14.2)$$

где M – годовой объем потребляемых материалов;

$S_{п.п}$ – постоянные затраты, связанные с поставкой одной партии (включая затраты на оформление и плату за повагонную поставку);

β – затраты на хранение единицы материала в долях от его стоимости;

C_m – стоимость материала.

Расчетная величина $n_{п.п}$ должна быть скорректирована с учетом требований производства и транспортировки материалов, т.е. она должна быть не меньше размера транспортной партии или больше ее в целое число раз.

Как указано выше, страховой запас должен всегда храниться у потребителя и обеспечивать бесперебойный ход производства в случае задержки поступления очередной партии поставки по различным причинам. Не существует точных методов его определения, хотя имеется много методов и формул для приближенного расчета этой величины. Сложность заключается в том, что трудно определить с большой степенью вероятности возможное время задержки, а еще труднее подсчитать потери, связанные с возможным срывом хода производства.

Одним из наиболее научно обоснованных является метод статистического анализа. Если нарушения в сроках поставки подчиняются закону нормального распределения, то среднеквадратичное отклонение σ в сроках поставки определяется по формуле (14.3):

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 n_i}{\sum n_i}}, \quad (14.3)$$

где x_i – фактический срок поставки в i -м периоде;

\bar{x} – средняя (или плановая) длительность периода поставки;

$\sum n_i$ – количество наблюдаемых периодов поставки.

Затем по таблице вероятностей функции нормального распределения находится гарантийный процент бесперебойной работы предприятия при различной величине страхового запаса. При этом страховой запас в натуральном выражении $Z_{стр}$ определится по формуле (14.4):

$$Z_{стр} = \sigma d_{ср}, \quad (14.4)$$

где $d_{ср}$ – среднедневной расход материала.

Движение текущих и страховых запасов показано на рис. 14.3.

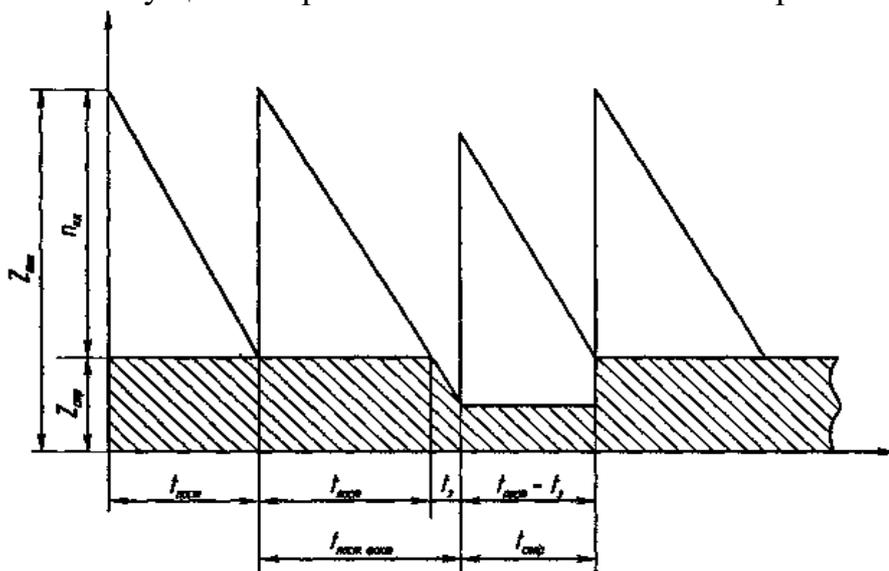


Рис. 14.3. Схема движения запасов материалов на складе потребителя: $Z_{тек}$ – текущий запас; $Z_{стр}$ – страховой запас; $n_{п.п.}$ – нормативный размер партии поставки; $t_{пост}$ – нормативный период поставки; $t_{пост.факт}$ – фактический период поставки; $t_з$ – время задержки поставки очередной партии; $t_{сокр}$ – сокращенный (компенсационный) срок поставки, равный $t_{пост}$

Для своевременного обеспечения производства материальными ресурсами используются согласованные с планом производства конечной продукции системы MRP1 («планирование потребности материалов») (ППМ) и MRP2 («планирование производственных ресурсов») (ППР).

Система ППМ используется для управления поставками материалов и комплектующих изделий в условиях «зависимого» спроса, т.е. спроса на материальные ресурсы, определенного сроками изготовления отдельных частей и деталей изделия и сборки конечной продукции. Для разработки такого плана осуществляется разузлование каждого изделия во времени по длительности цикла изготовления различных деталей и срокам подач на сборочные работы. На основании такого разузлования устанавливаются точки (время) заказа, сроки и графики поставок материалов и сроки изготовления отдельных деталей, сборки узлов, агрегатов и изделия в целом (рис. 14.4).

Цикловой график определяет сроки поставок и количество необходимых материалов по каждому виду (табл. 14.1).

Таблица 14.2

Планирование потребности в материалах по срокам

Показатель	Номер недели										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Материал											
Общие потребности											
Поступление по графику											
Наличные запасы											
Чистые потребности производства											
Заказ											

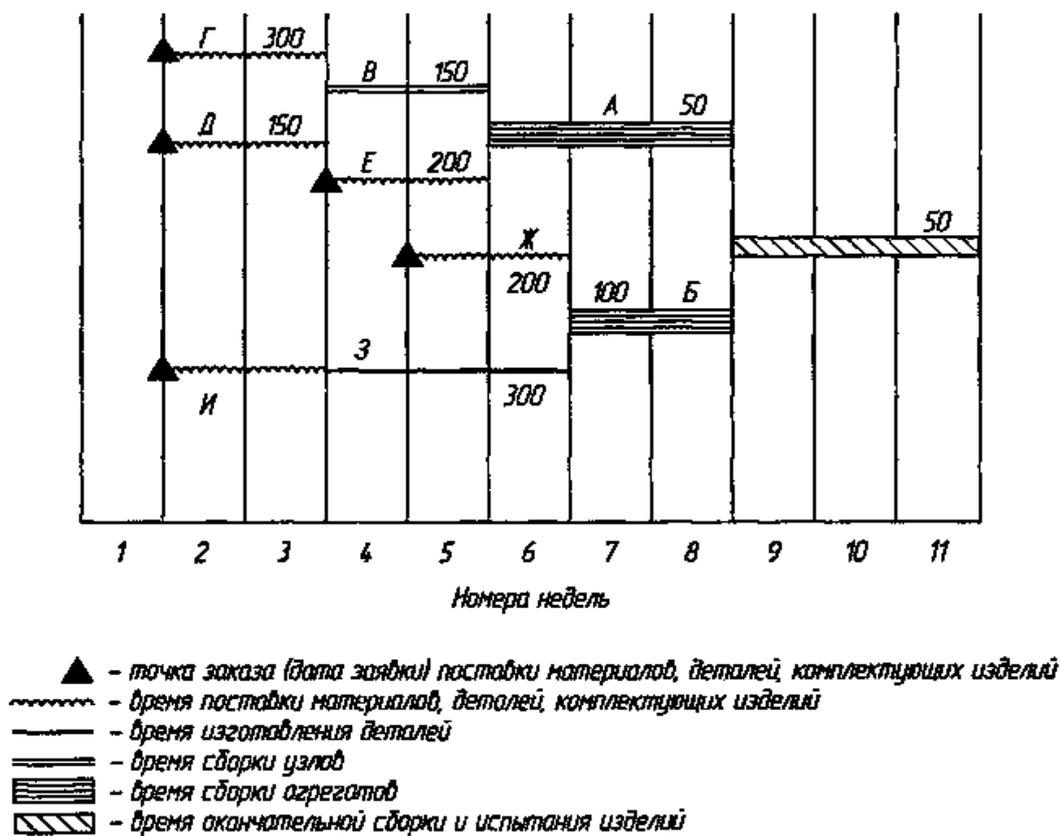


Рис. 14.4. Цикловой график изготовления изделий с указанием сроков заказов и поставок материалов, необходимых для выпуска готовой продукции в количестве 50 ед.:
 А,..., И—наименование узлов и деталей; 50-300 – их количество

Планирование потребности в материалах начинается с формирования портфеля заказов, на основании которого устанавливаются сроки изготовления конечной продукции и разрабатывается цикловой график, который использует-

ся для расчета объема и сроков обеспечения всеми видами материальных ресурсов. Рассчитанная потребность в материалах согласуется с производственной мощностью предприятия, и если мощность окажется недостаточной, то операции производства корректируются в соответствии с ней, а затем корректируется и потребность в материалах. Схема согласования объема заказов, производственной мощности, планов материального обеспечения и плана-графика выпуска конечной продукции показана на рис. 14.5.

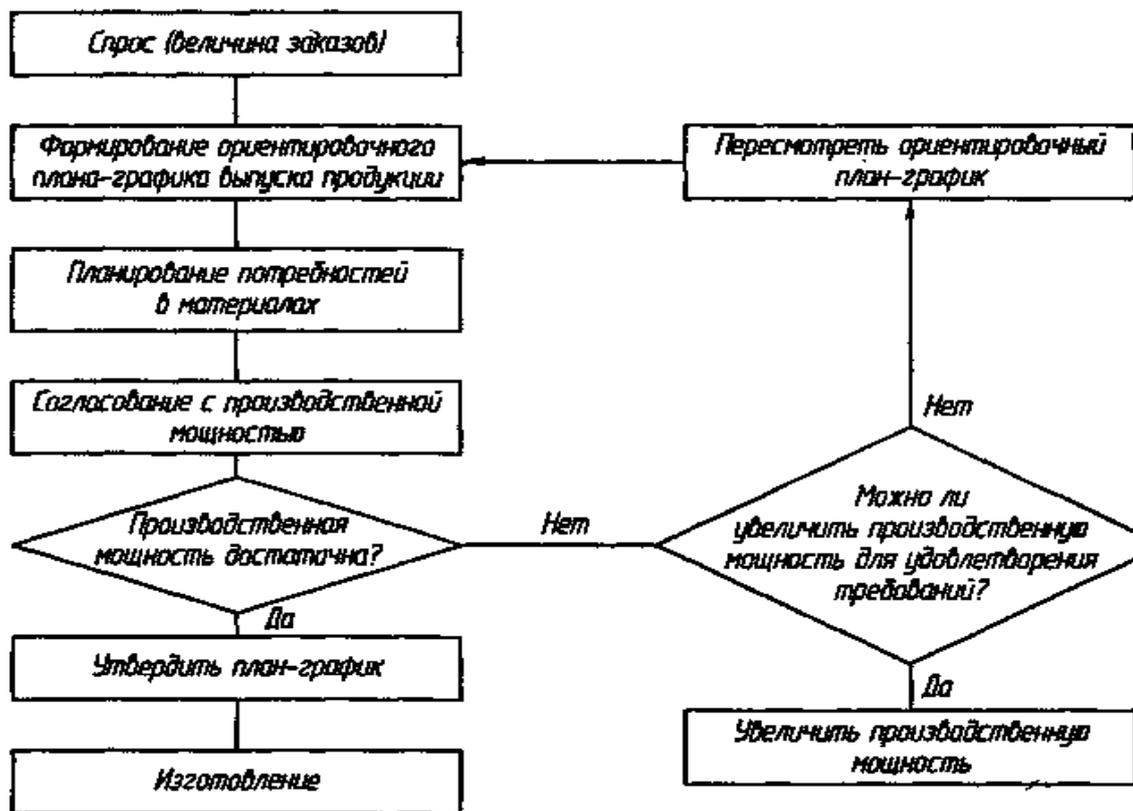


Рис. 14.5. Схема взаимосвязи работ по планированию производства, материальному обеспечению и производственной мощности по системе ППМ

При использовании системы ППР, как и в предыдущем случае, потребность во всех видах материалов, деталей, комплектующих изделий планируется на базе основного графика производства, но при этом учитываются и другие области деятельности предприятия (бизнес-планирование, финансовое планирование, маркетинговые исследования, условия производства, обеспеченность рабочей силой, техническая документация). Она является как бы дальнейшим развитием системы ППМ (рис. 14.6).

Таким образом, системы ППМ и ППР устанавливают взаимосвязь сроков выполнения заказов на отгрузку изделий и сроков начала и окончания обработки деталей со сроками поставки всех видов материалов на основе опережений, определяемых по структуре производственного цикла изготовления изделий, благодаря чему уменьшаются общие запасы материалов при полной материальной обеспеченности производства.

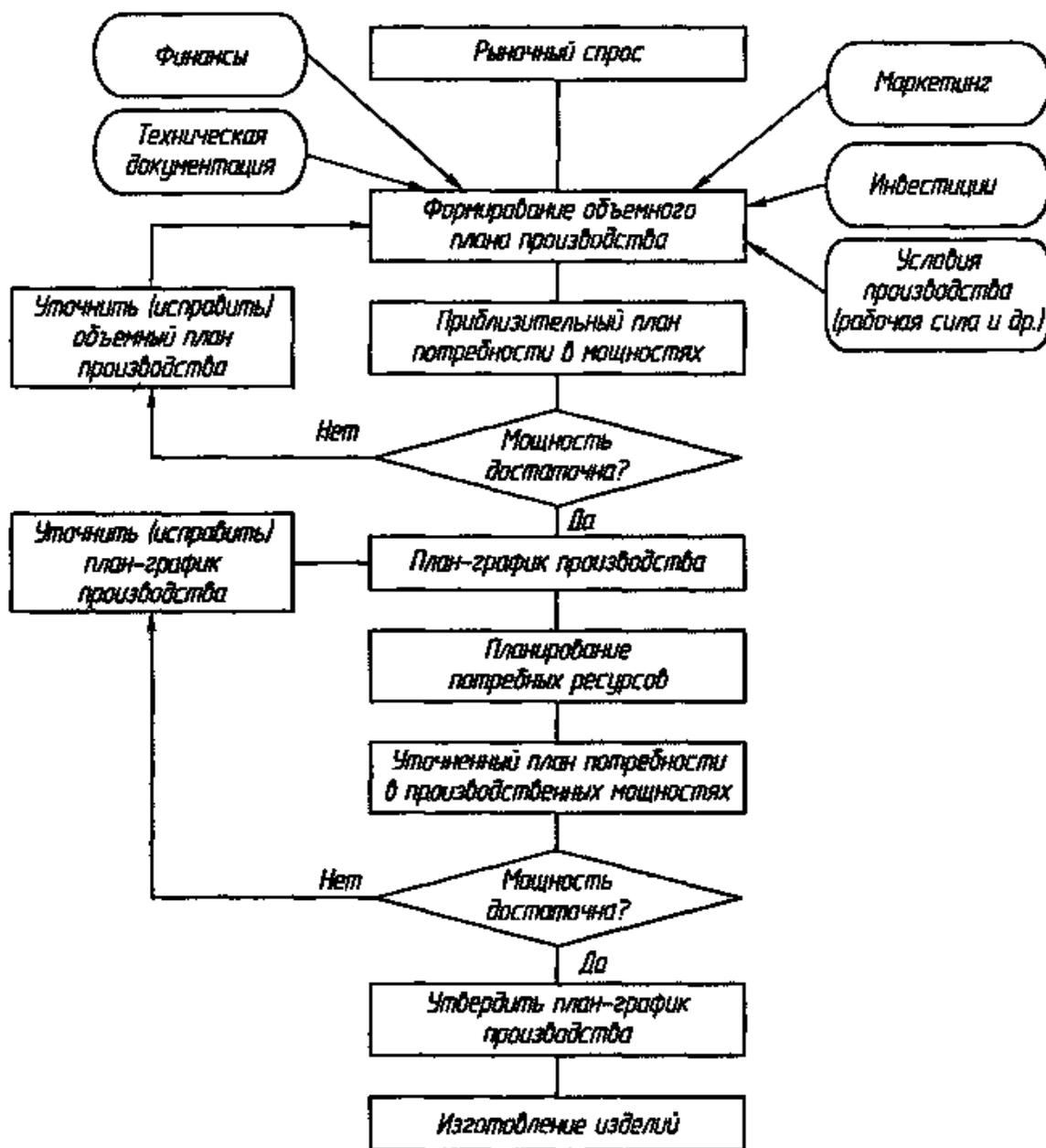


Рис. 14.6. Схема взаимосвязи функций по планированию производственных ресурсов, планированию производства и его материального обеспечения по системе ППР

Итак, использование систем ППМ и ППР позволяет поддерживать на предприятии низкий уровень запасов материалов, контролировать в реальном времени ход материально-технического обеспечения производства, оценивать результаты работы органов материального снабжения на основании хода производства по плану-графику производственного процесса.

14.2. Приемка и размещение материалов. Виды складов и типы складских помещений

Производственный процесс на предприятии неизбежно включает и операции складирования, которые выполняются заводским складским хозяйством. Складское хозяйство предназначено для обеспечения производства всеми видами сырья, материалов, полуфабрикатов, инструмента, запасных частей, различного рода вспомогательными материалами. На заводских складах хранится и готовая продукция предприятия перед отправкой потребителям,

Стадию промежуточного складского хранения проходит огромное количество заготовок, деталей собственного производства. Кроме того, следует учитывать, что на складах помимо хранения материалов и полуфабрикатов в ряде случаев выполняются операции подготовительно-заключительного характера, в частности комплектация деталей и узлов перед дальнейшей сборкой, а также технический осмотр, упаковка и др. Таким образом, складское хозяйство предприятия является важной частью совокупного процесса производства.

Основные операции складирования – приемка материалов, хранение, отпуск и учет их движения.

Приемка материалов по количеству и качеству осуществляется по прибытии их на основании планов поступления и сопроводительных документов. Она начинается с определения состояния вагона, целостности замков и пломб, тары, укладки грузов с целью обнаружения возможных недостатков и повреждений. При этом все недостатки и отклонения оформляются актом, составленным с участием представителя транспортной организации.

Качественная приемка осуществляется с целью установления фактического соответствия качества поступивших материалов стандартам и техническим условиям, предусмотренным договорами или условиями поставки.

При хранении материалов необходимо обеспечивать их сохранность и минимальные затраты труда и средств на хранение и доставку материалов в цехи и на рабочие места. Это достигается прежде всего их рациональным размещением на складе на стеллажах. Наиболее ходовые материалы размещают на средних стеллажах, мелкие малоходовые – на верхних, тяжелые – на нижних. Это уменьшает объем погрузочно-разгрузочных работ, улучшает использование транспортных средств, облегчает труд складских работников и повышает его производительность. Материалы размещаются по сортовому, партионному или комплектному признаку. В первом случае предусматривается постоянное место для хранения материала определенного сорта и размера. Во втором случае отдельно хранится каждая поступившая партия материала, если требуется учитывать определенные характеристики материалов именно этой партии (например, номер плавки металла и его состав для стали, чугуна и отливок из них). При комплектном размещении материалы хранятся не по видам, а по комплектам, отпускаемым в производство. Все места хранения должны быть пронумерованы.

Материалы отпускаются по требованиям в пределах лимита, определенного на основании норм расхода материалов. Для лучшего обеспечения потребителей необходимо осуществлять подготовку материалов к производственному потреблению путем расфасовки, раскроя, нарезки, правки металла и т.д. Такая

подготовка не только снижает затраты на эти работы в производственных цехах, но и обеспечивает уменьшение отходов, снижает общий объем погрузочно-разгрузочных и транспортных работ. Кроме того, она позволяет отпускать материалы не по массе, а по количеству заготовок, что улучшает контроль за расходом их в цехах.

При доставке материалов наиболее эффективным является активный метод, при котором используется централизованный порядок перемещения материалов в цехи транспортом складов. В этом случае целесообразно использование кольцевых, перевозок. Применение централизованной доставки материалов предполагает:

- согласование сроков запуска в производство и сроков доставки;
- закрепление за складами соответствующих транспортных средств;
- наличие разгрузочных площадок в цеховых кладовых или на рабочих местах и т.д.

Классификация заводских складов.

1. По роли в производстве различают снабженческие, производственные и сбытовые склады.

К **снабженческим** относят склады, на которых хранятся производственные запасы сырья, материалов, топлива и других материальных ресурсов до передачи их в производственные подразделения (центральный материальный склад, склады металлов, топлива, формовочных и других материалов). Они подчинены органам материально-технического снабжения предприятия.

К **производственным** относятся те склады, на которых хранятся материальные ресурсы, находящиеся на разных стадиях производственного процесса. Это межцеховые, цеховые и межоперационные (промежуточные) склады и кладовые материалов, полуфабрикатов, заготовок, деталей, узлов, а также кладовые инструмента и деталей для ремонта оборудования.

Сбытовые склады – это склады готовой продукции, запасных частей, отходов и полуфабрикатов, предназначенных для поставки по кооперации.

2. По виду хранимых материалов склады подразделяются на универсальные и специализированные.

К **универсальным** относятся те склады, на которых хранятся различные материалы. Примером может служить центральный материальный склад, на котором хранятся самые различные материалы, необходимые для всех производственных и вспомогательных цехов предприятия.

На **специализированных складах** хранятся отдельные виды однородных по своим физико-химическим свойствам материалов, для которых должны быть созданы одинаковые условия хранения (склады чугуна, проката, горючих и смазочных материалов и др.). На специализированных складах отдельно хранятся также материалы, потребляемые тем или иным производством (например, склады формовочных материалов для литейного производства).

3. По типу помещений склады подразделяются на открытые, полужакрытые и закрытые.

Открытые склады представляют собой открытые площадки на заводской территории, специально спланированные, забетонированные или покрытые металлическими плитами, оснащенные подъездными путями и устройствами для складирования и подъемно-транспортным оборудованием, обеспечивающим автоматизацию погрузочно-разгрузочных операций (мостовыми и козловыми кранами и др.). На открытых складах хранятся только те материалы, которые не портятся под воздействием атмосферных явлений (чугун, лом, крупный сортовой прокат и др.).

Полузакрытые склады (навесы) представляют собой установленную на опорах крышу над открытой со всех сторон площадкой. Такие склады защищают материалы от атмосферных осадков. В полузакрытых складах хранятся некоторые виды оборудования в упаковке, запасные части к машинам и оборудованию и т.п.

Закрытые склады – это одно- и многоэтажные помещения, подвалы и специальные хранилища, защищающие хранимые материалы от возможных атмосферных воздействий, а также от хищений и порчи. В закрытых складах хранятся самые разнообразные и наиболее ценные материалы и изделия.

Расположение складов на территории завода должно быть увязано с генеральным планом предприятия и соответствовать следующим требованиям:

- путь от заводских ворот до складов и от складов до цехов-потребителей должен быть прямолинейным и коротким;
- склады не должны заливаться водой, их устройство не должно требовать больших затрат на проведение планировочных и земляных работ;
- к крупным складам должны быть подведены пути;
- склады огнеопасных и взрывчатых веществ должны быть расположены на изолированных участках вдали от других складов и цехов.

14.3. Снабженческие склады

Среди снабженческих складов важнейшее место занимает центральный материальный склад. В нем хранится обширная номенклатура материалов, требующих различных условий хранения и разного устройства помещений. Все хранимые на этом складе материалы можно разбить на следующие группы:

- 1) электротехнические материалы, изделия и приборы;
- 2) кожевенно-резиновые и асбестовые материалы и изделия (кожевенные, резиновые и резинотехнические, асбестовая бумага и картон, асбестовые кольца и др.);
- 3) инструмент (в том случае, если на заводе нет центрального инструментального склада);
- 4) специальная одежда и обувь;
- 5) арматура, фитинги, сантехника, противопожарный инвентарь;
- 6) канцелярские товары и принадлежности;
- 7) комплектующие изделия и кооперированные поставки (в том случае, если на заводе нет складов отдела кооперирования);

- 8) запасные части (когда отсутствует склад отдела главного механика);
- 9) различные металлические изделия (подшипники, гвозди, винты, шурупы, болты, гайки, шпильки и др.);
- 10) цветные металлы.

Центральный материальный склад представляет собой, как правило, многоэтажное здание с подъездными железнодорожными и автомобильными путями, погрузочно-разгрузочными рампами, подвальными помещениями и с примыкающими к нему площадками и навесами. Здание разделяется на отдельные помещения (секции) по видам хранимых материалов, где поддерживается определенная температура и влажность.

Основной способ хранения материалов на складе – стеллажное хранение, при котором хранимые материалы и изделия размещаются на отдельных стеллажах с укладкой материалов каждого вида в отдельной ячейке, клетке, ящике, на отдельной полке. Стеллажное оборудование позволяет хранить материалы с наилучшим использованием кубатуры помещения склада. Обычно применяется универсальное стеллажное оборудование трех типов: полочно-клеточные, клеточно-ящичные и полочно-ящичные стеллажи. Высота их колеблется от 0,1 до 3 м при частичной автоматизации и до 6 м при полной автоматизации с помощью электро-штабелеров и электропогрузчиков. Ширина стеллажей в зависимости от хранимых материалов колеблется от 0,3 до 1,2 м, а глубина – от 0,3 до 0,6 м.

Общее требование к хранению материалов в многоэтажных зданиях: тяжелые и громоздкие материалы хранятся на первом этаже, легкие материалы и те, которые могут переместиться под силой тяжести, – на втором, инструмент – в подвальных помещениях.

Среди специализированных складов наибольший грузооборот (по массе) имеют склады формовочных и шихтовых материалов. Они располагаются в непосредственной близости от литейного цеха или группы цехов при их блокировке. Как правило, эти склады являются закрытыми и не отапливаются.

На крупных заводах обычно организуются отдельно склады шихтовых и склады формовочных материалов. На **складах шихтовых материалов** хранятся металлическая шихта, ферросплавы, огнеупорные материалы, флюсы, топливо. На склад возлагается подготовка шихтовых материалов к загрузке в плавильные печи. Подготовка заключается в сортировке, разделке и дроблении чугуна, лома, известкового камня, пакетировании металлической стружки и других металлоотходов, отсева коксовой мелочи. Подготовленная шихта передается в закрома литейного цеха, которые располагаются поблизости от плавильных агрегатов.

На **складах формовочных материалов** хранятся пески, глины, крепители, смазки и др. (обычно навалом в закромах с распределением по сортам и маркам).

Склады проката черных металлов располагаются, как правило, рядом с кузнечными цехами, а иногда и между пролетами зданий цеха (открытый склад). Они могут быть открытыми, полужакрытыми и закрытыми. На открытых

хранят крупносортный прокат, слитки, под навесами – среднесортный и толстолистовой прокат, на закрытых – тонколистовой, мелкосортный прокат, проволоку. Металл в зависимости от профиля хранится в штабелях, пачках или на стеллажах при средней нагрузке от 2 до 6 т/м² при коэффициенте использования складской площади 0,3-0,6. Основной операцией подготовки металлов к использованию в кузнечных цехах является резка его на мерные заготовки, что исключает проведение этой операции в цехах и обеспечивает экономию металла.

На машиностроительных предприятиях особое место в складском хозяйстве занимают **склады огнеопасных жидкостей**, т.е. легковоспламеняющихся и горючих (бензин, керосин, спирт и спиртовые лаки, эфиры и т.п.). В зависимости от объема хранимых жидкостей склады огнеопасных материалов могут быть наземными и подземными. При наземном хранении используются круглые вертикальные резервуары, при подземном – горизонтальные цилиндрические. Хранить жидкости целесообразно под небольшим давлением углекислого газа или азота, которые препятствуют возгоранию и испарению жидкостей. Склады огнеопасных жидкостей размещают вдали от основных цехов в специально отводимой для этого зоне.

Планировка склада должна обеспечивать:

- 1) удобство приема и выдачи материалов (для этого основные проходы и проезды должны иметь ширину до 2,5 м, вспомогательные – до 0,8 м);
- 2) достаточную вместимость, что упрощает поиск и перемещение материалов, проведение работ по упаковке, подсортировке и др.;
- 3) сохранность материалов (от порчи, повреждения и расхищения);
- 4) четкую индексацию и рациональный порядок размещения хранящихся материалов.

Расчет площадей складов выполняется либо укрупненно, либо по уточненным объемным измерителям. При расчете различают три вида площадей складов: общую площадь $F_{\text{общ}}$; полезную площадь $F_{\text{пол}}$, на которой непосредственно хранятся материалы; оперативную, или обслуживающую, площадь $F_{\text{опер}}$, занятую приемочными и отпускными площадками, проездами, проходами, заготовительными отделениями и станками, сортировочными площадками, лестничными клетками, лифтами и т.д. Таким образом, по формуле (14.5):

$$F_{\text{общ}} = F_{\text{пол}} + F_{\text{опер}}. \quad (14.5)$$

Отношение полезной площади склада к общей площади называют **коэффициентам использования полезной площади** (α). Для различных видов складов значение α колеблется в широких пределах (табл. 14.2).

При укрупненном расчете общая площадь склада определяется по формуле $F_{\text{общ}} = F_{\text{пол}} / \alpha$ [м²], а полезная площадь – по формуле (14.6):

$$F_{\text{пол}} = Q/q \text{ [м}^2\text{]}, \quad (14.6)$$

где Q – масса грузов размещаемых на складе, т;
 q – допустимая нагрузка на 1 м² полезной площади, т/м² (принимается по табл. 14.2).

Таблица 14.3

Значения расчетной полезной нагрузки q и коэффициента использования полезной площади α

Складские помещения	Значения $q, \text{т/м}^2$	Значения α
Главные магазины	0,5-0,8	0,30-0,40
Склады:		
изделий смежных производств	0,6-1,0	0,35-0,40
металла	2,0-5,0	0,25-0,55
масел и химикатов	0,4-0,8	0,30-0,40
стройматериалов	1,0-1,5	0,45-0,60
отливок и поковок	1,2-2,5	0,40-0,50
шихтовых материалов	1,5-3,5	0,40-0,65
формовочных материалов	1,0-6,0	0,60-0,75
готовой продукции	1,0-1,5	0,35-0,60
газов	0,40-0,75	0,30-0,45
металлоотходов	1,0-1,5	0,40-0,60

Величина Q определяется как норма запаса: $Q = n_{\text{п.п}} / 2 + Z_{\text{стр}}$ при хранении на универсальном складе и по формуле $Q = n_{\text{п.п}} + Z_{\text{стр}}$ при хранении на специализированном складе.

При расчете площадей складов по объемным измерителям полезная площадь определяется по формуле (14.7):

$$F_{\text{пол}} = F_{\text{стел}} k_{\text{стел}} [\text{м}^2], \quad (14.7)$$

где $F_{\text{стел}}$ – площадь, занимаемая одним стеллажом, м;

$k_{\text{стел}}$ – потребное количество стеллажей по формуле (14.8):

$$k_{\text{стел}} = \frac{n_{\text{этаж}}}{V_{\text{яч}} \gamma \alpha_{\text{зап}} k_{\text{яч}}}; \quad (14.8)$$

где $V_{\text{яч ч}}$ – полный объем ячеек, м³;

γ – объемная масса материала, т/м³;

$\alpha_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения ячейки;

$k_{\text{яч}}$ – количество ячеек в одном стеллаже.

К расчетной площади $F_{\text{пол}}$ добавляются вспомогательные площади: для проходов между стеллажами 0,6-0,9 м (а при пользовании тележками 1,1-1,2 м); для продольных проездов 2,5-3,0 м; для сквозных проездов – через 20–30 м

устанавливаются проезды по ширине ворот. Кроме того, предусматриваются площади для приемки, комплектации и т.д.

Важным условием обеспечения необходимой пропускной способности склада является наличие достаточных фронтов погрузки и разгрузки. Именно они определяют длину и конфигурацию склада.

Под **фронтом погрузки (разгрузки)** понимается длина линии, на которой одновременно устанавливаются транспортные средства для погрузки материалов со склада или разгрузки на склад. Для расчета этих фронтов необходимо прежде всего определить количество транспортных средств ($m_{\text{тр}}$), прибывающих на склад в сутки по формуле (14.9):

$$m_{\text{тр}} = \Gamma K_{\text{нрм}} / (k_{\text{р.д}} q), \quad (14.9)$$

где Γ – масса грузов, прибывающих (для разгрузки) или отправляемых (для погрузки) за данный период, например в год, т;

$K_{\text{нрм}}$ – коэффициент неравномерности;

$k_{\text{р.д}}$ – количество рабочих дней склада в данном периоде (по режиму работы завода);

q – грузоподъемность транспортного средства, т.

Все суточное количество транспортных средств подается на склад в несколько приемов-подач, число которых определяется по формуле (14.10)

$$k_{\text{под}} = \Gamma / (t_{\text{п(в)}} + t_0) \text{ [шт.]}, \quad (14.10)$$

где Γ – продолжительность работы склада в сутки, ч;

$t_{\text{п(в)}}$ – продолжительность погрузки (выгрузки) всех транспортных средств, подаваемых в одну подачу, ч;

t_0 – время на уборку порожняка и подачу новой партии транспортных средств, ч.

Количество транспортных средств в одной подаче определится по формуле (14.11)

$$m'_{\text{тр}} = m_{\text{тр}} / k_{\text{под}}. \quad (14.11)$$

Таким образом, фронт погрузки (выгрузки) определится по формуле (14.12)

$$L = m'_{\text{тр}} l + (m'_{\text{тр}} - 1) l' \text{ [м]}, \quad (14.12)$$

где l – длина (для вагонов) или ширина (для автомобилей) транспортного средства, м;

l' – расстояние между ними, м.

14.4. Производственные склады

Необходимость операций складирования в ходе производственного процесса вытекает из несовпадения моментов окончания предыдущей операции и начала последующей в пределах участка цеха и между цехами или из несовпадения скорости, продолжительности обработки, заготовки, сборки на смежных операциях, участках, цехах. В первом случае образуется транспортный запас, который находится в процессе перемещения или складывается на транспортных средствах (конвейерах, тележках, рольгангах, склизах, скатах, поддонах и т.д.). Во втором случае возникает так называемый **оборотный (цикловой) запас**, который хранится на промежуточных или межоперационных складах. Такой же оборотный запас образуется и между цехами; его принято называть **межцеховым**. Все виды запасов заготовок, деталей, узлов и собираемых изделий, находящихся в производственном процессе, принято называть **заделами**, которые рассчитываются производственным отделом завода и тщательно контролируются. Кроме заделов на производственных складах хранятся полуфабрикаты и комплектующие изделия, которые получают со стороны и «включают» в производство на той операции совокупного производственного процесса, на которой они необходимы. Так, если полуфабрикатами являются отливки, поковки или штамповки, то со склада они направляются для обработки в механические цехи, а если готовые детали и комплектующие изделия – то в сборочный цех.

В отличие от снабженческих складов, которые являются, как правило, стационарными наземными, производственные склады могут быть и подвесными. В этом случае хранимые предметы транспортируются и хранятся на подвесных конвейерах-накопителях с автоматическим или вызывным адресованием подачи на ту операцию и то место, где они необходимы в данный момент. Например, на крупных автомобильных заводах массового производства на таких подвесных складах-накопителях хранятся заделы кузовов, двигателей, мостов, трансмиссий, колес и других узлов той или иной комплектации, которые подаются автоматически или по вызову рабочего к тому моменту, когда они должны устанавливаться на главном конвейере, и именно той комплектации, которая необходима для сборки машины данной марки, вида или даже окраски. Преимущество таких складов состоит в том, что они не занимают производственных площадей.

Главная задача производственных складов – бесперебойное снабжение всех цехов, участков и рабочих мест заготовками, деталями, узлами и другими предметами, обуславливающими ритмичный ход производства. Именно поэтому производственные склады превращаются из хранилища в регулятор материальных потоков в производстве. Их контролирующее значение проявляется в:

- контроле за своевременной подачей заготовок и деталей на склад и передачей их из цеха в цех или с участка на участок в соответствии с планом-графиком;
- контроле уровня заделов по сравнению с нормативными;

- контроле комплектности заделов деталей перед подачей их на сборку;
- контроле сроков подачи заготовок деталей, узлов в соответствующие цехи.

В различных типах производства производственные склады выполняют эти функции по-разному. В условиях единичного и мелкосерийного производства они обеспечивают взаимоувязку работы цехов на основе длительности производственных циклов изготовления ведущих деталей и цикловых графиков сборки изделий. Склады организуют также комплектную приемку заготовок и деталей от цехов-изготовителей и передачу их цехам-потребителям.

В серийном производстве производственные склады предоставляют в органы оперативного управления производством информацию о наличии заделов, об отклонениях в сроках поступления и размерах партии поступивших заготовок и деталей, что позволяет принимать меры по предупреждению срывов в производственном процессе на последующих операциях обработки и сборки.

В массовом производстве на складах детали комплектуются и готовые комплекты подаются на рабочие места сборки по установленному графику. Особенно четко синхронизируется работа складов с ходом производственного процесса при конвейерной сборке.

Межцеховые склады заготовок и готовых деталей, как правило, находятся в подчинении производственного отдела завода, что обеспечивает более равномерное питание цехов-потребителей заготовками и деталями. Цеховые склады находятся в подчинении цеховых органов оперативного управления производством. При этом цеховые промежуточные склады (кладовые) создаются в обрабатывающих цехах, организованных по технологическому признаку. В механо-сборочных цехах, построенных по предметному признаку, где сборочные отделения потребляют детали своего цеха, создаются склады готовых деталей.

Организация производственных складов оказывает значительное влияние на производственную структуру, объем и направление грузопотоков. При создании (или ликвидации) складов удается в ряде случаев упростить поток движения предметов в производстве и тем повысить ритмичность производства.

Расчет площадей производственных складов производится по тем же методам, что и снабженческих. При этом грузонапряженность на 1 м² площади склада допускается для заготовок, крупных отливок и поковок в пределах 1,5-2,5 т, для мелких отливок, поковок, штамповок 0,8–1,8 т. На складах готовых деталей при хранении крупных деталей этот показатель принимается в пределах 1-2 т, а для мелких деталей 0,75-1,2 т. При хранении деталей на втором этаже грузонапряженность уменьшается в 1,5-2 раза. При расчете площадей промежуточных складов допускается грузонапряженность 0,5 т/м² для мелких деталей и 0,75 т/м² для крупных.

Проходы, проезды определяются в соответствии с габаритами транспортных средств с таким расчетом, чтобы колонны не создавали помех перемещению грузов на складе. Например, ширина проезда должна быть для электрокара до 2,3 м в одном направлении, для ручных тележек 1,3–1,5 м, для проходов – до 0,9 м.

Максимальная масса хранящихся на складе деталей для расчета площадей складов определяется по формуле (14.13):

$$M_{\max} = Z_{\text{стр}} + nq [т], \quad (14.13)$$

где $Z_{\text{стр}}$ – страховой запас, принимаемый в зависимости от величины так называемого резервного опережения: $Z_{\text{стр}} = dT_{p.o}q$ [дн.];
 d – средний дневной темп потребления деталей на сборке;
 $T_{p.o}$ – резервное опережение между цехами в днях потребления деталей на сборке; обычно $T_{p.o}$ принимается в пределах $(0,5... 1) T_{ц.пр}$ ($T_{ц.пр}$ – длительность цикла изготовления партии деталей в предыдущем цехе);
 n – размер партии заготовок, деталей, поступающих на склад, шт.;
 q – масса одной заготовки (детали), т.

Для каждого наименования заготовок, деталей, хранящихся на складе, устанавливается точка заказа, определяемая по формуле (14.13)

$$T_{\text{зак}} = (1,5..2) T_{ц.пр} d [\text{шт.}]. \quad (14.14)$$

Когда запас на складе с максимального снижается до точки заказа, склад информирует об этом производственный отдел завода для принятия мер к своевременному пополнению запаса или сам делает заказ цеху-поставщику на изготовление очередной партии заготовок либо деталей.

Таким образом, с помощью центральных и межцеховых складов заготовок и деталей производственный отдел контролирует и регулирует выполнение производственных заданий заготовительными и обрабатывающими цехами, что обеспечивает бесперебойное снабжение ими обрабатывающих и сборочных цехов. При этом основными документами, определяющими работу складов, являются графики межцеховых передач и размеров складских запасов (заделов).

Приемка заготовок и готовых деталей складами осуществляется на основе производственных программ цехов соответствующего типа производства: в единичном и мелкосерийном производстве – в комплектах деталей на машину, в узловых комплектах и подетально для ведущих деталей, в серийном – в групповых комплектах или подетально, в массовом производстве – только подетально. Для этого складам вместе с программами цехов передаются спецификации деталей, узлов, по которым на складе расшифровывается состав и количество деталей в каждом комплекте. Приемка сверх количества, указанного в программе, запрещается, чтобы не создавать лишние заделы.

На складе, обслуживающем несколько цехов, детали хранятся отдельно по цехам-потребителям, по изделиям, узлам и наименованиям, что упрощает учет и работу склада. Отдельно хранятся также детали и изделия, получаемые по кооперации, а также стандартизованные и стандартные детали.

Важной работой производственных складов является комплектование деталей перед сборкой и подача комплектов на рабочие места сборки. В единич-

ном производстве эта работа осуществляется на основе поддетальной спецификации и готовые комплекты подаются на рабочие места в соответствии с циклограммами сборки по комплектовочным ведомостям, в которых указываются номера комплектов, количество, необходимое на одно изделие, цех-поставщик, участок-потребитель, план на месяц. В серийном производстве комплектование осуществляется партиями с учетом того, чтобы участки – потребители заготовок и деталей получали их в строго установленные сроки запуска-выпуска, а количество подач соответствовало количеству партий деталей, выпускаемых в месяц.

В массовом производстве детали подаются непосредственно на рабочие места в пределах установленного количества. При этом часто для подачи деталей на рабочие места сборщиков на конвейере, как отмечалось, используются подвесные конвейеры, с помощью которых детали поштучно или комплектами в соответствующей таре подаются на рабочие места.

14.5. Нормирование и определение потребности в материальных ресурсах. Заводские органы материально-технического снабжения

Машиностроительное производство характеризуется высокой материалоемкостью. Доля материальных затрат в себестоимости готовой продукции достигает 60-70 %. Поэтому они строго нормируются и контролируются. Для изготовления изделий, отдельных заготовок и деталей разрабатываются нормы расхода.

Под **нормой расхода** понимается максимально допустимая величина затрат материалов на изготовление единицы продукции, узла, детали, заготовки при использовании передовых технологических процессов.

Исходные данные для разработки норм расхода содержатся в технологической документации (чертежах, технологических картах, картах раскроя и др.). В нормах обычно указывают массу заготовки, чистую массу готовой детали, возвратные и безвозвратные отходы, а также коэффициент использования материала ($K_{и.м}$). Последний определяется отношением чистой массы детали, т.е. полезного расхода (q_d), к норме расхода материала на ее изготовление ($H_{р.м}$) по формуле (14.15):

$$K_{и.м} = q_d / H_{р.м}. \quad (14.15)$$

В заготовительных цехах степень использования исходных материалов характеризуется отношением массы заготовки ($M_{заг}$) к массе расходуемых материалов (M_m), которое называют **коэффициентом выхода годного** по формуле (14.16):

$$K_{годн} = M_{заг} / M_m. \quad (14.16)$$

Чем выше коэффициенты $K_{и.м}$ и $K_{годн}$, тем лучше используются исходные материалы и меньше их расход на единицу продукции.

Различают поддетальные, сводные и специализированные нормы расхода материалов.

Поддетальные нормы разрабатываются на отдельные детали на основе технических документов и карт раскроя материалов. Структура поддетальной нормы показана на рис. 14.7. Эти нормы используются для расчета потребности в материалах и лимитирования их отпуска со складов.

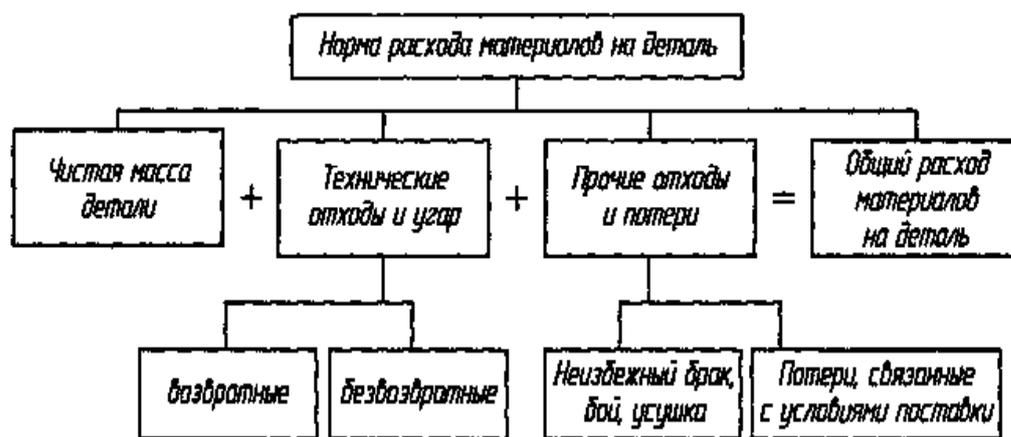


Рис. 14.7. Схема образования поддетальной нормы расхода материалов

Сводные нормы содержат укрупненные данные по расходу материалов на одно изделие и служат для расчета общей потребности предприятия в материалах и организации снабжения ими.

Специализированные нормы в отличие от сводных содержат сведения о материалах с указанием их марок, сортов, типоразмеров. Они используются для составления уточненных заявок на конкретные материалы.

Как видно из рис. 14.7, при изготовлении детали неизбежно возникают технические потери материалов (на допуски, летники, прибыли и др). При этом часть потерь возвращается в виде используемых отходов, другая часть (например, угар) – безвозвратные потери. Кроме того, возникают потери из-за неизбежного брака, а также из-за условий поставки материалов (например, из-за плюсовых допусков, из-за неkratности длин поставляемых прутков сортового проката длине заготовок и т.д.).

Разработанные нормы расхода фиксируются в картах поддетальных норм расхода, картах раскроя материалов, в ведомостях сводных норм расхода на изделие. Последние и служат основой для расчета потребности предприятия в материалах, планирования материально-технического обеспечения предприятия и заключения договоров с поставщиками.

Основные функции по материальному обеспечению предприятия выполняет **отдел материально-технического снабжения (ОМТС)**, на который возлагается задача бесперебойного обеспечения производства всем необходимым с минимально возможными затратами средств на охранение и доставку материа-

лов на рабочие места при обеспечении минимальных запасов товарно-материальных ценностей и соблюдении норм расхода. Поэтому ОМТС выполняет не только снабженческие функции, но и контроль за расходом материалов. Отделу подчинены все снабженческие общезаводские и межцеховые склады. Производственные склады подчинены производственному отделу, хотя на предприятии кроме ОМТС может быть организован отдел кооперированных поставок полуфабрикатов и комплектующих изделий.

Центральный аппарат ОМТС включает подразделения (группы), выполняющие функции планирования и контроля обеспечения определенными видами материалов с подчинением им определенных складов, а также группу сводного контроля и планирования, группу технического надзора за условиями хранения и эксплуатацией складских помещений. Укрупненная схема структуры управления материально-техническим снабжением приведена на рис. 14.8. Как видно из схемы, непосредственное обеспечение рабочих мест материалами, полуфабрикатами, комплектующими изделиями осуществляется цеховыми складами (кладовыми). В ряде случаев цеховые кладовые не подчиняются начальнику цеха, а являются филиалами общезаводских складов, находящихся в подчинении ОМТС.

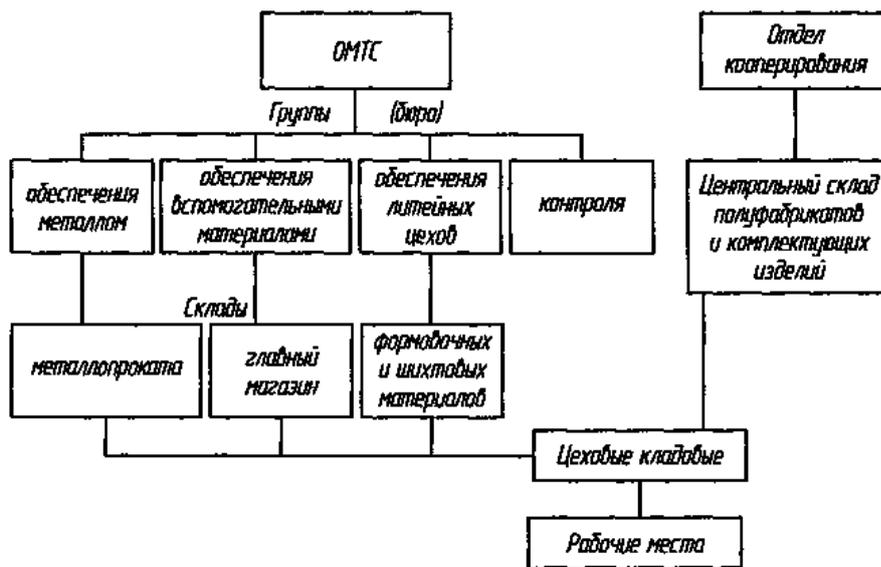


Рис. 14.8. Схема органов материально-технического снабжения предприятия

На крупных предприятиях, имеющих в своем составе несколько обрабатывающих цехов и потребляющих одинаковые материалы в большом количестве, целесообразно создавать при общезаводских складах заготовительные отделения по порезке металла и выдавать его цехам в виде заготовок. Благодаря этому снижается расход металла, уменьшается грузооборот и лучше утилизируются отходы.

Отделы кооперирования создаются лишь при крупных заводах с большим удельным весом полуфабрикатов и комплектующих изделий в составе готовой продукции. Они выполняют те же функции, что и ОМТС.

ТЕМА 15. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА. ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

15.1. Традиционные и новые подходы к организации производства.

15.2. Концепция бережливого производства. Характеристика основных элементов концепции бережливого производства.

15.3. Цифровое производство. Характеристика основных инструментов.

15.1. Традиционные и новые подходы к организации производства

Традиционный подход к организации производства основной целью ставит поддержание высокой степени загрузки оборудования и снижение производственных затрат. За соответствующими показателями во время всего производственного цикла осуществляется текущий контроль, по результатам которого осуществляются те или иные управленческие мероприятия.

Традиционная концепция организации производством исходит из того, что товар изготавливается на основании уже проведенного анализа рыночной конъюнктуры – объем производства соответствует рыночному спросу как в ассортиментном, так и в количественном разрезе. Возможность адекватного повышения объемов производства, т.е. количественная гибкость, обеспечивается путем создания внутренних резервов рабочей силы и производственных мощностей, включая резервы оборудования.

В условиях конкуренции поступление заказов от потребителей является непредсказуемым и может изменяться, т.е. возрастая или уменьшаясь, и приобретать новые качества. Удовлетворять такие колебания потребительского спроса только за счет наличия товарных запасов будет уже невозможно. Также эти запасы лишают инициативы и делают производство консервативным.

Сравнение традиционных и новых подходов к организации производства представлено в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Традиционные и системные подходы к организации производства

Параметры	Традиционный подход	Системный подход
Интеграция производственных подразделений	Незначительная. Носит второстепенный характер	Высокая степень производственной интеграции
Номенклатура изготавливаемых изделий	Минимальная	Определяется принятыми заказами
Объемы выпуска	Максимальные партии	В соответствии с заказами
Запасы	Максимально возможный объем материальных ресурсов и готовой продукции	Отказ от избыточных материальных ресурсов и товарных запасов, запасов в виде резерва производственной мощности

Оборудование	Специализированное. Простои оборудования минимальны	Универсальное. Простои в соответствии с резервами мощностей
Использование производственных мощностей	Высокий коэффициент использования производственных мощностей	Повышение пропускной способности производственных мощностей
Уровень брака	Технологически обоснованный	Брак недопустим
Внутризаводские перевозки	Соответствуют действующей схеме организации производственного процесса	Оптимальны за счет реорганизации производственного процесса
Согласованность производственных и инфраструктурных операций	Достигается путем завышения времени на выполнение отдельных операций	За счет ритмичности
Отношения с поставщиками	Собственные цели	Общие интересы
Квалификация производственного персонала	Повышается в рамках специализации	Расширяется, имея в предделе универсализацию

Таким образом, своевременное производство – это философская концепция, определяющая по-новому цели производственной деятельности и считающая, что ее результатом является существенное сокращение непроизводственных расходов на содержание запасов материальных ресурсов.

15.2. Концепция бережливого производства. Характеристика основных элементов концепции бережливого производства

Бережливое производство (LEAN PRODUCTION или LEAN MANUFACTURING) – концепция управления предприятием, которая основана на постоянном и неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь (в концепции бережливого производства выделяют 8 видов потерь – рис.15.1). Бережливое производство предполагает вовлечение в процесс оптимизации бизнеса каждого сотрудника и максимальную ориентацию на потребителя.

Генеральная линия в LEAN PRODUCTION – оценка и создание потока ценности продукта для конечного потребителя на каждом его этапе. В соответствии с подходами LEAN PRODUCTION, вся деятельность предприятия делится на:

- операции и процессы, добавляющие ценность для потребителя;
- операции и процессы, не добавляющие ценности для потребителя.

Задачей «бережливого производства» является планомерное сокращение процессов и операций, не добавляющих ценности.

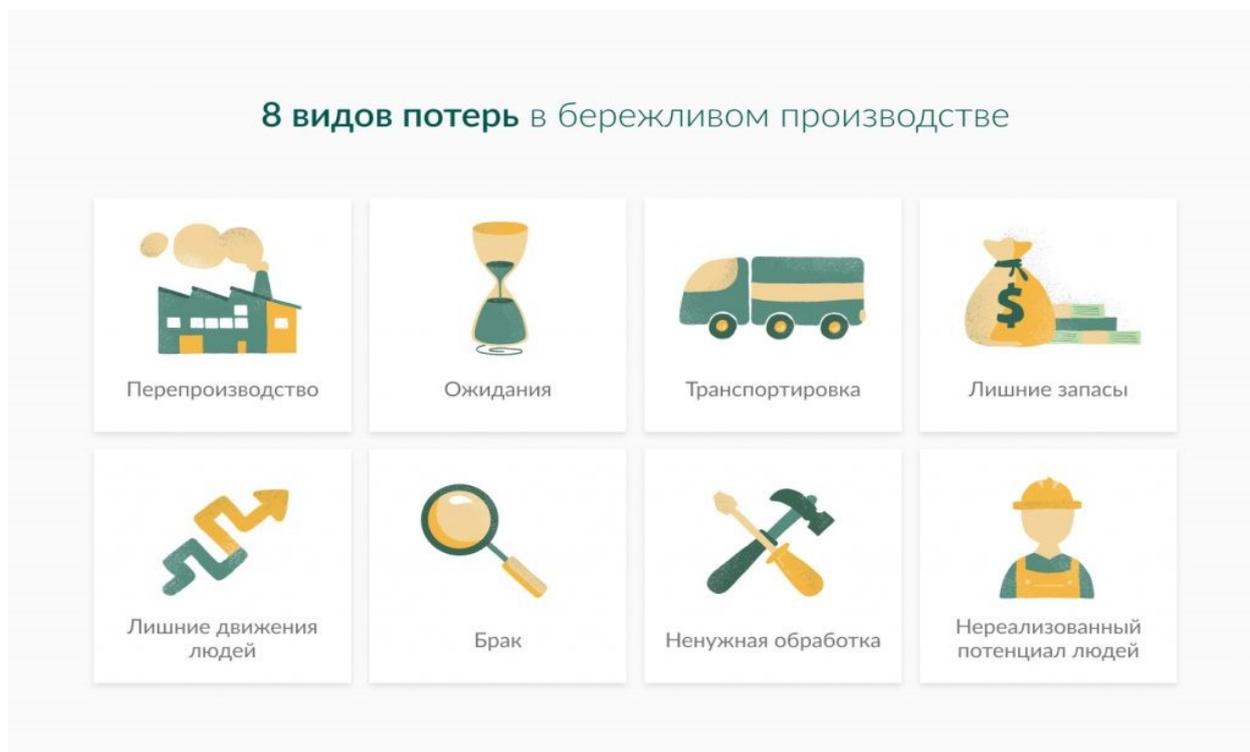


Рис. 15.1. Виды потерь в бережливом производстве

Принципы бережливого производства:

- достижение превосходного качества (превышение ожиданий заказчика) – сдача с первого предъявления;
- система «ноль дефектов»;
- обнаружение и решение проблем у истоков их возникновения;
- гибкость;
- установление долговременных отношений с потребителями (путём деления рисков, затрат и информации).

Элементы концепции бережливого производства:

- система 5S (система организации и рационализации рабочего места);
- канбан (KANBAN) - система организации производства в соответствии с принципом "just in time";
- всеобщий уход за оборудованием (total productive maintenance – TPM)
- методика эффективного обслуживания техники с привлечением всего коллектива;
- быстрая переналадка (SMED);
- кайдзен (KAIZEN) – непрерывное совершенствование процесса производства;
- пока-ёкэ (Рока-yoke) – принцип нулевой ошибки или т.н. «защита от дурака».

Работа с использованием методов «Lean» может дать следующие эффекты (рис. 15.2)



Рис. 15.2. Эффекты внедрения системы бережливого производства

Характеристика элементов концепции бережливого производства.

Система Канбан (KANBAN) – это технология организации процессов, которая обеспечивает непрерывный материальный поток, не нуждающийся в «лишних» складских запасах. Сырье и материалы, задействованные в производственном процессе, вовремя поставляются строго просчитанными партиями, минуя склад, напрямую к соответствующему этапу производственного процесса. Готовая продукция тоже, не накапливаясь на складах, сразу отгружается конечным потребителем (покупателем). Чтобы обеспечить бесперебойность такого процесса, задействован обратный порядок управления – от нужд конечного потребителя к начальным этапам.

Центральная идея системы KANBAN была основана на методе управления запасами – любая деталь (любое изделие) должны изготавливаться не раньше и не позже, чем в этом появится необходимость. Реализация данной идеи требует следующих методов:

- картирование (изготовление графических карт) потока создания ценности. Это инструмент составления карты будущего состояния процессов с минимизацией потерь. Цель формирования карты будущего потока — создать цепочку процессов, в которой индивидуальные процессы связаны с их потребителем либо непрерывным потоком, либо системой вытягивания, и каждый процесс должен по возможности производить только то, что нужно потребителям и только тогда, когда нужно потребителям (рис. 15.3).

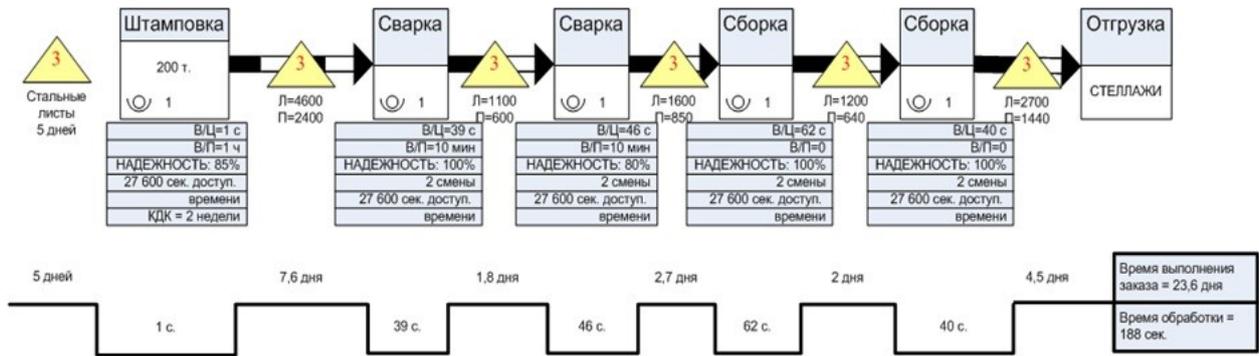


Рис. 15.3 Картирование потока создание ценности (пример).

– Вытягивающее поточное производство – это схема организации производства, при которой объёмы продукции на каждом производственном этапе определяются исключительно потребностями последующих этапов (в конечном итоге – потребностями заказчика) (рис. 15.4). Подобный способ организации работы тесно связан также с балансировкой линий и синхронизацией потоков.

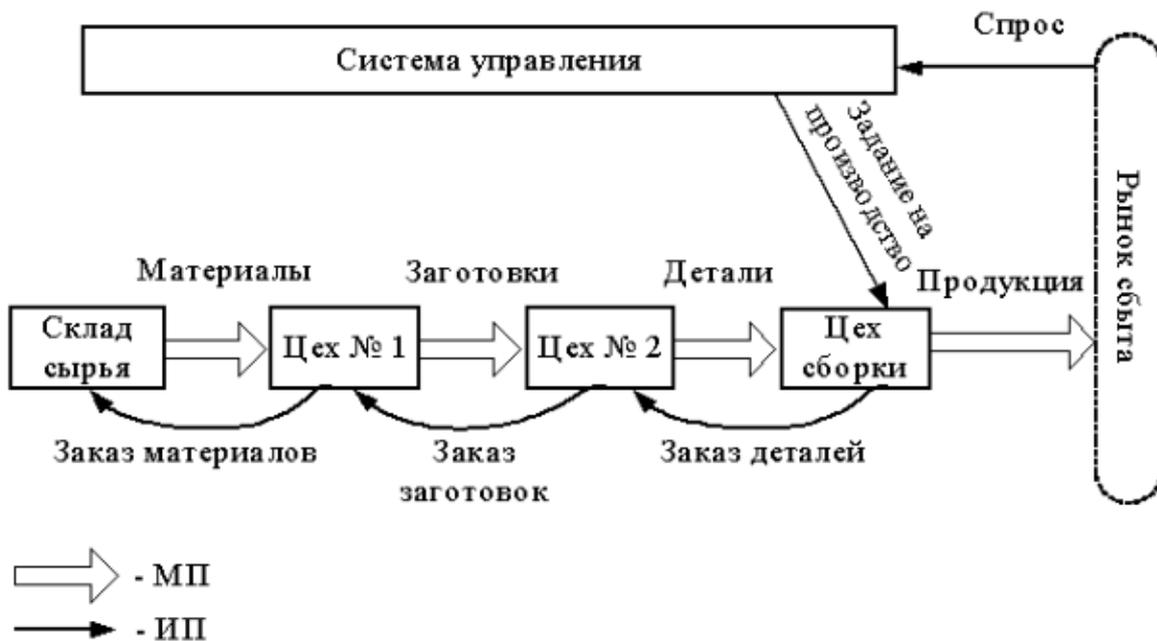


Рис. 15.4. Выталкивающие и вытягивающие системы управления производством

Система 5 «S» – комплексная методика улучшения производственного процесса, включающая 5 этапов: сортировка, создание рабочего места, соблюдение чистоты, стандартизация, совершенствование (рис. 15.5).



Рис. 15.5. Этапы системы «5S»

Однако для того, чтобы производственная система работала без сбоев, необходима безупречная чёткость работы, начиная с оптимизации каждого рабочего места (метод 5S), где отсутствие лишних вещей и чистота становятся обязательными факторами для любого сотрудника компании, включая высшее руководство.

Концепция ТРМ (англ. Total Productive Maintenance) – система всеобщего обслуживания оборудования. Данная система подразумевает под собой совмещение эксплуатации оборудования с постоянным техническим уходом за ним. Благодаря постоянному мониторингу и содержанию оборудования в рабочем (исправном) состоянии, снижается уровень потерь, вызванных поломками, простоем оборудования из-за ремонтных работ, в том числе и плановых, что позволяет обеспечить наивысшую эффективность на протяжении всего жизненного цикла оборудования.

В бережливом производстве ТРМ-система борется против шести видов потерь, связанных с оборудованием:

- 1) поломки;
- 2) установка и наладка;
- 3) холостой ход и малые остановки;
- 4) потери скорости;
- 5) брак и переделка;
- 6) пусковые потери.

Упрощенный алгоритм практического внедрения ТРМ на производстве включает этапы:

Этап 1. Выбор экспериментальной зоны.

1. На этом этапе необходимо выбрать оборудование, к которому будет применен ТРМ:

2. Оборудование, которое проще всего улучшить (для предприятий, у которых нет опыта в ТРМ);

3. Оборудование с ограниченной мощностью (для предприятий со средним уровнем опыта и поддержки ТРМ. Чтобы уменьшить риски простоя, нужно заранее обеспечить временной запас на период вывода оборудования из работы);

4. Проблемное оборудование (не лучший выбор для внедрения ТРМ).

Этап 2. Приведение оборудования в полноценное рабочее состояние.

На оборудовании проводится подготовка к улучшенной эксплуатации. Для этого применяются сразу две концепции: 5S и Автономное обслуживание.

Алгоритм перехода на Автономное обслуживание:

1. Составление карты контрольных точек. Ключевые контрольные точки оборудования – те части станка, которые нужно проверять ежедневно перед запуском.

2. Замена защитных деталей на прозрачные для обеспечения видимости.

3. Обозначение и внесение в документы всех точек настройки оборудования вместе с нужными значениями.

4. Определение точек смазки и составление графика смазывания (по возможности составить график таким образом, чтобы процессы смазывания приходились на пересменку или другие плановые остановки оборудования).

5. Обучение операторов.

6. Составление чек-листа – списка мероприятий по Автономному обслуживанию, включающего все контрольные точки, точки настройки, смазки и другие задачи по обслуживанию, подконтрольные операторам.

7. Составление графика проверок выполнения пунктов чек-листа и проверка соблюдения чек-листа сначала ежедневно, потом еженедельно.

Этап 3. Измерение общей эффективности оборудования

Общая эффективность оборудования (ОЕЕ, Overall Equipment Effectiveness) – показатель, который определяет долю планового производственного времени, которое на самом деле было продуктивным.

ОЕЕ=100% - совершенное производство

ОЕЕ=85% - высокий стандарт для дискретных производителей

ОЕЕ=60% - типичное значение для дискретных производителей

ОЕЕ=40% - нередкий результат для дискретных производителей, которые не применяют ТРМ и бережливое производство

В большинстве случаев незапланированные простои оборудования являются причиной самых больших убытков.

Поэтому важно проанализировать каждый незапланированный простой, чтобы выяснить, где теряется продуктивное время.

Этап 4. Ликвидация основных потерь

Устранение источников потерь продуктивного времени осуществляется по следующему алгоритму:

1. Определение на основе показателя ОЕЕ и данных о простоях самой значительной потери времени.

2. Формирование кросс-функциональной команды для решения проблемы (4-6 сотрудников, которые знают оборудование и имеют общие интересы).

3. Сбор информации о признаках проблемы, включая наблюдения, физические доказательства и фотографии.

4. Проведение системного подхода к выработке эффективных способов решения обозначенной проблемы;

5. Составление графика плановых простоев станков для внедрения утвержденных решений.

6. Перезапуск производства и оценка эффективности внесенных изменений. Если ситуация не изменилась, необходимо вернуться к этапу 3 и повторить все заново.

На каждом этапе необходимо измерять ОЕЕ, чтобы проверить статус потерь, которые уже были устранены, и контролировать общее улучшение производительности.

Этап 5. Внедрение методов профилактического обслуживания

На этом шаге профилактическое обслуживание интегрируется в программу ухода за оборудованием. Для начала необходимо определить компоненты станков, поддающиеся профилактическому обслуживанию:

- детали, которые изнашиваются
- детали, которые выходят из строя
- точки концентрации напряжений

Далее утверждаются интервалы профилактического обслуживания:

- для изнашиваемых частей – базовый интервал замены;
- для деталей с прогнозируемым выходом из строя – базовый интервал поломок.

Затем составляется график планового обслуживания по профилактической замене всех изнашиваемых и выходящих из строя компонентов на основе времени работы оборудования и создаются рабочие заказы на основе графика планового обслуживания.

Внедрение ТРМ-системы на промышленных предприятиях способствует повышению качества продукции, уменьшению расходов на техническое обслуживание станков, росту производительности оборудования, уменьшению времени простоя и полной ликвидации дефектов, связанных с оборудованием.

Система SMED (англ. Single Minute Exchange of Die) – технология проведения быстрой переналадки оборудования. В процессе переналадки оборудования можно различить две группы операций – внешние, которые можно проводить без остановки оборудования, например, подготовка инструментов и материалов, и внутренние, для проведения которых необходим перерыв в работе оборудования. Суть системы заключается в переводе максимального количества внутренних операций в группу внешних, что становится возможным, благодаря внедрению ряда технологических и организационных усовершенствований.

Наилучший результат в системе SMED показало использование следующих инструментов:

- четкое разделение внутренней и внешней переналадки
- по возможности полное преобразование внутренней наладки во внешнюю
- устранение регулировок
- осуществление крепления без винтов.

Таким образом, комплексное использование Lean-инструментов позволяет без значительных инвестиций, практически только за счёт внутренних резервов компании добиться значительного роста производительности труда.

Широко распространенным методом предотвращения ошибок, который используется в Lean-системах, является приём Рока-уоке. **Рока-уоке** – (рока – случайная, непреднамеренная ошибка; уоке – предотвращение ошибок), (англ. Zero defects – Принцип нулевой ошибки) – принцип, заключающийся в поисках причин возникновения ошибок и создании методик и технологий, исключающих саму возможность их появления. «Работа выполнена, значит, выполнена она без ошибок» – такова основополагающая идея метода.

Методика предотвращения ошибок предусматривает:

- создание предпосылок для бездефектной работы,
- внедрение методов бездефектной работы,
- систематическое устранение возникших ошибок,
- принятие мер предосторожности и внедрение простых технических систем, позволяющих сотрудникам предотвратить совершение промаха.

Метод Рока-уоке, применяемый вместе с другими инструментами бережливого производства, служит гарантией того, что изготовленное изделие будет бездефектным, а процесс его производства, соответственно, протекает без сбоев.

15.3. Цифровое производство. Характеристика основных инструментов

Четвертая индустриальная революция (Индустрия 4.0) подразумевает переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть Вещей и услуг.

Индустрия 4.0 представляет собой новый уровень организации производства и управления цепочкой создания стоимости на протяжении всего жизненного цикла выпускаемой продукции, характеризуется резким скачком производительности труда, повышением качества планирования и технического обслуживания производственных систем (табл. 15.2).

Характеристика промышленных революций

Промышленный переворот	Период	Инновации/прорывы	Результат
Первая промышленная революция	Конец XVIII в. – начало XIX в.	Водяные и паровые двигатели, ткацкие станки, механические устройства, транспорт, металлургия	Переход от аграрной экономики к промышленному производству, развитие транспорта
Вторая промышленная революция	Вторая половина XIX в. – начало XX в.	Электрическая энергия, высококачественная сталь, нефтяная и химическая промышленность, телефон, телеграф	Поточное производство, электрификация, железные дороги, поточное производство, разделение труда
Третья промышленная революция	Конец XX в. (1970г. и так далее)	Цифровизация, развитие электротехники, применение в производстве инфокоммуникационных технологий (ИКТ) и ПО	Автоматизация и робототехника
Четвертая промышленная революция	Термин введен в 211 г. в рамках государственной Hi-Tech стратегии Германии (один из 10 проектов Industrie 4.0)	Глобальные промышленные сети, Интернет вещей, переход на возобновляемые источники энергии, переход от металлургии к композитным материалам, 3D материалы, вертикальные фермы, синтез пищи, самоуправляемый транспорт, нейросети, геномная модификация, биотехнологии, искусственный интеллект	Распределенное производство, распределенная энергетика, сетевой коллективный доступ и потребление, замена посредников на распределенные сети, прямой доступ производителя к потребителю, экономика совместного использования (carsharing, например)

Отличительные особенности Индустрии 4.0:

1) **Цифровизация и вертикальная интеграция по всей цепочке создания стоимости** – цифровизация и интеграция процессов по вертикали в рамках всей организации, начиная от разработки продукта и заканчивая его реализацией с последующим сервисным обслуживанием. Все данные об операционных процессах доступны в режиме реального времени в едином информационном пространстве;

2) **Цифровизация и горизонтальная интеграция нескольких цепочек создания стоимости.** Горизонтальная интеграция выходит за рамки одного

предприятия и охватывает всех ключевых партнеров по всей цепочке создания стоимости. Используются инструменты интегрированного планирования, учитывающие входящие параметры от партнеров;

3) **Цифровые бизнес-модели и цифровые продукты.** Новые цифровые бизнес-модели направлены на получение дополнительной выручки от цифровых решений, оптимизацию взаимодействия с клиентами. Цифровые товары и услуги предназначены для обслуживания клиентов путем предоставления им комплексных решений в обособленной цифровой экосистеме;

4) **Развитая технологическая платформа.** Предприятия используют высокотехнологичное оборудование, информационно-коммуникационные решения и киберфизические системы, обеспечивающие цифровизацию и интеграцию. Без развитых технологий проблематично реализовать все предыдущие атрибуты с практической точки зрения.

Влияние технологий Индустрии 4.0 на основные технико-экономические показатели деятельности предприятия представлено на рис. 15.6.



Рис. 15.6. Влияние технологий Индустрии 4.0 на основные технико-экономические показатели деятельности промышленного предприятия

В долгосрочном периоде активное использование технологий Индустрии 4.0 приведет к формированию нового поколения организационно-технических моделей заводов (рис. 15.7).



Рис. 15.7. Новые организационно-технические модели заводов в Индустрии 4.0

Общая характеристика новых организационно-технических моделей заводов представлена в табл. 15.3.

Таблица 15.3

Характеристика новых организационно-технических моделей заводов в Индустрии 4.0

Модель завода	Краткая характеристика	Ключевые технологии	Содержание работ
1. «Умный» автоматизированный завод	<ul style="list-style-type: none"> - массовое производство продукции; - низкие затраты на производство 	Полный комплекс технологий Индустрии 4.0 по всей производственной цепочке	<ul style="list-style-type: none"> - использование промышленных роботов на каждой стадии производства; - оперативный контроль и обработка данных – операторы завода; - функция управления – руководство завода
2. Завод, ориентированный на клиента	<ul style="list-style-type: none"> - серийное или единичное производство; - быстрота реакции на рыночные изменения 	<ul style="list-style-type: none"> - приложения-конструкторы для клиентов; - приложения для трехмерного моделирования и проектирования; - 3D-сканеры, 3D-принтеры 	<ul style="list-style-type: none"> - создание трехмерных моделей; - быстрое прототипирование в реальные образцы; - опытные участки для апробации в условиях реального производства
3. Мобильный завод	<ul style="list-style-type: none"> - нацеленность на нишевые и 	<ul style="list-style-type: none"> - модульные производственные 	<ul style="list-style-type: none"> - выбирается локальный рынок с высоким спросом;

	территориально удаленные рынки; - ограниченный ассортимент с небольшими объемами производства; - низкие капитальные затраты; - высокая мобильность	линии; - роботы на сборочных операциях; - гибкие логистические системы; - 3D-принтеры для производств отдельных деталей	- подготавливаются модули и оборудование; - собирается завод (из модулей) на выбранной территории
--	---	--	--

Основные технологии Индустрии 4.0 представлены на рис. 15.8.



Рис. 15.8. Основные технологии промышленной цифровизации

Индустриальный (Промышленный) Интернет Вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) – интернет вещей для корпоративного / отраслевого применения – система объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками и программное обеспечение для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека.

Принцип работы технологии заключается в следующем:

- 1) устанавливаются датчики, исполнительные механизмы, контроллеры и человеко-машинные интерфейсы на ключевые части оборудования;
- 2) осуществляется сбор информации, которая впоследствии позволяет приобрести объективные и точные данные о состоянии предприятия;
- 3) обработанные данные доставляются во все отделы, что помогает наладить взаимодействие между сотрудниками разных подразделений и принимать обоснованные решения. Схема индустриального (Промышленного) Интернета Вещей представлена на рис. 15.9.

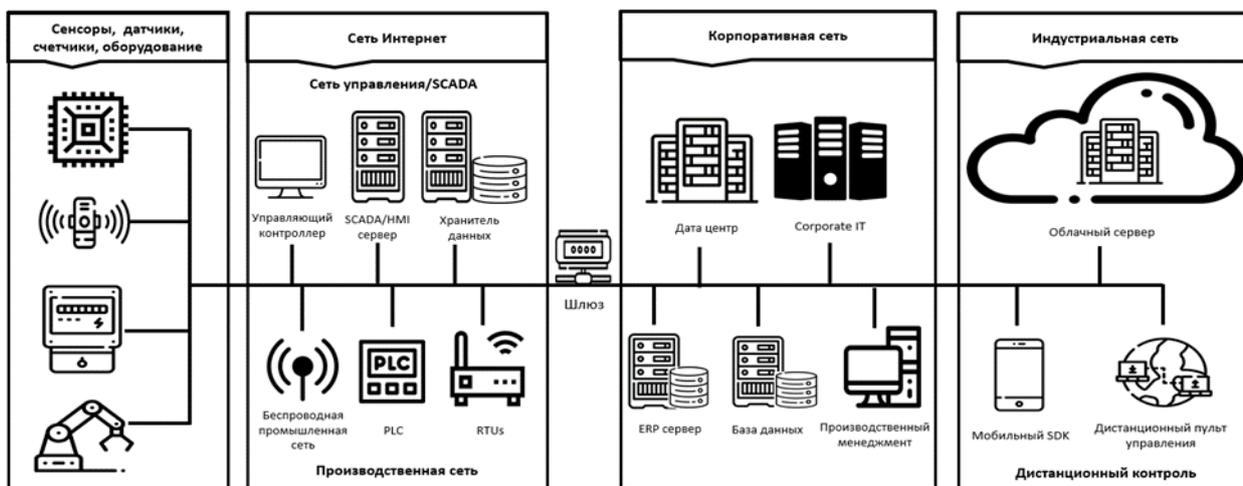


Рис. 15.9. Схема индустриального (Промышленного) Интернет Вещей

Полученная информация может быть использована для предотвращения внеплановых простоев, поломок оборудования, сокращения внепланового техобслуживания и сбоев в управлении цепочками поставок, тем самым позволяя предприятию функционировать более эффективно.

При обработке огромного массива неструктурированных данных их фильтрация и адекватная интерпретация является приоритетной задачей для предприятий. В данном контексте особую значимость приобретает корректное представление информации в понятном пользователю виде – используют аналитические платформы, предназначенные для сбора, хранения и анализа данных о технологических процессах и событиях в реальном времени.

Во избежание простоев и для сохранения безопасности на предприятии необходимо внедрение технологий, позволяющих обнаруживать и прогнозировать риски. Непрерывный проактивный мониторинг ключевых показателей дает возможность определить проблему и принять необходимые меры для ее решения. Для удобства операторов современные системы позволяют визуализировать условия протекания технологических процессов и выявлять факторы, оказывающие на них влияние, посредством любого веб-браузера. Оперативный анализ помогает пользователям быстрее находить причины неполадок.

Благодаря таким решениям производственные данные превращаются в полезную информацию, которая необходима для безопасного и рационального управления предприятием.

Внедрение интернета вещей требует изменения подходов к созданию и использованию автоматизированных информационных систем управления (АСУ) и общих подходов к управлению предприятиями и организациями. Устаревшие производственные линии, которые по разным причинам не могут быть автоматизированы с помощью IoT, могут быть заменены на новое автоматизированное и роботизированное оборудование в будущем. Другим препятствием, ограничивающим развитие IoT, является отсутствие или недостаточно высокое разви-

тие традиционных корпоративных информационных систем управления (ERP), тогда решения IoT будут локальными и решать нишевые функции и задачи.

IoT может последовательно эволюционировать от подключения отдельных продуктов и объектов с целью их диагностики, и контроля до объединения различных продуктов и более сложных технологических объектов управления в сети IoT, а сети IoT - в более сложные сетевые платформы и комплексные производственные решения.

В части технологий управления и обработки информации эти изменения состоят в следующем:

- реализация программной логики АСУ как взаимодействующих между собой облачных сервисов («облако управления», «платформа IoT»);

- переход от жестко иерархически выстроенных информационно изолированных АСУ на непосредственное, без участия человека и промежуточных АСУ, подключение объектов управления в «облако управления».

При этом «облако управления» исполняет весь необходимый функционал (программные алгоритмы обработки данных и управления) как низовых систем управления, так и систем управления уровня предприятия и выше.

За счет использования механизма открытых прикладных интерфейсов программирования (Application Programming Interface, API) реализуется возможность подключения к «облаку управления» любых устройств и любых АСУ без необходимости внесения изменений в подключаемые устройства и системы, и возможность реализации логики обработки поставляемых в «облако управления» данных с использованием готовых шаблонов и, при их отсутствии, с использованием встроенных средств разработки программных приложений.

При переходе на принципы IoT сквозные полностью автоматизированные процессы могут охватить все виды взаимодействий производителей товаров и услуг и их потребителей.

Анализ лучших мировых практик внедрения IoT в исследовании J'son & Partners Consulting показывает, что основными сферами применения решений в сфере промышленного интернета являются производства, характеризующиеся наличием одного либо нескольких следующих важных условий:

- выпуск широкой номенклатуры продукции, использование значительного перечня комплектующих;

- потребность в повышении качества выпускаемой продукции и снижении степени брака;

- потребность в обеспечении эффективного сервисного обслуживания ранее поставленной продукции;

- потребность в снижении эксплуатационных затрат производства;

- значительная энергоемкость производства;

- сложные производственные условия;

- потребность в оперативной диагностике неисправностей технологического оборудования для снижения незапланированных остановок производства;

- потребность в обеспечении высокой производительности персонала;

- необходимость системной интеграции широкого спектра.

Цифровой двойник – это цифровая (виртуальная) модель любых объектов, систем, процессов или людей. Она точно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирована с ним.

Цифровой двойник нужен, чтобы смоделировать, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях. Впервые концепцию цифрового двойника описал в 2002 году Майкл Гривс, профессор Мичиганского университета. В своей книге «Происхождение цифровых двойников» он разложил их на три основные части:

- Физический продукт в реальном пространстве.
- Виртуальный продукт в виртуальном пространстве.
- Данные и информация, которые объединяют виртуальный и физический продукт.

По мнению Гривса, «в идеальных условиях вся информация, которую можно получить от изделия, может быть получена от его цифрового двойника».

Официально термин «Цифровой двойник» впервые упоминается в отчете NASA о моделировании и симуляции за 2010 год. Мощный толчок в развитии цифровых двойников произошел благодаря развитию искусственного интеллекта и интернета вещей. Согласно исследованию Gartner Hype Cycle, описывающему циклы зрелости технологий, это произошло в 2015 году. В 2016-м цифровые двойники и сами вошли в Gartner Hype Cycle, а к 2018 году оказались на пике.

Виды цифровых двойников:

- **прототип** – представляет собой виртуальный аналог реального объекта, который содержит все данные для производства оригинала;
- **экземпляр** – содержит данные обо всех характеристиках и эксплуатации физического объекта, включая трехмерную модель, и действует параллельно с оригиналом;
- **агрегированный двойник** – вычислительная система из цифровых двойников и реальных объектов, которыми можно управлять из единого центра и обмениваться данными внутри.

Задачи, решаемые цифровыми двойниками:

- Провести тестовый запуск процесса или производственной цепочки быстро и без существенных вложений.
- Обнаружить проблему или уязвимость до того, как будет запущено производство или объект поступит в эксплуатацию. Повысить эффективность процессов или систем, отследив все сбои еще до старта.
- Снизить производственные риски, а также риски, связанные с безопасностью жизни и здоровья производственных рабочих. Повысить конкурентоспособность и прибыльность бизнеса.
- Повысить лояльность клиентов за счет точного прогнозирования спроса и потребительских качеств продукта.

Цифровые двойники позволяют реалистично моделировать не только сами объекты, но и процессы их создания, эксплуатации в различных условиях. Технология цифровых двойников позволяет создавать отдельные детали и воспроизводить целые производственные цепочки, проводя виртуальные испытания и предупреждая сбои в работе оборудования, например, корпорация Siemens использует цифровых двойников для разработки двигателей, систем коммуникаций и даже скоростных поездов.

Цифровой двойник можно создавать разными способами:

- графическая 3D-модель;
- модель на базе интернета вещей;
- интегрированные математические модели – такие как CAE-системы для инженерных расчетов;
- различные технологии визуализации – включая голограммы, виртуальную и дополненную реальность.

Этапы создания двойника представлены на рис.15.10:



Рис. 15.10. Этапы создания цифрового двойника

Этапы создания цифрового двойника:

1. Исследование объекта.

Этот этап предшествует разработке только в том случае, если у цифрового двойника есть реальный прототип, например, работающее предприятие или система коммуникаций. Тогда разработчики составляют детальную карту прототипа, воспроизводят все процессы и характеристики. При этом важно изучить объект в разных условиях.

2. Моделирование цифровой копии объекта.

Этот этап может быть первым, если реального прототипа еще нет и создание цифрового двойника ему предшествует. Для построения комплексной модели используются математические методы вычисления и анализа:

– Метод конечных элементов (FEA – Finite Element Analysis), позволяющий рассчитать эксплуатационную нагрузку. Его применяют, допустим, для расчета механики деформируемого твердого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики.

– FMEA-модели (Failure Mode and Effects Analysis, анализ видов и последствий отказов) необходимы для анализа надежности систем и выявления наиболее критических шагов производственных процессов.

– CAD-модели (computer-aided design/drafting, средства автоматизированного проектирования) используются, чтобы рассчитать внешние характеристики и структуру объектов, материалов и процессов.

3. Воплощение модели.

Расчитанную ранее архитектуру цифрового двойника переносят на специальные платформы – такие как Siemens или Dassault Systemes. Они объединяют математические модели, данные и интерфейс для управления цифровым двойником, превращая его в динамическую систему. Этот этап можно сравнить с трансформацией программного кода в программу или приложение с визуальным интерфейсом, который понятен любому пользователю.

4. Тестирование основных процессов работы на цифровом двойнике.

Главная цель этого этапа – спрогнозировать, как будет вести себя объект или система в обычном режиме и при внештатных ситуациях, чтобы избежать поломок и перегрузки после запуска. Для этого к процессу подключают технических аналитиков, которые собирают большой массив данных в ходе испытаний, чтобы просчитать алгоритмы для любых возможных условий и ситуаций.

5. Запуск и наладка.

Если предыдущий этап провели корректно, в процессе работы реального прототипа можно избежать до 90 % сбоев и поломок. Однако часть ситуаций все же не удастся спрогнозировать, и тогда их отслеживают уже на этапе запуска и наладки цифрового двойника.

6. Корректировка и развитие оригинального объекта или системы.

Далее инженеры продолжают работать с цифровым двойником как с реальным физическим объектом до тех пор, пока не будут отлажены все системы и процессы. По результатам этой работы в оригинальный объект вносят изменения, чтобы добиться его максимальной эффективности.

По данным Gartner, 12 % компаний, которые используют интернет вещей, также применяют и цифровые двойники, а 62 % планируют это сделать.

В промышленности использование технологии цифрового двойника помогает повысить эффективность минимум на 10%.

Big Data или **большие данные** – это структурированные или неструктурированные массивы данных большого объема. Их обрабатывают при помощи специальных автоматизированных инструментов, чтобы использовать для статистики, анализа, прогнозов и принятия решений.

Сам термин «большие данные» предложил редактор журнала Nature Клиффорд Линч в спецвыпуске 2008 года. К большим данным Линч отнес лю-

бывшие массивы неоднородных данных более 150 Гб в сутки, однако единого критерия до сих пор не существует.

До 2011 года анализом больших данных занимались только в рамках научных и статистических исследований. С 2014 на Big Data обратили внимание ведущие мировые вузы, где обучают прикладным инженерным и IT-специальностям. Затем к сбору и анализу подключились IT-корпорации. Сегодня большие данные используют крупные компании во всех отраслях.

Компания Meta Group предложила основные характеристики больших данных, которые представлены на рис. 15.11.



Рис. 15.11. Основные характеристики больших данных

Главные источники больших данных:

- интернет вещей (IoT) и подключенные к нему устройства;
- соцсети, блоги и СМИ;
- данные компаний: транзакции, заказы товаров и услуг, поездки на такси и каршеринге, профили клиентов;
- показания приборов: метеорологические станции, измерители состава воздуха и водоемов, данные со спутников;
- статистика городов и государств: данные о перемещениях, рождаемости и смертности;
- медицинские данные: анализы, заболевания, диагностические снимки.

Современные вычислительные системы обеспечивают мгновенный доступ к массивам больших данных. Для их хранения используют специальные дата-центры с самыми мощными серверами. Помимо традиционных, физических серверов используют облачные хранилища, «озера данных» (data lake – хранилища большого объема неструктурированных данных из одного источника) и Hadoop – фреймворк, состоящий из набора утилит для разработки и выполнения программ распределенных вычислений.

Выделяют четыре основных метода анализа Big Data:

1. **Описательная аналитика** (descriptive analytics), главная цель которой – выяснить причины и закономерности успехов или неудач в той или иной сфере, чтобы использовать эти данные для наиболее эффективных моделей. Для описательной аналитики используют базовые математические функции. Типичный пример – социологические исследования или данные веб-статистики, которые компания получает через Google Analytics.

2. **Прогнозная или предикативная аналитика** (predictive analytics) – помогает спрогнозировать наиболее вероятное развитие событий на основе имеющихся данных. Для этого используют готовые шаблоны на основе каких-либо объектов или явлений с аналогичным набором характеристик. С помощью предикативной (или предиктивной, прогнозной) аналитики можно, например, просчитать обвал или изменение цен на фондовом рынке. Или оценить возможности потенциального заемщика по выплате кредита.

3. **Предписательная аналитика** (prescriptive analytics) – следующий уровень по сравнению с прогнозной. С помощью Big Data и современных технологий можно выявить проблемные точки в бизнесе или любой другой деятельности и рассчитать, при каком сценарии их можно избежать их в будущем.

4. **Диагностическая аналитика** (diagnostic analytics) – использует данные, чтобы проанализировать причины произошедшего. Это помогает выявлять аномалии и случайные связи между событиями и действиями.

Внедрение инструментов Big Data помогает повысить прозрачность промышленных процессов и внедрять «предиктивное производство», позволяющее более точно прогнозировать спрос на продукцию и, соответственно, планировать расходование ресурсов.

Мировыми лидерами по сбору и анализу больших данных являются США и Китай. Главными потребителями Big Data считаются крупные корпорации, однако их деятельность по сбору данных ограничена, например, в Калифорнии.

Главные проблемы Big Data:

– Большие данные неоднородны, поэтому их сложно обрабатывать для статистических выводов. Чем больше требуется параметров для прогнозирования, тем больше ошибок накапливается при анализе;

– Для работы с большими массивами данных онлайн нужны огромные вычислительные мощности. Такие ресурсы обходятся очень дорого, и пока что доступны только большим корпорациям;

– Хранение и обработка Big Data связаны с повышенной уязвимостью для кибератак и всевозможных утечек;

– Сбор больших данных часто связан с проблемой приватности: не все хотят, чтобы каждое их действие отслеживали и передавали третьим лицам.

Искусственный интеллект (ИИ, англ. Artificial intelligence, AI) — наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ. ИИ связан со сходной задачей использования компьютеров для понимания человеческого интеллекта, но не обязательно ограничивается биологически правдоподобными методами.

Классификация типов ИИ представлена на рис. 15.12.

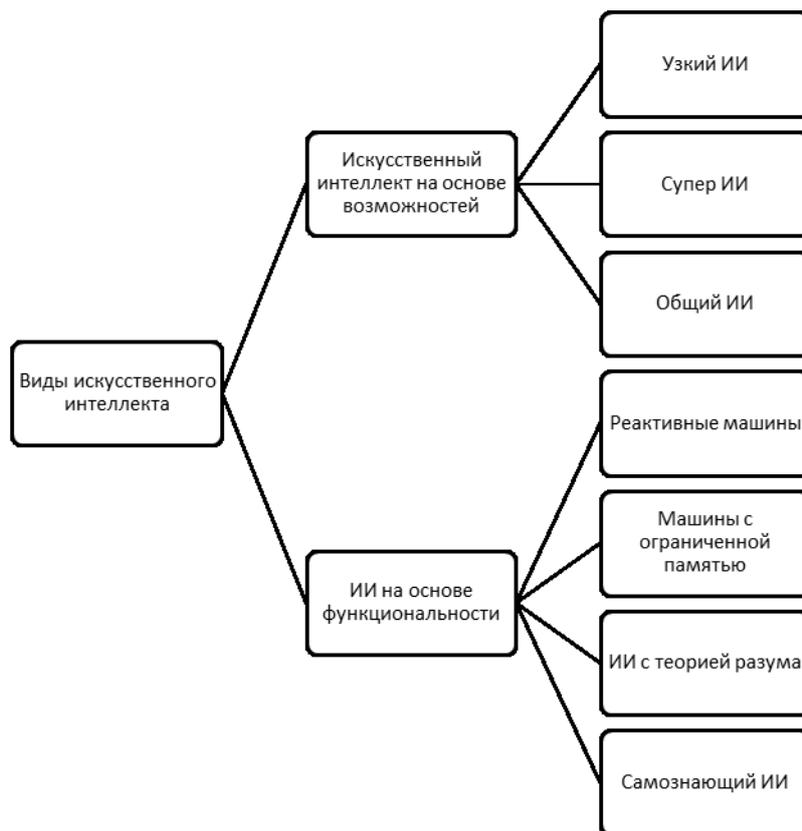


Рис. 15.12. Классификация типов ИИ.

Основные свойства ИИ — это понимание языка, обучение и способность мыслить и, что немаловажно, действовать.

Сферы применения ИИ достаточно широки и охватывают весь спектр решений, от пылесосов до космических станций. Развитие применения использования ИИ ведет к адаптации технологий в классических отраслях экономики по всей цепочке создания ценности и преобразует их, приводя к алгоритмизированию практически всего функционала, от логистики до управления компанией.

Ключевые направления развития ИИ:

- Компьютерное зрение.
- Распознавание речи.
- Понимание смысла текстов.
- Аналитика и поддержка принятия решений.
- Безлюдные и оцифрованные предприятия.

ИИ в производственной сфере применяется:

- На уровне проектирования: повышение эффективности разработки новых продуктов, автоматизированная оценка поставщиков и анализ требований к запчастям и деталям.

– На уровне производства: совершенствование процесса исполнения задач, автоматизация сборочных линий, снижение количества ошибок, уменьшение сроков доставки сырья.

– На уровне продвижения: прогнозирование объемов предоставления услуг поддержки и обслуживания, управление ценообразованием.

Внедрение таких технологий дает возможность предприятиям из разных отраслей экономики получить определенные преимущества:

1) увеличить эффективность использования производственных активов на 10 % за счет сокращения количества незапланированных простоев;

2) снизить затраты на техническое обслуживание на 10 %, усовершенствовав процедуры прогнозирования и предотвращения катастрофических отказов оборудования и выявляя неэффективные операции;

3) повысить производительность на 10 %;

4) увеличить уровень энергоэффективности, сократив эксплуатационные расходы на 10 % за счет более эффективного использования энергии.

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Практическое задание №1 СОСТАВ ЦЕХОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ХОЗЯЙСТВ. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН ЗАВОДА (Производственная структура предприятия)

Типовые задачи для решения

Задача 1. Определить состав основных и вспомогательных цехов завода; производственную структуру основных цехов инструментального завода и показать на плане расположение основных цехов завода и схему производственного процесса в пространстве.

Исходные данные. Номенклатура деталей и узлов, выпускаемых инструментальным заводом (табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные наменклатуры деталей и узлов,
выпускаемых инструментальным заводом

Изделие	Тип производства	Примечание
Универсальный инструмент: штангенциркуль микрометр	массовое -//-	переведены на поток
Калибры круглые: пробки гладкие резьбовые кольца концевые пробки	серийное	имеют одинаковый маршрут обработки
Калибры плоские	мелкосерийное	имеют отдельные маршруты обработки
Контрольно-измерительные приборы	мелкосерийное	в приборы входят от 20 до 300 деталей
Контрольно-измерительные автоматы	единичное	автоматы одного типа изготавливаются в количестве 1-2 шт.

Кузнечная обработка производится на заводе. Литье завод получает по кооперации с других заводов. Все виды инструмента после предварительных операций проходят термообработку.

Задача 2. На машиностроительном предприятии выполняются следующие производственные процессы: литье, горячаяковка и штамповка, ремонт зданий, сооружений и уход за ними, изготовление и ремонт инструментальной оснастки, транспортирование и хранение материальных ценностей, механическая обработка, термическая обработка, контроль качества, сборка деталей в узлы,

сборка узлов в машину. Произвести классификацию указанных процессов на основные, вспомогательные и обслуживающие.

Задача 3. Классифицировать на основные и вспомогательные следующие цехи: литейный, кузнечный, модельный, заготовительный, экспериментальный, механосборочный, электроремонтный, ремонтно-механический, инструментальный.

Задача 4. В составе МПО «Промсвязь» имеются следующие цехи: ремонтно-механический, ремонтно-строительный, инструментальный, механический, по выпуску электростанций, печатных плат, транспортный, по выпуску продукции производственно-технического назначения, лакокрасочных покрытий, товаров народного потребления.

Отделы: планово-экономический, ОТиЗ, бухгалтерия, главного конструктора, главного технолога, кадров, материально-технического снабжения, экологии и охраны окружающей среды и др. Обслуживающие организации: фирменный магазин "Мэта", детский сад, здравпункт, летний оздоровительный лагерь.

Составить общую и производственную структуры МПО «Промсвязь». Дать классификацию цехов (основные, вспомогательные и обслуживающие).

Задача 5. В составе электротехнического завода им. В.И. Козлова имеются следующие цехи: инструментальный, ремонтно-механический, энергоремонтный, железнодорожнотранспортный, механический, металлоконструкций и панелей, трансформаторный, заготовительно-сборочный, производства металлоконструкций силовых трансформаторов.

Отделы: финансовый, кадров, материально-технического снабжения, бухгалтерия, социального развития, технического контроля и испытаний, административно-хозяйственный, экономический, главного энергетика, охраны труда и техники безопасности, научно-технической информации, механизации и автоматизации производственных процессов и др.

А также детские и социально-культурные учреждения, магазин, подсобное сельское хозяйство, предприятия общественного питания и здравоохранения.

Составить общую и производственную структуры. Дать классификацию цехов (основные, вспомогательные и обслуживающие).

Практическое задание № 2

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Типовые задачи для решения

Задача 1. Классифицировать по технологическому, предметному и смешанному признаку следующие цехи: литейный, кузнечный, крупного литья, механический, по изготовлению втулок, шасси, моторов и сборочный.

Задача 2. На машиностроительном предприятии выполняются следующие производственные процессы: литье, горячая ковка и штамповка, ремонт зданий, сооружений и уход за ними, изготовление и ремонт инструментальной оснастки, транспортирование и хранение материальных ценностей, механическая обработка, термическая обработка, контроль качества, сборка деталей в узлы, сборка узлов в машину. Произвести классификацию указанных процессов на основные, вспомогательные и обслуживающие.

Задача 3. Выбрать из двух вариантов планировки оборудования на участке наилучший по критерию минимума грузооборота.

На участке механообработки производится обработка деталей 4 наименований на фрезерных (Ф), сверлильных (С), токарных (Т) и расточных (Р) станках.

Среднее расстояние транспортирования деталей между станками – 3 метра. Предложены следующие варианты расстановки оборудования: Ф-Т-С-Р и С-Т-Р-Ф.

Исходные данные для расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для расчета

Деталь	Программа выпуска, шт.	Масса одной детали, кг	Последовательность обработки			
			Т	Ф	С	Р
А	200	0,3	1	4	2	3
Б	150	0,5	4	1	3	2
В	250	0,2	3	2	4	1
Г	120	0,4	3	4	1	2

Задача 4. В планируемом году предусмотрена реконструкция завода с изменением структуры. Необходимо выяснить, насколько изменится централизация вспомогательных производств, если известно: численность рабочих, изготавливающих инструмент и осуществляющих его заточку и восстановление, составляла до реконструкции и специализации 50 % от общей численности рабочих, выполняющих эту функцию, а после реконструкции – 80 %; численность рабочих, занятых централизованно ремонтом и техническим обслужива-

нием оборудования, до реконструкции равнялась 300, после нее – 350 при общей численности данной категории рабочих соответственно 380 и 370. Проанализировать улучшение пропорциональности производства, если пропускная способность заготовительной, обрабатывающей и сборочной стадий до реконструкции и специализации составляла соответственно 60, 50 и 20 тыс. изделий, после реконструкции был утвержден цехам соответственно 48, 48 и 23 тыс. изделий в год, после нее – 65, 65 и 30 тыс.

Задача 5. На машиностроительном заводе, где работают 2 500 человек, имеются подразделения, перечисленные в таблице. Определить численность работников, занятых в основных, вспомогательных и обслуживающих производствах, удельный вес работников основного и вспомогательного производства. Дать предложения по укрупнению подразделений и устранению излишних (табл. 3).

Таблица 3

Исходные данные о подразделениях и численности работающих

№ п/п	Подразделения	Численность работающих
1	Литейный цех	300
2	Цех раскроя	80
3	Кузнечный цех	320
4	Механический цех № 1	400
5	Механический цех №2	300
6	Цех металлопокрытий	70
7	Термический цех	100
8	Сборочно-сварочный цех	400
9	Модельный цех	60
10	Энергомеханический цех	50
11	Электроремонтный цех	150
12	Ремонтно-механический цех	120
13	Тарный цех	50
14	Транспортный цех	70
15	Типография и переплетная мастерская	30

Задач 6. В состав механического цеха входят два участка: №1 и №2, которые специализируются по технологическому признаку на выпуске различных деталей средними сериями. На планируемый год намечается углубление специализации цеха на производстве корпусных деталей. Изменение в специализации создало ситуацию: оставить производственную структуру без изменения или организовать работу участка №1 по предметному признаку, оставив технологический признак только на участке №2, т.е. специализировать его на изготовлении корпусных деталей. Техничко-экономические показатели для анализа производственных структур отражены в таблице 4.

Технико-экономические показатели

Цех	Количество рабочих мест (оборудования)		Количество технологических операций		Средняя продолжительность технологической операции, мин		Время транспортных операций, ч		Длительность производственного цикла, ч	
	Специализация									
	Технологическая	Предметная	Технологическая	Предметная	Технологическая	Предметная	Технологическая	Предметная	Технологическая	Предметная
1	37	32	592	360	10	10	8	2	130	70
2	34	39	488	720	15	15	10	11	150	210

Необходимо оценить ситуацию с точки зрения рациональности производственной структуры и принять экономически обоснованное решение.

Задача 7. На заводе дорожных машин значительно увеличивается выпуск продукции, что повлечет за собой изменение в структуре. В основном производстве предстоит реконструкция и расширение литейного производства, во вспомогательном – инструментального. Однако есть возможность получать отливки и инструмент со специализированных заводов. Необходимо оценить возникшую ситуацию и принять решение о целесообразности изменения структуры.

Технико-экономические показатели для анализа представлены в таблице 5:

Таблица 5

Технико-экономические показатели для анализа

Показатели	Единица измерения, у.е.
Удельные капитальные затраты на расширение и реконструкцию:	
– литейного производства	1,20
– инструментального хозяйства	1,30
Себестоимость единицы продукции на данном заводе:	
– отливок	2,80
– инструмента	9,00
Оптовая цена единицы продукции:	
– отливок	2,40
– инструментов	8,70
Транспортные расходы на единицу продукции:	
– отливок	2,90
– инструмента	0,50

Практическое задание № 3

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЕНИ

Типовые задачи для решения

Задача 1. Обрабатывается партия деталей из 100 шт. Технологический процесс обработки детали состоит из шести операций (в мин): $t_1 = 3$, $t_2 = 5$, $t_3 = 4$, $t_4 = 2$, $t_5 = 6$, $t_6 = 3$. Первая, вторая, четвертая и шестая операции выполняются на двух станках, все остальные – на одном станке. Размер передаточной (транспортной) партии) 20 шт.

Определите технологический цикл обработки партии деталей при различных видах передачи деталей с операции на операцию. Постройте соответствующие графики.

Задача 2. Партия деталей в 10 шт. обрабатывается при последовательно-параллельном виде движения. Технологический процесс обработки детали состоит из шести операций (в мин): $t_1 = 2$, $t_2 = 9$, $t_3 = 5$, $t_4 = 8$, $t_5 = 3$ и $t_6 = 4$. Имеется возможность объединить пятую и шестую операции в одну пятую без изменения длительности каждой в отдельности. Определите, как изменится технологический цикл обработки партии деталей.

Задача 3. Партия деталей в 20 шт. обрабатывается при последовательно-параллельном виде движения. Технологический процесс обработки состоит из семи операций (в мин): $t_1 = 8$, $t_2 = 5$, $t_3 = 4$, $t_4 = 3$, $t_5 = 9$, $t_6 = 2$ и $t_7 = 6$. В результате совершенствования технологии длительность первой операции можно уменьшить на 2 мин, пятой – на 4 мин. Определите, как изменится продолжительность обработки партии деталей.

Задача 4. Технологический процесс обработки детали состоит из семи операций, продолжительность которых составляет (в мин): $t_1 = 5$, $t_2 = 9$, $t_3 = 6$, $t_4 = 4$, $t_5 = 10$, $t_6 = 3$ и $t_7 = 9$. Партия деталей – 40 шт. Четвертая операция объединяется с шестой в одну четвертую без изменения длительности каждой в отдельности, а пятая уменьшается на 2 мин. Определите, насколько сократится длительность обработки партии деталей при последовательно-параллельном виде движения в результате объединения и сокращения длительности операций.

Задача 5. Технологический процесс обработки детали состоит из семи операций (в мин): $t_1 = 6$, $t_2 = 20$, $t_3 = 14$, $t_4 = 10$, $t_5 = 15$, $t_6 = 8$ и $t_7 = 5$. Размер партии деталей 50 шт. Каждая операция выполняется на одном станке. Определите время обработки партии деталей при последовательном виде движения и время пролеживания каждой детали в ожидании передачи ее со второй операции на третью.

Задача 6. Партия деталей в 150 шт. обрабатывается при параллельно-последовательном виде движения. Две последние операции технологического процесса обработки детали имеют длительность 40 и 26 мин. Определите время одновременной работы оборудования на двух последних операциях и необходимый задел, обеспечивающий непрерывность работы оборудования на последней операции.

Задача 7. Постройте графики производственных циклов простого процесса при последовательном, параллельном и параллельно-последовательном движении партии. Проверьте правильность графического построения аналитическим расчетом длительности цикла при следующих условиях; величина партии деталей 800 шт., величина передаточной партии 80 шт. Нормы времени по операциям следующие (табл. 6):

Таблица 6

Нормы времени по операциям

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7
Норма времени, мни	3,0	6,9	2,0	3,6	8,0	1,8	1,1

На каждой операции работа выполняется на одном станке: среднее межоперационное время на каждую передаточную партию 60 мин; работа производится в две смены по 8 ч. Длительность цикла выразить в рабочих днях.

Задача 8. Определите:

а) длительность технологического и производственного цикла в часах, если партия деталей из 30 шт. обрабатывается параллельно-последовательно, передаточная партия 10 штук. Среднее межоперационное время 15 мин. Технологический процесс обработки следующий (табл. 7):

Таблица 7

Технологический процесс обработки

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7
Норма времени, мин	3	7	5	6	2	3	6
Число станков	1	2	1	2	1	1	2

б) как изменятся технологический цикл и коэффициент параллельности, если размер партии удвоить;

в) как изменится технологический цикл и коэффициент параллельности, если размер передаточной партии уменьшить в два раза?

г) как изменится длительность производственного цикла, если операция № 2 будет разделена на две (трехминутную и четырехминутную), каждая из которых выполняется на одном станке?

Задача 9. Определите коэффициент параллельности и срок исполнения заказа на 100 шестерен распределительного вала, если известно, что заготовки будут поданы в цех к 7 мая. Технологический процесс обработки следующий (табл. 8):

Таблица 8

Технологический процесс обработки

Номер операции	Операция	Норма времени, мин	Номер операции	Операция	Норма времени, мин
1	Револьверная	12	5	Затыловка	10
2	Токарная	3	6	Протяжка	2,5
3	Токарная	20	7	Снятие заусенцев	6
4	Зубофрезерная	30	8	Сверление	5

На операции № 4 может быть использовано два станка; цех работает в две смены по 6 ч, среднее межоперационное время 5 ч, заказ не делится на партии и передается с операции на операцию целиком.

Задача 10. Используя условия предыдущей задачи, определить, можно ли ускорить выпуск шестерен распределительного вала и выполнить заказ к 16 мая, если перейти на параллельно-последовательный вид движения с передачей деталей с операции на операцию по 10 шт. Как изменится степень параллельности работ?

Задача 11. Обрабатывается партия бронзовых подшипников передней бабки станка в количестве 100 шт. Технологический процесс обработки следующий (табл. 9):

Таблица 9

Технологический процесс обработки

Номер операции	Операция	Норма времени, мин	Число станков на операции
1	Сверление отверстий диаметром 50 мм, подрезка торцов и расточка	21	3
2	Предварительная подрезка второго торца	3	1
3	Предварительная проточка	4	1
4	Расточка отверстия чистовая	15	2
5	Токарная чистовая обточка верха	8	1
6	Токарная чистовая обточка конуса	8	1
7	Нарезавние резьбы	14	2
8	Сверление отверстий диаметром 6 мм	3	1
9	Опиловка и снятие заусенцев	2	1
10	Шлифование	11	2

Участок работает в две смены по 8 ч; среднее межоперационное время при параллельно-последовательном виде движения партий 30 мин. при параллельном – 3 мин. Определите:

а) длительность технологического цикла обработки всей партии при параллельном и параллельно-последовательном виде движения деталей при поштучной передаче;

б) длительность производственного цикла обработки всей партии и первой детали при параллельном и параллельно-последовательном движении;

в) как изменятся цикл и коэффициенты параллельности в процессах, если партию обработки удвоить;

г) какой вид движения партий и размер ее оказывает наиболее существенное влияние на цикл.

Задача 12. В литейном цехе изготавливается партия стальных отливок корпуса редуктора в количестве 200 шт. В опоку формуется одна деталь: процесс осуществляется с применением литейного конвейера (т. е. параллельно).

Технологический процесс следующий (табл. 10):

Таблица 10

Технологический процесс обработки

Номер операции	Операция	Норма времени, мин	Число рабочих мест
1	Формовка верха	3	6
2	Формовка низа	2,9	6
3	Отделка, сборка формы	1,5	3
4	Заливка формы	0,5	1
5	Охлаждение	2,5	5
6	Выбивка и очистка отливок	1,5	3

На протяжении суток цех работает непрерывно; среднее межоперационное время 20 мин. Определите производственный цикл изготовления партии отливок и производственный цикл изготовления первой отливки из партии.

Задача 13. Собирается механизм, состоящий из двух узлов и трех деталей (рис. 1). Длительность циклов следующая (табл. 11):

Таблица 11

Длительность циклов

Деталь	Д-1	Д-2	Д-3	Д-11	Д-12	Д-21	Д-22	Д-23
Длительность цикла изготовления деталей, дн.	4	6	2	3	4	2	3	5

Длительность производственных циклов сборки узлов следующая (табл. 12):

Длительность производственных циклов сборки узлов

Узел	М	Сб-1	Сб-2
Длительность цикла сборки, дн.	5	3	2

Определите общую продолжительность изготовления сборочных единиц, а также установить сроки начала сборки механизма М, если срок окончания изготовления изделия 1 сентября.

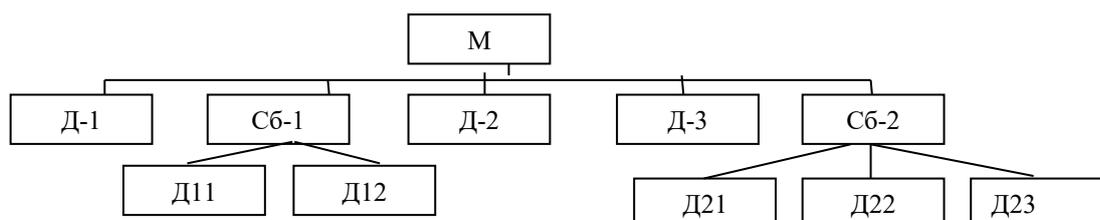


Рис. 1. Схема изготовления изделия

Задача 14. Постройте цикловой график и рассчитайте время, необходимое для изготовления изделия и при последовательном выполнении сборочных операции (рис. 2). Определить, как уплотнится цикл, если Сб-11 механизма М-1 будет подаваться не к началу сборки, а только на операцию № 3.

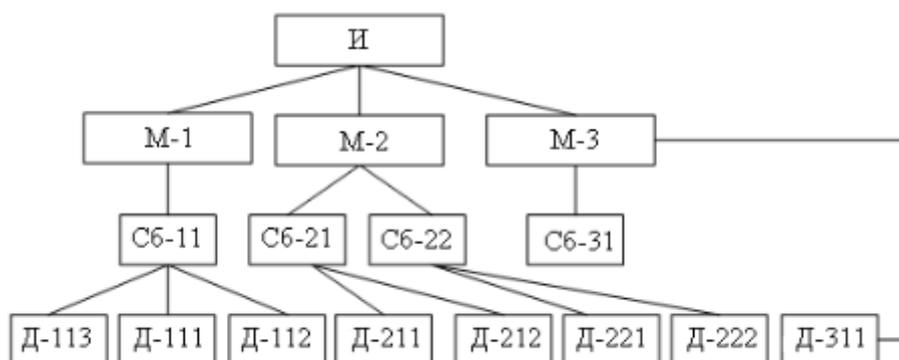


Рис. 2. Схема изготовления изделия

Нормы времени на сборочные операции следующие (табл. 13):

Таблица 13

Нормы времени на сборочные операции

Изделия, узлы, подузлы, детали	Норма времени, мин				Число станков на операции
	1	2	3	4	
И	2	4	2	0,5	8,5
М-1	1	3	2	1	7

С6-11	3	2	-	-	5
Д-111	1,2	-	-	-	1,2
Д-112	2	-	-	-	2
Д-113	4	-	-	-	4
М-2	1	3	2	0,5	6,5
С6-21	2	1	-	-	3
Д-211	5	-	-	-	5
Д-212	3	-	-	-	3
С6-22	2	1	0,5	-	3,5
Д-221	3	-	-	-	3
У-3	3	1	2	2	8
С6-31	2	1	1	-	4
Д-311	3	-	-	-	3

Задача 15. Определите длительность цикла сложного процесса изготовления механизма М, а также построить календарный цикловой график, учитывая, что детали (узлы) пролеживают на комплектующем складе в течение трех дней. Схема сборки механизма приведена на рис. 3. Длительность циклов простых процессов следующая (табл. 14):

Таблица 14

Длительность циклов простых процессов

Деталь	Длительность цикла изготовления деталей, дн	Деталь	Длительность цикла изготовления деталей, дн	Сборочные единицы	Длительность цикла сборки, дн
Д-01	4	Д-122	4	М	4
Д-02	5	Д-123	2	С6-1	5
Д-11	5	Д-211	3	С6-2	4
Д-111	2	Д-212	3	С6-11	2
Д-112	3	Д-21	3	С6-12	2
Д-113	1	-	-	-	-
Д-121	2	Д-22	2	С6-21	1

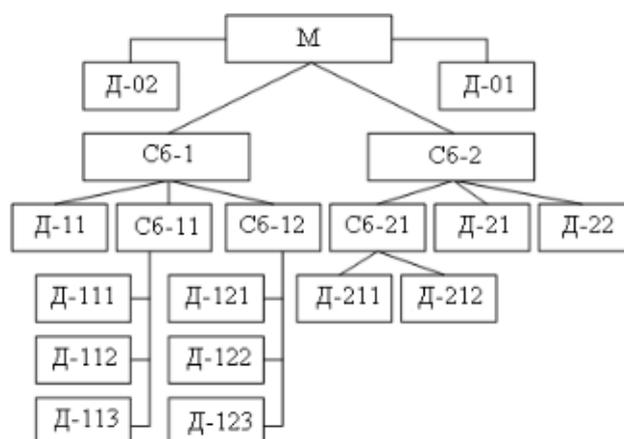


Рис. 3. Схема сборки механизма

Задача 16. По условиям предыдущей задачи определите:

а) как изменится цикл при уменьшении пролеживания деталей на комплектных складах до 2 дн.;

б) как изменится цикл, если всю предварительную сборку выполнять на одном участке.

Задача 16*. Постройте график последовательности выполнения операций на основе рис. 4.

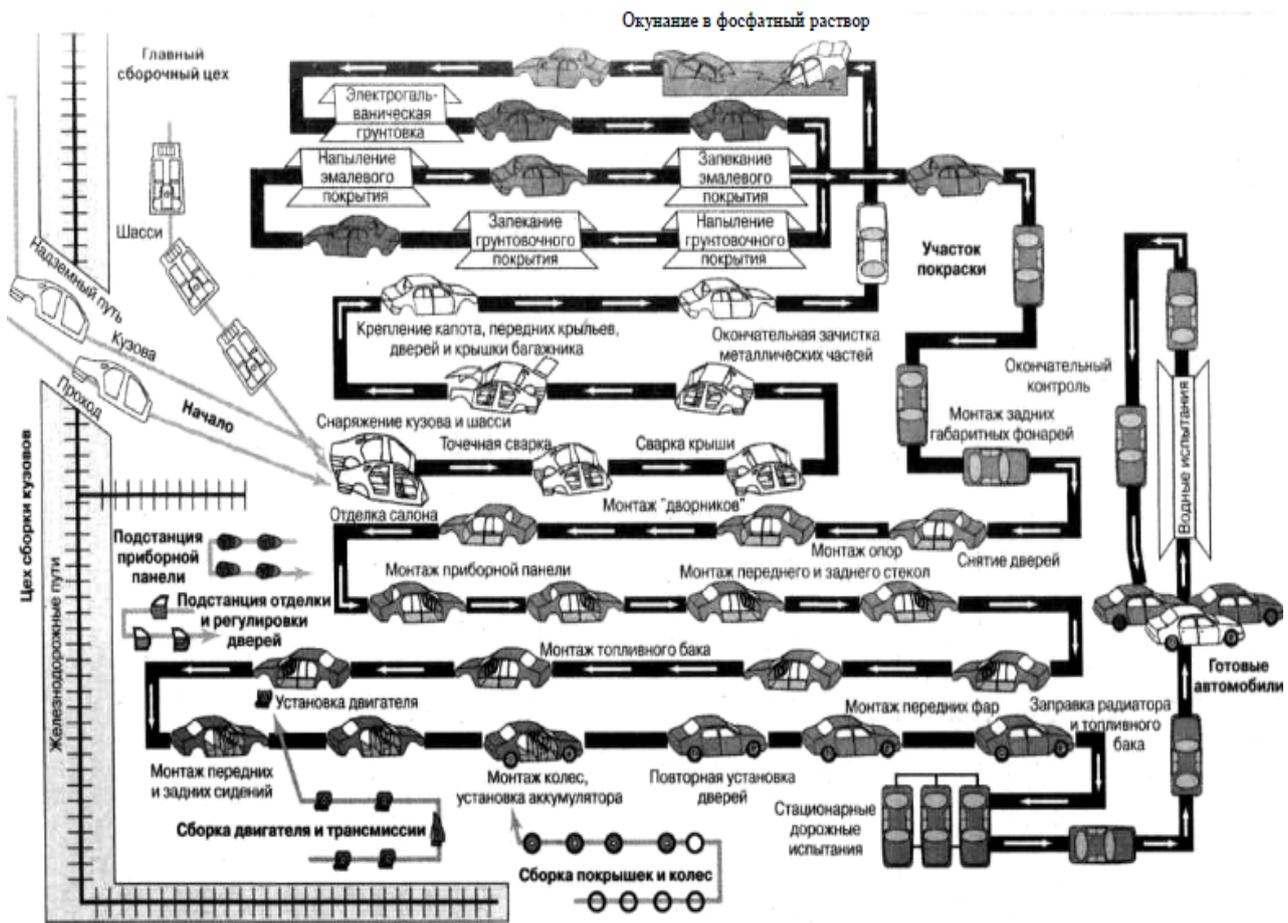


Рис. 4. Процесс сборки автомобиля

[Источник: Чеиз, Р. Производственный и операционный менеджмент / Р. Чего, Н. Эквилайн, Р. Ф. Якобе : пер. с англ. – 10 изд., перераб. и доп. – М. : ВД «Вильямс», 2007. - 1184 с.]

Практическое задание № 4
ОРГАНИЗАЦИЯ ОДНОПРЕДМЕТНЫХ
НЕПРЕРЫВНО ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Типовые задачи для решения

Задача 1. На участке механического цеха обработку шестерни перевели на поток. Трудоемкость обработки шестерни до перехода на поток составляла 140 мин. При переходе на поточный метод обработки были проведены организационно-технические мероприятия по совершенствованию технологии производства и организации труда, в результате чего трудоемкость обработки шестерни удалось сократить до 80 мин. Режим работы до и после перехода на поток – двухсменный. Регламентированные перерывы на линии 20 мин и смену. Определите производительность участка за год до ($N_{до}$) и после ($N_{пос}$) перехода на поток.

Задача 2. В цехе организован «стационарный поток» сборки турбин специализированными бригадами, каждая из которых состоит из 5 чел. Трудоемкость сборки одной турбины на стенде составляет 60 нормо-ч. Количество стендов в цехе 10. Цех работает в две смены. Количество рабочих дней в году 305, в том числе субботных и предпраздничных 58. Коэффициент выполнения норм 1,2. Определитесь такт перехода каждой бригады с одного рабочего места на другое и выпуск турбин за год.

Задача 3. Сборка узла производится па рабочем конвейере непрерывного действия. Трудоемкость сборочных операций 1,5 ч. Линия работает с тактом 5 мин. Расстояние между смежными рабочими местами 3 м; рабочие места расположены по обе стороны конвейера в шахматном порядке. Определите скорость движения конвейера и длину конвейера.

Задача 4. Число операций на рабочем конвейере 18. В результате улучшения организации труда на рабочих местах продолжительность выполнения каждой операции сократилась на 0,5 мин. Фактически за месяц с конвейера было выпущено 5080 изделий. Конвейер работал в две смены. Число рабочих дней в месяце 26, в том числе четыре субботных. Регламентированные перерывы 20 мин в смену. Определите плановый выпуск изделий с конвейера за месяц и плановую длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере.

Задача 5. Рабочий конвейер непрерывного действия работает в две смены. Число операций на конвейере 25. Длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере была установлена в 75 мин. В результате улучшения методов труда на рабочих местах программа выпуска изделий за месяц выполнена на 110%. Количество рабочих дней в месяце 26, в том числе

пять субботних и предпраздничных. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определите выпуск изделий за месяц и такт потока.

Задача 6. За смену с пульсирующего конвейера выпускается 160 изделий. Такт потока в 10 раз больше времени перемещения изделия с одного рабочего места на другое. Длина рабочей части конвейера 26,4 м. Длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере 54,75 мин. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин за смену. Определите шаг конвейера и скорость движения конвейерной ленты.

Задача 7. Технологический процесс сборки изделия на пульсирующем конвейере состоит из 14 операций. Продолжительность выполнения каждой операции на рабочем месте 4 мин. Скорость движения конвейерной ленты 6 м/мин. Шаг конвейера 1,8 м. Линия работает в две смены. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в *смену. Определите такт потока, производительность поточной линии за сутки и длительность технологического цикла сборки изделия на конвейере.

Задача 8. Скорость движения ленты пульсирующего конвейера 4 м/мин. За сутки с конвейера выпускается 320 изделий. Продолжительность выполнения каждой операции на рабочем месте 2 мин, а время перемещения изделия вдоль всей рабочей части конвейера 10 мин. Конвейер работает в две смены. По условиям производства конвейер работает с двумя перерывами в смену по 10 мин каждый. Определите длину рабочей части конвейера и длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере.

Задача 9. Такт поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, 4 мин. Шаг конвейера 1,4 м. Конвейер работает в две смены, регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. В результате внедрения рациональных методов труда продолжительность выполнения каждой операции сократилась на 25%. Определите, на сколько процентов можно увеличить скорость движения конвейерной ленты, и рассчитать производительность конвейера за сутки.

Задача 10. Количество рабочих мест по операциям на поточной линии, оснащенной распределительным конвейером, составляет: $C_1 = 1$; $C_2 = 3$; $C_3 = 2$; $C_4 = 1$; $C_5 = 3$; $C_6 = 2$; $C_7 = 4$ и $C_8 = 1$. Длина конвейера 54 м. Количество комплектов на конвейере 3. За смену с поточной линии выпускается 100 деталей. Регламентированные перерывы на отдых 20 мин в смену. Определите скорость движения конвейера и длительность технологического цикла обработки детали на линии.

Задача 11. На линии с распределительным конвейером обрабатывается корпус коробки передач: габарит 365 x 295 мм; масса до обработки 38 кг.

Необходимо определить такт и ритм линии: рассчитать необходимое число рабочих мест и их загрузку: выбрать тип и основные параметры конвейера: скорость движения ленты конвейера: шаг, длину рабочей части конвейера: составить таблицу распределения номеров конвейера: определить длительность производственного цикла при расчетной программе для линии 109 шт. в смену. Линия работает в одну смену.

Технологический процесс обработки корпуса следующий (табл. 15):

Таблица 15

Технологический процесс обработки корпуса

№п/п	Операция	t,мин
1	Фрезеровать плоскость прилегания к коробке скоростей	12,9
2	Фрезеровать плоскость прилегания к крышке скоростей	12,9
3	Шлифовать обе плоскости	4,2
4	Рассверлить семь отверстий	4,3
5	Нарезать резьбу	8,7
6	Сверлить четыре отверстия	4,2
7	Нарезать резьбу	4,3

Задача 12. В цехе осуществляется стационарная сборка станков. Процесс сборки синхронизирован: операции сборки осуществляются бригадами, состоящими из 5 человек каждая: трудоемкость всех сборочных операций – 220 человеко-ч.; месячная программа – 228 станков (за 23 дн.): Цех работает в две смены: регламентированные перерывы и потери времени на линии составляют за месяц в среднем 10 % финального фонда времени работы линии. Определите число необходимых сборочных станков, а также периодичность (ритм) передвижения бригад сборщиков.

Задача 13. Определите такт непрерывно-поточной линии обработки маховика трактора, потребное число рабочих мест и степень их загрузки.

Сменная программа выпуска линии – 143 шт.; технологические потери составляют в среднем 2 %: регламентированные перерывы в работе линии 6 % от продолжительности смены. Технологический процесс обработки следующий (табл. 16):

Таблица 16

Технологический процесс обработки

Номер операции	Операция	Норма времени мин
1	Черновая обточка обола	5,48
2	Черновая обточка ступицы	6,1
3	Чистовая проточка обода ступицы	18,34

4	Сверление и нарезание резьбы девяти отверстий	3,2
5	Зенкерование	2,9
6	Протяжка двух шпоночных канавок	3,0
7	Шлифование	5,9
8	Балансировка	5,4
9	Промывка	3,2

Задача 14. Радиоприемники собирают на конвейере. Сменная программа линии – 34 радиоприемника: трудоемкость сборки приемника 5 ч 25 мин: шаг конвейера – 1,6 м; регламентированные остановки линии для отдыха рабочих – 7 %; рабочие места располагаются с одной стороны конвейера. Определите:

- 1) такт линии;
- 2) число рабочих мест;
- 3) скорость движения ленты конвейера;
- 4) общую длину конвейера.

Задача 15. На линии обрабатывается ведущая шестерня (длина 297 мм. диаметр 118 мм; масса заготовки – 4 кг). Необходимо:

- 1) определить такт линии, необходимое число рабочих мест и их загрузку;
- 2) наметить тип и основные параметры конвейера (шаг, период, общую длину, скорость);
- 3) составить таблицу распределения номеров конвейера;
- 4) составить схему планировки поточной линии;
- 5) рассчитать цикл обработки деталей.

Сменная расчетная программа для линии – 298 шт. Технологический процесс обработки шестерни следующий (табл. 17):

Таблица 17

Технологический процесс обработки шестерни

Номер операнда	Операция	Норма времени, мин
1	Фрезерование торца	1,6
1	Предварительная обточка	4,7
5	Обточка корпуса	1,5
4	Окончательная обточка	4,7
5	Нарезание десяти шлицев	4,65
6	Предварительное шлифование шейки	1,5
I	Фрезерование резьбы	3,1

Задача 16. Проведите предварительную синхронизацию технологического процесса ручной сборки методом комбинирования операций и определить необходимое число рабочих. Такт поточной линии 5 мин. Продолжительность операций следующая (табл. 18):

Продолжительность операций

Номер операции	1	2	3	4	5	6	7
Норма времени, мин	3,2	2,6	1,7	4,3	2,5	3,2	1,9

Последовательность расположения операций № 1-5 может быть выбрана произвольно: операции № 6 и 7 должны выполняться последовательно в конце обработки.

Практическое задание № 5 ПРЕРЫВНЫЕ, ПЕРЕМЕННЫЕ И ГРУППОВЫЕ ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ

Типовые задачи для решения

Задача 1. Такт прерывно-поточной линии 5 мин. Технологический процесс сборки изделия состоит из двенадцати переходов, продолжительность которых (в мин): $t_1 = 4,2$; $t_2 = 2,1$; $t_3 = 3,7$; $t_4 = 4,0$; $t_5 = 1,2$; $t_6 = 5,3$; $t_7 = 3,9$; $t_8 = 0,8$; $t_9 = 3,0$; $t_{10} = 1,9$; $t_{11} = 3,0$ и $t_{12} = 2,0$. Проведите синхронизацию процесса сборки путем соединения смежных переходов в отдельные операции. После синхронизации должно быть пять операций. Определите длительность каждой операции после синхронизации и количество рабочих мест на линии.

Задача 2. Технологический процесс сборки изделия состоит из десяти операций, продолжительность которых (в мин): $t_1 = 4,4$; $t_2 = 1,5$; $t_3 = 2,5$; $t_4 = 7,8$; $t_5 = 1,5$; $t_6 = 6,0$; $t_7 = 8,5$; $t_8 = 3,0$; $t_9 = 6,3$; $t_{10} = 5,9$. В смену выпускается 70 изделий. Линия сборки работает в две смены. Внедряется мероприятие, которое сокращает трудоемкость операции № 4 на 5,8 мин, операции №7 – на 2,5 мин.

Проведите синхронизацию операций сборки после внедрения мероприятия методом комбинирования. Общее количество операций после синхронизации должно равняться шести. Операции № 9 и 10 выполняются последовательно в конце сборки. Последовательность расположения других операций может быть выбрана произвольно. Определите длительность каждой операции после синхронизации и количество рабочих мест на каждой операции после синхронизации.

Задача 3. Технологический процесс обработки детали на проточной линии следующий (табл. 19):

Таблица 19

Технологический процесс обработки детали на проточной линии

№ Операции	Операция	Норма времени в мин.
1	Черновая обточка	12
2	Сверление отверстий	8
3	Фрезерование зубьев	18
4	Чистовая обточка	10
5	Шлифование	15

Каждая операция выполняется на двух станках.

Определите межоперационные заделы и выпуск деталей за смену.

Задача 4. На прямоточной линии обрабатывается деталь-корпус. Технологический процесс обработки детали состоит из пяти операций, продолжительность которых (в мин): $t_1 = 5$; $t_2 = 3$; $t_3 = 6$; $t_4 = 2$ и $t_5 = 4$. Линия работает с тактом 7 мин. Составьте график-регламент работы оборудования и рабочих за смену, рассчитайте межоперационные оборотные заделы за смену и постройте график их движения.

Задача 5. На прямоточной линии обрабатывается картер редуктора. Определите такт линии, необходимое число рабочих мест на операциях и их загрузку, штат рабочих на линии, учитывая возможные совмещения. Составить план-график работы оборудования и рабочих на линии в двух вариантах:

- 1) при одном переходе рабочего на линии за период комплектования;
- 2) при нескольких переходах за тот же период.

Рассчитайте величину и составьте график изменения межоперационных оборотных заделов для каждого варианта плана-графика и сравните их величину. Суточная программа для линии 260 шт., линия работает в две смены. Технологический процесс следующий (табл. 20):

Таблица 20

Технологический процесс

Номер операции	Операция	Норма времени, мин
1	Подрезать торец фланца	2,7
2	Сверлить и развернуть два отверстия	2,7
3	Расточить места под подшипники с двух сторон	3,25
4	Развернуть места под подшипники с двух сторон	3,5
5	Зенкеровать четыре отверстия	0,9
6	Нарезать резьбу в четырех отверстиях	1,02
7	Фрезеровать наклонную плоскость под опорный ролик	3,8

Задача 6. На сборочный конвейер детали поступают с трех линий механической обработки. Сборочная линия работает в одну смену с тактом 12 мин. Две питающие линии подают детали непрерывно с тактами 18 мин. и 6 мин. Третья линия – прямоточная – подают на сборку детали 2 раза в смену; работая в одну смену, она полностью удовлетворяет потребности сборочной линии.

Определите максимальную величину межлинейных оборотных заделов по каждой из трех деталей и установите сменность работы поточных линий.

Задача 7. В литейном цехе на формовочно-заливочном конвейере отливается крышка масляного насоса при продолжительности ста смены 8 ч. Сменная программа выпуска – 3 720 шт. В одну опоку формуется четыре детали. Размер опок: верх 540x540x200 мм, низ 540x540x100 мм.

Технологический процесс содержит следующие операции (табл. 21):

Таблица 21

Технологический процесс

Номер операции	Операция	Норма времени, мин
1	Формовка верха	1,3
2	Формовка низа	0,9
3	Простановка стержней	0,42
4	Сборка формы	0,66
5	Заливка формы	3,0
6	Охлаждение формы	2,0
7	Выбивка	1,0
8	Разъем и подготовка опок	0,33

Определите:

- 1) такт и ритм линии;
- 2) необходимое число оборудования и рабочих по операциям;
- 3) длину рабочих зон на каждой операции и общую длину линии;
- 4) скорость движения конвейера;
- 5) длительность цикла изготовления отливки на конвейере.

Задача 8. На переменнo-поточной линии в течение месяца надо изготовить шестерни трех типоразмеров: первый 5000 шт., второй 3000 шт., третий 2000 шт. Трудоемкость обработки шестерни первого типоразмера 25 мин, второго 20 мин, третьего 35 мин. Линия работает в две смены. Количество рабочих дней в месяце 25, в том числе 5 субботних и предпраздничных. Потери времени на переналадку оборудования 8%. Определите рабочий такт выпуска шестерни каждого типоразмера и период выполнения задания каждого типоразмера.

Задача 9. На переменнo-поточной линии обрабатываются детали А, Б и В. Технологический маршрут обработки для всех деталей одинаковый. Трудоемкость по операциям для данных деталей различная. Состав станков по поточной линии при обработке всех деталей остаётся неизменным. Программа выпуска и трудоемкость обработки деталей следующие (табл. 22):

Таблица 22

Программа выпуска и трудоемкость обработки деталей

Деталь	Программа выпуска за ме-	Трудоемкость обработки
А	12 000	20

Б	15 000	15
В	8 000	30

Линия работает в две смены. Количество рабочих дней в месяце 26, в том числе пять субботних и предпраздничных. Потери времени на переналадку оборудования 5%. Определите общее количество рабочих мест на линии и рабочий такт выпуска каждой детали.

Задача 10. На переменнo-поточной линии обрабатываются детали А, Б и В. Технологический процесс обработки деталей следующий (табл. 23):

Таблица 23

Технологический процесс обработки деталей

№ операции	Операция	Месячная программа выпуска деталей и нормы времени на одну деталь		
		А	Б	В
		500	800	1000
1	Токарная	3	4,5	1
2	Фрезерная	5	2	6,5
3	Сверлильная	0,5	1,5	1
4	Резьбона-	4	6,4	4,5
5	Шлифо-	2	1,5	2,5
Итого		14,5	15,9	15,5

Режим работы линии двухсменный. Количество рабочих дней в месяце 25, в том числе 5 субботних и предпраздничных. Потери времени на переналадку оборудования 4%. Определите рабочий такт выпуска деталей каждого вида; количество оборудования на линии и его загрузку.

Задача 11. На переменнo-поточной линии обрабатываются изделия пяти наименований с одинаковым технологическим маршрутом, но различной трудоемкостью по большинству операций. Состав станков на поточной линии при обработке всех изделий остается неизменным, что диктует работу линии при обработке разных изделий с различными частными тактами. Однако обеспечиваются единый ритм выпуска изделий и постоянная скорость транспортера благодаря различным размерам передаточных партий для каждого вида изделий. Режим работы линии: 23 раб. дн. в месяц в две смены по 8 ч. Потери времени на наладку 6,5 %, плановый ремонт оборудования выполняется в нерабочее время. Программа и трудоемкость каждого изделия следующие (табл. 24):

Таблица 24

Программа и трудоемкость каждого изделия

Изделие	А	Б	В	Г	Д
Программа, шт.	4800	6000	1500	1000	1500
Трудоемкость одного изделия, мин	20	24	10	12	8

Определите частные такты, число рабочих мест и постоянный ритм работы линии.

Задача 12. Определите рабочие такты и число рабочих мест для переменнo-поточной линии сборки четырех типов блоков, имеющих значительное конструктивное сходство (табл. 25):

Таблица 25

Месячная программа выпуска деталей

Изделие	А	Б	В	Г
Месячная программа выпуска, шт.	500	1000	300	200

Режим работы линии: 23 дня. в две смены по 8 ч; допустимые потери времени на переналадку – 7 %. Расчет частных тактов необходимо произвести по условному объекту и по продолжительности выпуска отдельных видов изделий. Технологический процесс сборки следующий (табл. 26):

Таблица 26

Технологический процесс сборки

№ п /п	Операция	Норма времени, мин			
		А	Б	В	Г
1	Установить кронштейн	34	40,5	49,1	54
2	Монтаж	20,8	23,5	23	25,2
3	Установка сборочного соединения	8,7	10,0	11,5	13
4	Балансировка и проверка	33	40	46	53
5	Проверка по контактнЫм отметкам	18,0	21	23	26,1
6	Заккрытие блока	9,0	10	11,4	13,2
Итого		125,5	145	164	187,5

Практическое задание № 6
ЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Типовые задачи для решения

Задача 1. Определите трудоемкость работ. Изделие V группы сложности, III группы новизны, степень унификации – 60%. Необходимые нормативные данные приведены в табл. 27-29.

Таблица 27

Пример нормативов трудоемкости этапов ИП, ч/изделие

Этап работ	Группа сложности работ					
	1	2	3	4	5	6
НИР	0.500	0.800	02.000	05.000	08.000	12.000
Конструкторская подготовка производства	3.500	6.000	10.000	17.000	25.000	40.000
Технологическая подготовка производства	2.200	3.000	04.600	07.000	10.000	20.000

Таблица 28

Пример нормативов трудоемкости выполнения стадий КПП, ч/изделие

Стадия КПП	Группа сложности работ					
	1	2	3	4	5	6
Техническое задание	0,300	0,600	1,200	1,800	02,500	04,000
Техническое предложение	0,200	0,400	8,000	1,200	02,000	02,500
Эскизный проект	0,800	1,200	1,600	2,000	02,500	03,500
Технический проект	1,000	1,800	2,400	4,000	07,000	12,000
Рабочая документация	1,200	2,000	4,000	7,000	11,000	18,000
В том числе изготовление опытного образца	0,700	1,200	2,500	4,500	07,000	12,000

Таблица 29

Поправочные коэффициенты на ПКР в зависимости
от группы новизны k_n и степени унификации $k_{ун}$

Группа новизны*)	k_n	Процент унифицированных элементов в изделии						
		20	30	40	50	60	70	80
1	1,0	Значение коэффициента унификации $k_{ун}$						
2	0,8							
3	0,6	0,8	0,75	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

К первой группе новизны относятся изделия или узлы, обеспечивающие новые принципы выполнения операций производственного процесса, в том числе технологических, транспортных, загрузочно-разгрузочных, контрольных, резко повышающие производительность оборудования и качество выполняемых операций.

Ко второй группе новизны относятся изделия или узлы, при разработке которых известный принцип выполнения операций модернизируется с целью повышения производительности и качества выполняемой работы.

К третьей группе новизны относятся изделия, узлы, в конструкциях которых используется принцип действия, известный при выполнении других операций.

Задача 2. Корпус изделия может быть изготовлен из ковальной или штампованной заготовки. Определите аналитически и графически наименьшее количество заготовок, при котором экономично применение штампованной заготовки, если известны следующие данные (табл. 30):

Таблица 30

Исходные данные по детали корпус

Затраты	Вид заготовки	
	Поковка	Штамповка
Стоимость металла в руб./шт.	150	120
Стоимость изготовленной заготовки в руб./шт.	230	50
Стоимость механической обработки в руб./шт.	820	130
Расходы на оснастку в руб./год	-	14400

Задача 3. Необходимо установить, при каком количестве деталей в год целесообразно их обрабатывать на четырехшпиндельном автомате вместо револьверного станка, если известны следующие данные по затратам (табл. 31):

Таблица 31

Данные по затратам

Затраты	При обработке	
	на револьверном станке	четырёх-шпиндельном автомате
Заработная плата станочника с начислениями в руб./шт.	10	2,5
Стоимость эксплуатации в руб./шт.: станка инструмента	10	30
Амортизация станка в руб./шт.	10	10
Средняя стоимость наладки в руб./год	10	30

Стоимость эксплуатации специальной оснастки в руб./год	5000	10000
--	------	-------

Задача 4. Отрезка заготовок из прутка инструментальной стали диаметром 100 мм для фрез может производиться на ножовочном станке или дисковой зубчатой пиле. Установите, какой способ экономически более целесообразный, если известно (табл. 32):

Таблица 32

Исходные данные

Показатели	При отрезке на ножовочном станке	При отрезке на дисковой зубчатой пиле
Норма штучного времени, мин	12	2
Разряд работы	2	2
Ширина пропила, мм	3	7

Вес одного погонного метра стали диаметром 100 мм равен 61,65 кг. Стоимость одной тонны инструментальной стали 3,4 тыс. руб.

Задача 5. Обработка многоступенчатого валика может производиться на универсальном токарном станке или на многорезцовом автомате. Определите, на каком станке экономически целесообразнее обрабатывать детали, если их годовая программа составляет 2000, а затраты составляют (табл. 33):

Таблица 33

Исходные данные по затратам на деталь

Показатели	При обработке на токарном станке	При обработке на автомате
Заработная плата станочника руб/шт.	0,4	0,1
Стоимость наладки, руб/год	80	300
Стоимость эксплуатации станка, руб/шт.	1,5	2,5
Стоимость эксплуатации спец. Оснастки, руб/год	-	1500

Задача 6. Заготовкой для детали может быть пруток стали или чугунная отливка. Установите, какой вариант заготовки экономически более

целесообразен, если программа пот детали составляет 400 шт/год, а затраты при каждом варианте будут следующие (табл. 34):

Таблица 34

Затраты при каждом варианте

Показатели	Пруток	Отливка
Норма расхода металла, кг/шт	3	2
Стоимость металла, руб/кг.	8	3
Заработная плата, руб/шт.	20	10
Пр. переменные расходы, руб/шт.	31	25
Расходы на спецодежду, руб/год	5000	2000

Задача 7. Определите экономическую целесообразность применения приспособления для сборки узла, если количество узлов по программе 500 шт/год. Стоимость приспособления 10 000 руб. Коэффициент годовых эксплуатационных расходов 0,2. Срок нахождения приспособления в производстве 3 года. Норма времени на рацию при применении приспособления уменьшается с 18 до 12 мин. Тарифный разряд работы – четвертый.

Задача 8. Установите, при каком количестве наладок целесообразно применение универсально-наладочного приспособления (УНП) вместо специальных, если стоимость специального приспособления 8 000 руб., базовой части УНП 10 000 руб., а сменной наладки 3 000 руб. Коэффициент годовых эксплуатационных расходов для приспособлений и наладки равен 0,3. Коэффициент амортизации базовой части УНП 0,2. Срок службы специального приспособления 3 года.

Задача 9. Новое изделие включает 200 наименований оригинальных деталей. Установить аналитически и графически длительность технологической подготовки производства в месяцах на основе следующих данных (табл. 35):

Исходны данные

Этап подготовки	Среднее время	Число занятых работников
Производственный контроль чертежей, ч/чертеж	14	3
Разработка и ч/технол. карту: технологических процессов	2	5
Разработка технических норм времени	7	210
Проектирование специальной оснастки в чертежах		

Средний коэффициент оснащения 3. Выполнение работ по этапам производится параллельно-последовательно с разрывом в 5 дней. На изготовление специальной оснастки установлен срок 1 месяц после окончания ее проектирования. В месяце 23 рабочих дня по 8 ч.

Практическое задание № 7
ОРГАНИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА

Задача 1. Общее количество наименований деталей в первом варианте новой конструкций изделия 1550, во втором варианте 1500, а коэффициент конструктивной унификации соответственно 0,3 и 0,4. Определите, насколько уменьшается объем работ (в ч) по конструкторской подготовке во втором варианте, если средняя трудоемкость конструкторской подготовки производства одной оригинальной детали 40 ч.

Задача 2. Два варианта конструкции одного и того же изделия имеют следующее распределение деталей по степени их применяемости (табл. 36):

Таблица 36

Исходные данные

Показатели	№ варианта	
	первый	второй
Количество типоразмеров деталей	250	200
В том числе:		
– нормализованных	50	60
– стандартных	10	10
– заимствованных	40	35
Общее количество деталей в шт	1000	960

Определите коэффициенты конструктивной унификации и повторяемости по данным вариантам. Какой вариант более экономичный.

Задача 3. Определите коэффициент использования материалов в действующей и модернизированной конструкции, а также процент снижения средней материалоемкости после модернизации на основе следующих данных (табл. 37):

Таблица 37

Исходные данные

Показатели	До модернизации	После модернизации
Норма расхода материала в кг	16	14
Вес обработанных деталей в кг	12	11
Общее количество деталей в шт.	75	70

Задача 4. Определите, какое число конструкторов по оснастке необходимо выделить, чтобы закончить в течение 6 месяцев проектирование специальной оснастки для изделия, имеющего 1.800 оригинальных деталей.

Коэффициент оснащенности равен:

– по приспособлениям	1,5
– по штампам холодной и горячей штамповки	0,1
– по модельной и литейной оснастке,,,,,,,.....	0,2
– по специальному инструменту режущему и измерительному.	2,0

Средняя трудоемкость проектирования (в ч):

– одного приспособления	30
– одного штампа	40
– единицы модельной и литейной оснастки	35
– единицы специального инструмента	8

Объем дополнительных работ, поручаемых конструкторам, равен 400 н-ч.

Нормативы перевыполняются в среднем на 35%. Работа ведется в течение 22 рабочих дней в месяц по 8 ч в день.

Задача 5. Проектирование специального технологического оснащения для нового изделия должно быть закончено согласно графику в течение 3 месяцев. По предварительным расчетам для изделия потребуется следующая оснастка со средней трудоемкостью (табл. 38):

Таблица 38

Требуемая оснастка со средней трудоемкостью

Инструмент	Количество наименований	Среднее время на единицу, ч
Штампы для холодной штамповки	100	20
Прессформы	20	100
Приспособления	25	20
Специальный режущий и мерительный	150	6

Определите необходимое число конструкторов для выполнения задания отдельно для крупного, специального режущего и мерительного инструмента, если число рабочих дней в месяце 25, длительность рабочей смены – 7 ч, в субботу – 6 ч.

Задача 6. Конструкторская подготовка производства включает восемь основных работ, выполняемых последовательно и параллельно (рис. 5). Рассчитать продолжительность всех путей от исходного события к завершающему и определить критический путь (продолжительность работ указана в неделях)

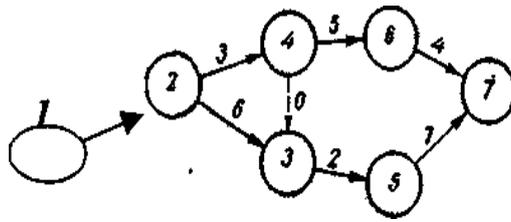


Рис. 5. Укрупненный сетевой график конструкторской подготовки производства

Практическое задание № 8
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА

Типовые задачи для решения

Задача 1. Определите трудоемкость, длительность цикла проектирования и изготовления технологической оснастки для изделия, имеющего 1 200 наименований оригинальных деталей.

Изготовление технологической оснастки начинается через полгода после начала ее проектирования. Число наименований специальной технологической оснастки на одну оригинальную деталь (коэффициент технологической оснащенности) составляет 2,1. Средняя трудоемкость проектирования единицы технологической оснастки – 100 ч, изготовления – 160 ч. Численность исполнителей по проектированию оснастки – 80 человек, по изготовлению – 150 человек. Среднее выполнение норм при проектировании технологической оснастки составляет 120%, при ее изготовлении – 140%. Продолжительность рабочего дня 8 ч, в месяце 20 рабочих дней.

Задача 2. Определите общую календарную длительность (в неделях) выполнения следующих этапов технической подготовки производства: этап I – конструкторская разработка чертежей; этап II – производственный контроль чертежей; этап III – разработка технологических процессов.

Изделие имеет 500 оригинальных деталей. Средняя норма времени на разработку чертежа одной детали 12 часов, на его контроль 2,4 часа, на разработку технологического процесса на деталь 16 часов. На выполнении работ по этапу I занято 22 человека, по этапу II – 6 человек, по этапу III – 9 человек. Рабочая неделя – 40 часов. Приведенные нормы перевыполняются в среднем на 30%.

Составьте план-график подготовки производства при последовательном и параллельно-последовательном выполнении работ по этапам. Коэффициент параллельности выполнения смежных этапов $k_{\text{пар}} = 0,3$.

Задача 3. Определите количество исполнителей на этапе «Разработка технологических процессов». Средняя трудоемкость разработки одного технологического процесса 28 н-ч. Директивная продолжительность выполнения этапа – 2 мес. За этот период необходимо разработать 56 единиц техпроцессов. Режим работы технологического отдела односменный, длительность смены 8 ч, в месяце 22 рабочих дня. Производственные задания технологами выполняются на 110%.

Задача 4. Оцените экономическую целесообразность использования параллельного либо параллельно-последовательного метода при освоении производства изделия Р-4 вместо снимаемого с производства изделия Р-3.

Достигнутый заводом выпуск изделия Р-3 – 400 штук/мес., проектный выпуск изделий Р-4 – 480 шт./мес. Возможность использования резервных участков позволяет насадить выпуск изделий Р-4 одновременно с сокращением выпуска изделий Р-3, а также свести время кратковременной остановки сборочной линии до 0,5 месяца. Основные данные по предлагаемым методам перехода приведены в табл. 39.

Таблица 39

Основные данные по параллельному и параллельно-последовательному методам перехода на выпуск изделий Р-4

Характеристика метода перехода	Методы перехода	
	параллельный	параллельно-последовательный
Интенсивность свертывания производства изделия Р-3	25	10
Продолжительность выпуска изделия Р-4 на резервных участках, мес.	-	4
Интенсивность нарастания объемов выпуска изделий Р-4 на резервных участках, шт/мес	-	15
Интенсивность нарастания объемов выпуска изделий Р-4 в основном производстве, шт/мес	30	60
Продолжительность времени совместного выпуска изделий Р-3 и Р-4, мес.	6	-
Дополнительные текущие затраты предприятия, связанные с созданием резервных участков Сдоп, тыс. руб.	-	0,6

Поставка заказчику единицы изделия Р-3 приносит прибыль заводу в размере 25 руб., изделия Р-4 – 30 рублей.

Постройте графики перехода на производство изделий Р-4 при параллельном и параллельно-последовательном методе перехода и определите продолжительность периода освоения производства изделия Р-4, принимая за начало отсчета момент сокращения выпуска изделия Р-3;

Практическое задание № 9 УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Типовые задачи для решения

Задача 1. Изготовлено 1200 ед. продукции. В результате контроля установлено, что 1120 ед. – годных, 60 ед. продукции имеет один дефект, 18 – по два и 2 ед. продукции – по 3 дефекта. Определите процент дефектной продукции и число дефектов на 100 ед. продукции.

Задача 2. Определите количество заготовок, которое необходимо иметь для изготовления деталей, если по статистическим данным брак на 1-й операции составляет 1%, на 2-й – 4%, на 3-й – 2%, на 4-й – 1% и на 5-й – 6%. План выпуска деталей – 1200 шт.

Задача 3. На производственном участке в текущем месяце необходимо изготовить и проверить 115000 деталей. Число контрольных измерений по одной детали – 6. На одну контрольную операцию затрачивается 0,6 мин. Степень выборочности контроля – 5%. Коэффициент, учитывающий время на обход рабочих мест и оформление документации – 1,2. Количество рабочих дней в месяце – 20. Определите численность контролеров на участке в данном месяце.

Задача 4. В цехе используются 100 ламп для освещения в течение 10 ч в сутки. Их ресурс 500 ч. цена 6 руб. за 1 шт. Взамен их предлагается использовать лампы, имеющие ресурс 800 ч и цену 30 руб. Число рабочих дней в году 260. Определите интегральный показатель качества старых и новых ламп, уровень качества, а также годовую экономию от использования новых ламп.

Задача 5. После внедрения на предприятии системы управления качеством увеличился выпуск продукции за счет снижения брака. Определите, на сколько увеличилась прибыль предприятия за год, используя исходные данные, приведенные в табл. 40.

Таблица 40

Исходные данные

Показатели	До внедрения	После внедрения
1. Объем выпуска, шт.	12000	13800
2. Себестоимость единицы продукции, руб.	180	153
3. Цена единицы продукции, руб.	270	270
4. Реализация продукции на внутреннем рынке, шт.	8000	9200
5. Реализация продукции на зарубежных рынках, шт.	4000	4600

Транспортные и складские затраты составляют 15% от стоимости реализуемой продукции. Затраты на разработку системы управления качеством составили 12 тыс. руб. Годовые затраты на функционирование системы качества – 1,5 тыс. руб.

Задача 6. Внедрение стандарта предприятия на СТО (средства технологического оснащения) дало возможность сократить число специальной оснастки для изготовления изделия А на 30 ед. для механической обработки, на 12 ед. для сборки, на 10 ед. для сварки. Средняя трудоемкость проектирования единицы оснастки для механической обработки – 15 н-ч, для сборки – 20 н-ч, для сварки – 10 н-ч. Стоимость одного н-ч проектирования оснастки – 20 руб. Средняя трудоемкость изготовления единицы оснастки соответственно составляет 40 н-ч, 60 н-ч и 50 н-ч. Средняя стоимость одного н-ч изготовления оснастки – 45руб. Определить полученную экономию.

Задача 7. В соответствии с техническим заданием необходимо спроектировать длинномер. Качество изделия оценивается по следующим показателям (табл. 41). Определите технический уровень нового изделия.

Таблица 41

Показатели оценки качества изделия

№ п/п	Показатели качества	Проектируемое изделие	Базовый вариант	Весомость
1	Диапазон измерения, мм	150	100	0,4
2	Точность измерения, мм	0,75	1,0	0,5
3	Время установки, настройки и измерения, мин	0,5	5	0,1

Задача 8. Проанализируйте единичные показатели качества базового и нового станков, определите уровень качества нового станка. Исходные данные приведены в табл. 42.

Таблица 42

Исходные данные

№ п/п	Показатель	Базовый	Новый
1	Часовая производительность станка q, шт.	18	24
2	Точность обработки, мм	0,04	0,03
3	Срок службы до капитального ремонта Tк, год	10	12
4	Удельная трудоемкость, н-ч/кВт	400	450
5	Удельная материалоемкость, кг/кВт	600	560
6	Применяемость стандартных сборочных единиц, %	70	75

7	Затраты на создание станка, руб.	10000	12000
8	Эксплуатационные расходы у потребителя, руб./ч	1,24	1,15
9	Эффективный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	4015
10	Коэффициент загрузки станка кз	0,85	0,85

Задача 9. Проанализируйте систему показателей качества агрегатных станков и определите относительные показатели качества. Дайте комплексную оценку качества агрегатного станка (базового и нового). Определите уровень качества нового станка. Единичные показатели качества агрегатных станков приведены в табл. 43.

Таблица 43

Единичные показатели качества агрегатных станков

№ п/п	Наименование показателя	Величина показателя станка		Весомость показателя, %
		базового	нового	
1. Показатели назначения				
1.1	Производительность станка, шт/ч	12	14	10
1.2	Точность обработки – неплоскостность на длине 500мм, мм	0,06	0,05	8
1.3	Точность обработки – непараллельность и перпендикулярность плоскостей на длине 100мм, мм	0,03	0,025	8
1.4	Шероховатость обработки поверхностей, мкм	3,0	2,5	8
2. Показатели надежности и долговечности				
2.1	Срок службы до капитального ремонта, год	8	10	9
2.2	Гарантийный срок, год	1,5	2	5
3. Показатели технологии				
3.1	Коэффициент сборности (блочности) станка ксб, ед.	1,0	1,0	4
3.2	Удельная трудоемкость, н-ч/кВт	390	370	5
3.3	Удельная материалоемкость, кг/кВт	800	780	5
4. Эргономические показатели				
4.1	Соответствие конструкции правилам техники безопасности, баллы	5	5	8
4.2	Уровень шума, Дб	80	75	6
5. Эстетические показатели				
5.1	Внешний вид, качество отделки, упаковки, баллы	4	4,5	5
6. Показатели стандартизации и унификации				
6.1	Применяемость унифицированных и стандартных сборочных единиц, %	60	61	8
7. Патентно-правовые показатели				
7.1	Показатель патентной защиты, ед.	0,13	0,14	6
7.2	Показатель патентной чистоты, ед.	1,0	1,0	5

8. Экономические показатели				
8.1	Цена станка, руб.	23000	25000	-
8.2	Эксплуатационные расходы, руб./ч	5,8	7,2	-

Действительный годовой фонд времени работы станков – 4015 ч, коэффициент загрузки станков – 0,75.

Задача 10. На контроль предъявлено 2000 деталей. Бракованная продукция составила 15%. Установлены следующие дефекты:

отклонения в линейных размерах	33%
отклонения от формы.....	22%
несоосность	15%
неперпендикулярность.....	13%
царапины	10%
прочие	7%

Установленные причины брака (табл. 44):

Таблица 44

Установленные причины брака

Причины	Число дефектных деталей
Установка и базирование деталей в спец. оснастке	80
Несоблюдение режимов обработки	64
Форма заготовки	52
Установка спец. оснастки на станке	45
Состояние оборудования	38
Прочие	21

Используя диаграмму Парето, проведите анализ причин появления брака. Определите затраты для изготовления деталей взамен бракованных, если стоимость заготовки и изготовление одной детали составляют 28 руб.

Задача 11. Производственная программа участка предусматривает выпуск в месяц (22 раб. дн.) следующих деталей (табл. 45):

Таблица 45

Характеристика деталей

Детали	Месячная программа выпуска, тыс. шт.	Трудоемкость контрольных операций, мин
Поршневые пальцы	20	1.26
Поршневые кольца	60	S.0
Болт крышки шатуна	40	2.1

Детали подвергаются выборочному контролю, при котором проверяется 50 % изготовленных. Дополнительное время контролера на обход рабочих мест и оформление документации составляет 30 %. Определите требуемую численность контролеров для участка.

Задача 12. В цехе крупносерийного производства при работе в 1 смену работают 220 основных рабочих. Обрабатывается 4 наименования деталей, из которых для двух видов деталей технология предусматривает по 18 операций, для двух других – 30 и 15 операций обработки. Определите необходимое число контролеров в цехе.

Задача 13. На участке работают 10 контролеров. Программа участка и трудоемкость контрольных операций следующие (табл. 46):

Таблица 46

Программа участка и трудоемкость контрольных операций

Детали	Месячная программа выпуска, тыс. шт.	Трудоемкость контрольных операций, мин
Поршень	16	3,0
Клапан	20	1,8
Пружина клапана	20	1,8

Дополнительное время контролера, необходимое для оформления документации и обхода рабочих мест, составляет 25 %.

Определите, какую степень выборочности контроля они могут обеспечить при восьмичасовой смене и 22 раб. дн. в месяц. При каком числе контролеров может быть обеспечен сплошной контроль.

Задача 14. В кузнечно-прессовом цехе половина всех изделий подвергается контролю по размерам и внешнему виду. Трудоемкость этой контрольной операции в среднем 0,85 мин. На выполнение этой операции цех выделил шесть контролеров. Производительность прессы за смену 2200 шт. Определите, сколько времени в смену контролеры могут заниматься оформлением необходимой документации и мероприятиями по предупреждению брака.

Практическое задание № 10
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКОЙ И
ОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Типовые задачи для решения

Задача 1. Определите годовой расход сверл диаметром 10 мм при норме машинного времени на сверлильную операцию 0,5 мин, длина режущей части сверла 10 мм, средняя величина снимаемого слоя при заточке 0,4 мм, стойкость сверла 2 часа, коэффициент преждевременного выхода из строя 0,03. Сменное задание по выпуску деталей на поточной линии 200 штук. Режим работы линии двухсменный.

Задача 2. Определите годовой расход насадных зенкеров диаметром 40 мм из быстрорежущей стали для зенкерования отверстий в трёх деталях при следующих исходных данных, приведённых в табл. 47. Коэффициент преждевременного износа принять 0,02.

Таблица 47

Исходные данные

№ детали	Годовая программа выпуска	Машинное время на одну деталь	Время износа, час
1	10 000	0,4	8
2	30 000	0,5	10
3	5 000	0,7	6

Задача 3. Годовая программа выпуска деталей 50 000 штук. Определите годовой расход специальных гладких скоб на годовую программу выпуска при следующих исходных данных: величина допустимого износа скоб 5 мк, количество измерений на одну деталь 4, коэффициент преждевременного износа 0,05, коэффициент выборочности контроля 0,2. Количество измерения на 1мм износа 300, число ремонтов 3.

Задача 4. Определите время износа и годовой расход резцов наварными пластинками из быстрорежущей стали. Длина режущей части инструмента 8 мм; величина слоя, снимаемого при каждой переточке, 1 мм; стойкость 1 ч; коэффициент преждевременного выхода из строя 0.05; годовая программа деталей, обрабатываемых данными резцами. 96 тыс. шт.; машинное время обработки одной детали 0,5 мин.

Задача 5. Определите норму расхода и годовой расход спиральных сверл из быстрорежущей стали диаметром 30 мм. Норма износа сверл 30 ч; годовая

программа деталей, обрабатываемых сверлами, 60 тыс. шт.; машинное время обработки одной детали 1,5 мин.

Задача 6. Определите норму износа и годовой расход гладких специальных скоб. Величина допустимого износа измерителя 5 мк; число замеров на 1 мк износа 250; коэффициент ремонта 3; коэффициент преждевременного выхода из строя 0,08; годовая программа деталей, проверяемых измерителем. 140 тыс. шт.; количество измерений на одну деталь 5; выборочность контроля 0.1.

Задача 7. Определите запасы токарных резцов с напайными пластинками из твердого сплава на рабочих местах одного из участков механического цеха. Стойкость резцов 2 ч: число рабочих мест, одновременно применяющих данные резцы. 3; число резцов, одновременно применяемых на каждом многорезцовом станке, 6; резервный запас резцов на каждом рабочем месте 2; периодичность смены резцов на рабочих местах 4 ч.

Задача 8. На автоматической линии обработки блока цилиндров стойкость метчиков рассчитана на 140 шт., а стойкость сверл – на 300 обрабатываемых блоков. Определите периодичность смены инструмента, работающего совместно на одной силовой головке станка, в часах и годовой расход сверл и метчиков в штуках, если число возможных переточек составляет для сверл 12, а для метчиков 6. Годовой выпуск деталей 250 тыс. шт. при трехсменной работе линии.

Задача 9. Детали контролируются скобой в двух сечениях с выборочностью 75 %. Допуск на износ проходной стороны скобы 5 мк при ее стойкости 500 промеров на 1 мк. Число допустимых ремонтов скобы 3. Годовая программа 75 тыс. деталей в год. Определите потребное число контрольных скоб.

Задача 10. Определите общее число резцов, находящихся на рабочих местах. Резцы применяются для выполнения двух операций при следующих условиях (табл. 48). Резервный запас резцов на рабочих местах равен одному комплекту.

Таблица 48

Условия применения резцов

Номер операции	Число станков	Число одновременно работающих резцов	Стойкость резца, мин	Периодичность подачи инструмента к рабочим местам, мин
1	4	3	50	90
2	3	1	50	90

Задача 11. Режущий инструмент определенного типа используется на четырех операциях при следующих условиях (табл. 49):

Таблица 49

Условия использования режущего инструмента

Номер операции	Число станков	Число резцов, одновременно работающих на станке	Стойкость резца, мин	Число резцов, выдаваемых на рабочие места
1	5	1	40	35
2	2	4	50	25
3	6	2	45	150
4	3	2	35	40

Коэффициент резервного запаса инструмента на рабочем месте равен единице. Определите периодичность подачи инструмента на рабочие места.

Задача 12. Определите необходимое число переточек инструмента и число рабочих в заточной мастерской. Годовой программой загружается цех на 2 500 тыс. станко-ч. Средний коэффициент машинного времени 0,4. Средняя продолжительность работы инструмента между переточками 0,66 ч. Состав инструмента и трудоемкость переточек следующие (табл. 50):

Таблица 50

Состав инструмента и трудоемкость переточек

Инструмент	Число переточек %, от всего количества инструмента	Трудоемкость, ч
Новые резцы	16,0	0,15
Затупившиеся резцы	65,6	0,04
Сверла	11	0,03
Развертка, зенкеры, фрезы	9,5	0,2
Пилы	0,9	1,7

Средний процент выполнения норм рабочими заточной мастерской составляет 120. Действительный годовой фонд времени работы одного рабочего 1740 ч.

Задача 13. Производственная программа цеха 2 тыс. изделий в год; в каждом изделии 10 деталей обрабатывается режущим инструментом со следующей характеристикой (табл. 51):

Характеристика режущего инструмента

Инструмент	Длина рабочей части, мм	Толщина слоя, снимаемого при переточке, мм	Стойкость инструмента, ч	Машинное время обработки одной детали, ч
Обдирочные прятные резцы	35	2,5	1,3	4,0
Расточные изогнутые резцы	25	4	0,5	3,0
Сверла	32	5	0,35	2,5

Определите потребность цеха в инструментах для выполнения программы: построить график движения инструментов в ЦИС.

Задача 14. Определите для каждого вида инструмента:

- 1) величину запаса, при которой необходимо сделать заказ на изготовление очередной партии инструмента;
- 2) величину максимального запаса в ЦИС;
- 3) составить график движения запаса токарных резцов в ЦИС.

Ежемесячный расход режущего инструмента из ЦИС и условия восполнения запасов следующие (табл. 52):

Таблица 52

Ежемесячный расход режущего инструмента из ЦИС
и условия восполнения запасов

Инструмент	Ежемесячный расход из ЦИС шт,	Интервал времени между заказами инструмента, мес,	Цикл изготовления, дн,	Минимальный запас, шт,
Токарные резцы	30	1	5	30
Спиральные сверла	16	2	8	16
Метчики	10	3	10	10

Коэффициент, учитывающий возможную задержку в изготовлении инструмента, 1,2; учитывающий перерасход инструмента 1,25.

Практическое задание № 11
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОРУДИЙ ТРУДА И
ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ХОЗЯЙСТВА

Типовые задачи для решения

Задача 1. Рассчитайте длительность ремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов мостового электрического крана 20-й категории сложности ремонта. Коэффициент, учитывающий условия работы крана, равен 1. Работа ведется в три смены. Построить график ремонтов и осмотров на текущий год, если известно, что последним ремонтом в предыдущем году является последний в цикле малый ремонт, проведенный в ноябре.

Задача 2. Рассчитайте длительность ремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов литейного конвейера 10-й категории сложности ремонта, работающего в условиях массового производства в три смены. Построить график ремонтов и осмотров на текущий год, учитывая, что конвейер вступил в эксплуатацию в ноябре предыдущего года. Определить трудоемкость ремонтных работ за весь период ремонтного цикла и за планируемый год.

Задача 3. Рассчитайте длительность ремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов легкого токарно-револьверного станка, выпущенного в 2020 г. и работающего в условиях механического цеха крупносерийного производства на операции обточки алюминиевых втулок. Станок 7-й категории сложности ремонта работает в две смены. Построить график ремонтов и осмотров станка, учитывая, что он установлен в сентябре 2021 г. Определить трудоемкость ремонтных работ на 2024 г.

Задача 4. Рассчитайте годовой объем ремонтно-слесарных работ в механическом цехе (без учета дежурного обслуживания), если согласно графикам ремонта, в данном году производятся следующие ремонты (табл. 53):

Таблица 53

График ремонтов

Категория сложности ремонта	7	10	12	25	32
Число осмотров	10	20	30	3	2
малых ремонтов	5	10	14	2	1
средних ремонтов	1	3	6	1	-

Определить число слесарей по ремонту в цехе, если действительный годовой фонд времени работы рабочего равен 1 740 ч.

Задача 5. Длительность ремонтного цикла пневматического молота стоимостью 3 500 руб. составляет при двухсменной работе 3,6 года. Срок службы деталей при работе в две смены и стоимость их замены или ремонта следующие (табл. 54):

Таблица 54

Срок службы деталей, стоимость их замены или ремонта

Группа деталей	Срок службы деталей, годы	Стоимость замены или ремонта, %, к стоимости станка	Группа деталей	Срок службы деталей, годы	Стоимость замены или ремонта, %, к стоимости станка
A1	0,6	1	A4	2,4	10
A2	1,2	5	A5	3,0	4
A3	1,8	3	A6	3,6	20

Рассчитайте экономически целесообразный срок службы данного пневматического молота с учетом обесценивания нового молота во времени в связи с научно-техническим прогрессом, если в стоимости замены или ремонта 50% составляют затраты на запасные части.

Задача 5. Рассчитать годовой объем работ в ремонтно-механическом цехе для проведения капитального ремонта оборудования по следующим данным (табл. 55):

Таблица 55

Исходные данные

Категория сложности ремонта	6	8	10	12	22	22
Число капитальных ремонтов в планируемом году	15	5	18	20	3	2

Определите число рабочих ремонтно-механического цеха, необходимых для выполнения этих работ, если действительный годовой фонд времени одного рабочего равен 1740 ч.

Практическое задание № 12
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Типовые задачи для решения

Задача 1. На участке механического цеха установлено оборудование, приведённое в табл. 56.

Рассчитайте годовую потребность цеха в электроэнергии.

Таблица 56

Оборудование механического цеха

Наименование оборудования	Установленная мощность	КПД электромоторов	Коэффициент использования оборудования по времени, ч
Токарные станки	36	0,8	0,7
Фезерные станки	30	0,7	0,8
Сверлильные станки	6	0,6	0,4
Зуборезные станки	18	0,7	0,6
Шлифовальные станки	28	0,8	0,8

Задача 2. В механическом цехе сжатый воздух используется на 20 станках. Среднечасовой расход воздуха на единицу оборудования 12 м^3 . Коэффициент потерь воздуха в трубопровода 1,5. Коэффициент загрузки станков по времени 0,8. Режим работы 2-х сменный. Определите суточный расход воздуха.

Задача 3. Определите годовую потребность пара для отопления здания объёмом 6000 м^3 Расход пара на 1 м^3 здания $0,5 \text{ ккал/ч}$. Разность температур 10°C . Количество дней в отопительном периоде 110. Теплосодержание пара 540 ккал/кг .

Задача 4. Определите годовую потребность производственного участка в сжатом воздухе, если он используется на 25 станках. Среднечасовой расход сжатого воздуха на одном станке 8 м^3 . Коэффициент утечки – 1,2. Коэффициент загрузки оборудования – 0,8. Число рабочих дней в году – 252. Потери времени на плановые ремонты – 5%. Работа ведется в 2 смены, продолжительность 8ч.

Задача 5. В текущем году план производства составляет 12 000 ед. продукции. План производства на следующий год увеличен по сравнению с предыдущим годом на 8%. Кроме того, произведена замена 10 ед. оборудования со средней мощностью 2,1 кВт на 8 ед. более производительного оборудования со средней мощностью 1,6 кВт.

Расход предыдущего года составил 6 млн. кВт-ч. Режим работы – двухсменный, продолжительность смены 8 часов, коэффициент загрузки оборудования 0,8. Количество рабочих дней в году 250.

Определить, как изменится потребление электроэнергии на предприятии.

Практическое задание № 13 ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА

Типовые задачи для решения

Задача 1. Согласно шахматной ведомости (табл. 57), на завод со станции железной дороги необходимо перевести 10000 т груза. Расстояние от железнодорожной станции до завода 5,6 км. Для перевозки груза будут использованы пятитонные автомашины. Скорость движения автомашины – 42 км/ч. Время погрузки – 40 мин., время разгрузки – 25 мин. Количество рабочих дней в году – 255. Режим работы – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Потери времени на плановые ремонты автомашин – 6%. Коэффициент использования грузоподъемности автомашины – 0,8.

Определите время пробега автомашины по заданному маршруту, длительность рейса, необходимое количество транспортных средств и коэффициент их загрузки, количество рейсов в сутки и производительность одного рейса.

Таблица 57

Шахматная ведомость грузопотоков, т

Куда Откуда	Станция ж/д	Станция заводская	Цех № 1	Цех № 2	Цех № 3	Отвал (отходы)	Итого
Станция ж/д	-	10000	-	-	-	-	10000
Станция заводская	7500	-	2000	8000	-	-	17500
Цех № 1	-	-	-	1500	-	500	2000
Цех № 2	-	-	-	-	7500	2000	9500
Цех № 3							
Отвал (отходы)	2500	-	-	-	-	-	2500
Итого поступит	10000	17500	2000	9500	7500	2500	49000

Задача 2. Ежедневный завоз 10 т металлов из центрального склада завода в пять цехов производится электрокаром грузоподъемностью 1 т. Маршрут кольцевой с затухающим грузопотоком, его длина составляет 1000 м. Скорость движения электрокара – 40 м/мин. Погрузка каждого электрокара на складе 10 мин, разгрузка в каждом цехе 5 мин. (в среднем). Склад работает в одну смену. Коэффициент использования времени работы электрокара – 0,85, средний коэффициент использования номинальной грузоподъемности – 0,8.

Определите необходимое количество электрокаров, средний коэффициент их загрузки и количество рейсов за смену.

Задача 3. Подвесной транспортный конвейер подает ежесменно для механической обработки 432 заготовки. Вес одной заготовки (в среднем) – 5 кг. Двигается

конвейер со скоростью 3 м/мин. Длина рабочей ветви конвейера – 79 м. На каждый грузовой крюк навешивается по две заготовки. Режим работы – односменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Коэффициент использования фонда времени работы конвейера – 0,9.

Определите количество грузовых крюков конвейера, шаг конвейера и часовую производительность.

Задача 4. Для обслуживания восьми погрузочно-разгрузочных пунктов, расположенных на равных расстояниях по кольцу длиной 1200 м, применяются электропары грузоподъемностью 2,0 т. Суточный грузооборот составляет 25 т. Средняя длительность погрузки на каждом пункте 5 мин., разгрузки 3 мин. Электропары перемещаются со скоростью 60 м/мин. Коэффициент использования электропары по грузоподъемности 0,75. Коэффициент использования фонда времени 0,85. Участок работает в две смены. Определите необходимое количество транспортных средств и количество рейсов за сутки.

Задача 5. В текущем месяце необходимо перевести со склада на завод 600 т заготовок. Расстояние между заводом и складом 45 км. Сколько потребуется пятитонных автомобилей, если скорость движения груженого автомобиля 45 км/ч, порожнего 60 км/ч. Число рабочих дней – 21 дн., продолжительность смены 8 ч, режим работы двухсменный, время погрузок – 50 минут, время разгрузки – 30 минут. Коэффициент, учитывающий неравномерность грузооборота 0,85, коэффициент использования грузоподъемности автомобиля – 0,8, коэффициент использования автомобиля по времени – 0,7.

Задача 6. Суточный выпуск деталей на механическом участке составляет 80 шт. Каждая деталь транспортируется электромостовым краном на расстояние 75 м. Скорость движения крана – 40 м/мин. Вес одной детали – 30 кг. На каждую деталь при ее погрузке и разгрузке приходится по 4 операции длительностью по 3 мин. каждая. Режим работы участка – двухсменный. Продолжительность рабочей смены – 8 ч. Время, затрачиваемое на плановые ремонты, составляет 15%. Определите время, затрачиваемое на один рейс крана, количество электрокранов и их часовую производительность.

Задача 7. Сменный грузооборот механического и термического цехов равен 10 т. Маршрут движения электрокаров между цехами – маятниковый двусторонний. Расстояние между цехами – 600 м. Номинальная грузоподъемность электрокара – 1 т. Скорость движения электрокара – 40 м/мин. Погрузка деталей в каждом цехе требует 10 мин, а разгрузка – 6 мин. Длительность смены – 8 ч. Коэффициент использования грузоподъемности – 0,8. Коэффициент использования фонда времени – 0,9. Определите необходимое количество электрокаров, коэффициент их загрузки и количество рейсов каждого электрокара за смену.

Задача 8. Суточное количество деталей, подаваемых подвесным конвейером 415 штук. Скорость движения конвейера 4 м/мин. Режим работы 2-х сменный с перерывом между сменами 10 мин. Длина рабочей части конвейера 96 м. Определите количество рабочих мест на конвейере, если на каждом рабочем месте транспортируется 2 детали.

Задача 9. Определить количество электрокаров, которое необходимо закрепить за заготовительным цехом, чтобы своевременно обеспечить два механических цеха заготовками. Грузоподъемность электрокара 0,5 т, средняя скорость 3 км/ч. Расстояние от заготовительного до механического цехов по 300 м. Годовой грузопоток из заготовительного цеха в цех №1 – 12000 т/год; в цех № – 8000 т/год.

Коэффициент неравномерности грузопотока составляет 1,25. Время на погрузку и разгрузку заготовок 20 минут. Коэффициент использования грузоподъемности электрокара – 0,8. Заготовки возятся в специальной таре. Транспортный цех работает в две смены. Коэффициент использования электрокара по времени – 0,9. Число рабочих дней в году 265.

Практическое задание № 14.
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СНАБЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И
ОРГАНИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Типовые задачи для решения

Задача 1. Квартальный выпуск электроприборов запланирован в количестве 6000 штук. На изготовление одного прибора требуется 6,25 кг меди, которая поступает на завод партиями по 22,5 т. Страховой запас меди принят 15 дней. Коэффициент использования общей площади склада при хранении в штабелях 0,6. Допустимая нагрузка на 1 м² пола 1,2 т. Склад работает в течение квартала 75 дней. Определите общую площадь склада.

Задача 2. Токарные резцы хранятся на инструментальном складе в клеточных стеллажах. Размер двухстороннего стеллажа 1,2х4,0 м высотой 2,0 м. Годовой расход резцов достигает 100 тыс. штук. Средние размеры токарного резца 30х30 длиной 250 мм. при удельном весе стали 8 г/см³. Инструмент поступает со специализированного завода ежеквартальными партиями. Страховой запас установлен 20 дней. Коэффициент заполнения стеллажей по объёму 0,3. Вспомогательные площади занимают 50% от общей площади склада. Склад работает 300 дней в году. Допустимая нагрузка на 1 м² пола 2,0 т. Определите необходимую площадь для хранения резцов.

Задача 3. Листовая сталь с удельным весом 7,8 т/м² хранится на складе на полочных стеллажах. Размеры стеллажа 1,8х1,5 м при высоте 2,5 м. Годовой расход стали 240 т. Сталь поступает на завод партиями по 40 т. Страховой запас составляет 15 дней. Количество рабочих дней в году 300. Коэффициент заполнения стеллажа по объёму 0,7. Коэффициент использования общей площади склада 0,4. Допустимая нагрузка на 1 м² пола 2,0 т. Определите площадь для хранения листовой стали.

Задача 4. Годовой расход черных металлов на заводе составляет 500 т. Металл поступает периодически, шесть раз в год. Страховой запас – 15 дней. Склад работает 260 дней в году. Хранение металла на складе – напольное. Допустимая нагрузка на 1 м пола – 2 т. Определите необходимую общую площадь склада, если коэффициент ее использования равен 0,7.

Задача 5. Годовой расход листовой стали на заводе составляет 380 т. Сталь поступает на завод ежеквартально партиями и хранится на центральном складе. Страховой запас предусмотрен в размере 15 дневной потребности. Стальные листы (плотность 7,8 кг/дм³) хранятся на полочных стеллажах размерами 1,8х1,5 м, высотой 2,0 м. Объём стеллажей используется на 65 %. Определите расчетное и принятое количество стеллажей, если склад работает 260 дней в году, а допустимая нагрузка на 1 м² пола составляет 2,0 т.

3 КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

ТЕСТ ПО ТЕМЕ «ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА»

1. Наиболее корректным определением термина «организация производства» является:

а) совокупность научных подходов к управлению производством, обеспечивающих наиболее рациональные формы создания и функционирования производственных систем, организации и осуществления производственного процесса;

б) система знаний в области производства продукции, аккумулирующая анализ накопленного производственного опыта и результатов научных исследований;

в) особый вид человеческой деятельности по созданию и совершенствованию производственных систем, обеспечивающий форму и порядок соединения труда и вещественных элементов производства в целях повышения эффективности производства и увеличения прибыли;

г) координация и оптимизация во времени и пространстве всех материальных и трудовых элементов производства с целью достижения в определенные сроки наибольшего производственного результата с наименьшими затратами;

д) комплекс мероприятий, направленных на рациональное сочетание процессов труда с вещественными элементами производства в пространстве и во времени с целью повышения эффективности, т.е. достижения поставленных задач в кратчайшие сроки, при наилучшем использовании производственных ресурсов.

2. Что понимается под общей структурой предприятия:

а) состав производственных подразделений и организаций по управлению предприятием, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

б) состав производственных подразделений и организаций по обслуживанию работников, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

в) состав производственных подразделений и организаций по управлению предприятием и по обслуживанию работников, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

г) состав производственных подразделений, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

д) состав производственных подразделений, величина и соотношение по численности руководителей, по размеру занятых площадей и пропускной способности.

3. Что понимается под производственной структурой предприятия?

а) состав производственных подразделений и организаций по управлению предприятием, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

б) состав производственных подразделений и организаций по обслуживанию работников, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

в) состав производственных подразделений и организаций по управлению предприятием и по обслуживанию работников, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

г) состав производственных подразделений, их количество, величина и соотношение по численности работников, по размеру занятых площадей и пропускной способности;

д) состав производственных подразделений и организаций по управлению цехами предприятия, их количество, величина и соотношение по численности управленцев.

4. Какие подразделения включает производственная структура предприятия?

а) обслуживающие хозяйства и побочные цехи, вспомогательные и основные цехи, органы управления, блок питания, библиотека, здравпункт;

б) основные цехи, вспомогательные цехи, обслуживающие хозяйства, побочные цехи;

в) основные цехи, обслуживающие хозяйства, вспомогательные цехи, органы управления;

г) обслуживающие хозяйства, органы управления, блок питания, библиотека, здравпункт;

д) ничего из вышеперечисленного.

5. Главной целью предприятия является:

а) создание заделов для долгосрочного периода;

б) минимизация производственных запасов и незавершенного производства;

в) получение прибыли в долгосрочной перспективе;

г) получение прибыли в краткосрочной перспективе;

д) ничего из вышеперечисленного.

6. При смешанной структуре цехи создаются:

- а) по принципу технологической однородности выполняемых работ;
- б) по отдельным переделам по признаку изготовления каждым из них либо определенного изделия, либо части его;
- в) заготовительные производства – по принципу технологической однородности выполняемых работ, а обрабатывающие и выпускающие объединяются в предметно-замкнутые звенья;
- г) заготовительное производство – по предметному, а обрабатывающее – по технологическому принципу;
- д) по предварительно утверждённому генеральному плану предприятия.

7. Какие подразделения включает цеховая структура?

- а) корпуса, цехи, участки;
- б) цехи, участки;
- в) участки;
- г) корпуса, участки;
- д) корпуса, цехи.

8. Производственная структура какого цеха организована по технологическому признаку?

- а) крупного литья;
- б) кузнечного;
- в) втулок;
- г) моторов;
- д) шестерён.

9. Под генеральным планом предприятия понимается:

- а) графическое изображение его территории со всеми зданиями, сооружениями, коммуникациями, путями сообщения и другими сообщениями, привязанными к определенной территории (местности);
- б) комплексный план экономического и социального развития коллектива предприятия;
- в) проектируемое размещение органов управления предприятием, согласованное с особенностями рельефа местности и требованиями благоустройства территории;
- г) комплексная программа развития научно-технического прогресса на 20 лет;
- д) план развития предприятия на предстоящий год.

10. Определение «Объединение всех или части разнохарактерных процессов по изготовлению определенного вида изделия в пределах одного участка, цеха, производства» описывает:

- а) принцип концентрации идеального производственного процесса;
- б) принцип универсализации идеального производственного процесса;
- в) принцип комбинирования идеального производственного процесса;
- г) принцип автоматичности идеального производственного процесса;
- д) принцип дифференциации идеального производственного процесса.

11. Что понимается под принципом прямоточности идеального производственного процесса?

- а) сокращение всех перерывов, как в использовании трудовых и технических ресурсов, так и в продвижении предметов труда в процессе производства;
- б) равенство пропускных способностей всех подразделений предприятия (цехов, участков, рабочих мест) по выпуску продукции, определенной заданиями плана;
- в) одновременное выполнение отдельных частей производственного процесса, т.е. создание широкого фронта работ по изготовлению данного изделия;
- г) обеспечение кратчайшего пути прохождения изделием всех стадий и операций производственного процесса – от запуска в производство исходных материалов до выхода готовой продукции;
- д) экономически целесообразное освобождение рабочего от затрат ручного труда на основе применения автоматического оборудования.

12. В основной части производственного процесса происходит:

- а) изготовление инструмента;
- б) ремонт оборудования;
- в) изменение предметов труда;
- г) изменение объектов труда;
- д) все вышеперечисленное.

13. В каких случаях возникают простои рабочих мест при параллельном виде движения предметов труда?

- а) вследствие пролеживания предметов труда между операциями;
- б) вследствие межсменного пролеживания;
- в) вследствие поштучной передачи предметов труда с операции на операцию;
- г) вследствие различий в длительности операций;
- д) вследствие недозагруженности оборудования.

14. Охарактеризовать параллельно-последовательный вид движения предметов труда:

а) при изготовлении партии деталей каждая последующая операция начинается только после выполнения предыдущей операции над всей обрабатываемой партией;

б) при изготовлении партии деталей каждая деталь передается на последующую операцию немедленно после окончания обработки на предшествующей операции;

в) при изготовлении партии деталей выполнение последующей операции начинается до окончания обработки всей партии на предшествующей операции;

г) при изготовлении партии деталей выделяется наиболее сложная деталь, перемещение которой с операции на операцию организуется без пролеживания

д) разработка, установление и применение однообразных условий, обеспечивающих наилучшее протекание производственного процесса;

15. Какой график разрабатывается для определения общего производственного цикла изготовления сложной продукции с взаимной увязкой во времени отдельных его элементов (деталей, сборочных единиц, изделия)?

а) цикловой;

б) синхронизированный;

в) параллельный;

г) последовательный;

д) параллельно-последовательный.

16. Выберите правильный вариант сочетания метода организации производства и типа производства:

а) партионный – единичное производство;

б) поточный – массовое производство;

в) партионный – массовое производство.

17. Количество операций, производимых в участке цеха – 10280, в цехе имеется 1839 единицы оборудования. Тип производства в цехе:

а) единичный;

б) мелкосерийный;

в) среднесерийный;

г) крупносерийный;

д) массовый.

18. Коэффициент закрепления операций измеряет уровень:

- а) специализации;
- б) прямооточности;
- в) пропорциональности;
- г) непрерывности;
- д) диверсификации.

19. Предпосылками организации поточного производства (условиями для перехода на поточные методы производства) не являются:

а) наличие в программе выпуска, согласованной с маркетинговой стратегией предприятия, достаточного количества изделий, имеющих одинаковые или сходные по конструктивно-технологическим и организационно-плановым признакам компоненты (унифицированные элементы, модули);

б) наличие в конструкции разных поколений одного изделия достаточного количества одинаковых или сходных компонентов (признак конструктивной преемственности изделий), что позволяет осуществлять их производство на постоянной технической базе без ее частого существенного изменения;

в) отработка конструкций изделий с точки зрения требований ее технологичности.

20. Основными параметрами рабочего конвейера являются:

- а) скорость конвейера и длина конвейера;
- б) минимальный комплект разметочных знаков;
- в) длина рабочей части конвейера.

21. Основное условие организации непрерывно-поточной линии:

- а) расчетное число оборудования больше принятого;
- б) коэффициент загрузки оборудования не меньше 75%;
- в) использование только специализированного оборудования;
- г) длительность операций должна быть равна или кратна такту потока;
- д) должна выполняться синхронизация между операциями.

22. Количество техпроцессов, необходимых для изготовления новой машины, - 18000. Количество типовых техпроцессов, имеющихся к моменту запуска в производство машины 6700, а количество групповых техпроцессов 2300. Средний коэффициент стандартизации равен:

- а) 0,13;
- б) 0,34;
- в) 0,37;

- г) 0,50;
- д) 1,50.

23. Количество деталей, образующееся между смежными операциями из-за их разной продолжительности, – это:

- а) транспортный задел;
- б) технологический задел;
- в) оборотный задел;
- г) позиционный задел;
- д) суммарный задел.

24. Если изменение межоперационного задела на прерывно-поточной линии равно нулю, то это значит, что:

- а) оборудование на рассматриваемом промежутке времени не работает;
- б) задел на рассматриваемом промежутке времени равен нулю;
- в) на смежных операциях на рассматриваемом промежутке времени оборудование не работает;
- г) изменение задела между смежными операциями равно нулю;
- д) изменение задела по всей линии равно нулю.

25. Центральным элементом гибкой производственной системы является:

- а) гибкая технологическая система;
- б) гибкий производственный модуль;
- в) гибкая производственная линия;
- г) гибкая производственная система;
- д) любой участок производства.

26. Подготовка производства – это:

- а) комплекс научных, технических и организационных работ, связанных с созданием и освоением новой и совершенствованием действующей техники и технологии, организации производства и труда;
- б) научные исследования и разработки, связанные с практической реализацией намеченных целей предприятия;
- в) деятельность коллективов по разработке и реализации в производстве инноваций;
- г) деятельность коллективов по реализации фундаментальных и поисковых научных исследований в производстве;
- д) деятельность коллективов по перевооружению и реконструкции предприятий.

27. Что является содержанием научно-исследовательской стадии подготовки производства?

- а) научные исследования и разработки, связанные с теоретическим обоснованием основных закономерностей технического прогресса;
- б) деятельность коллективов по разработке и реализации в производстве инноваций;
- в) деятельность коллективов по реализации фундаментальных и поисковых научных исследований в производстве;
- г) деятельность коллективов по перевооружению и реконструкции предприятий;
- д) деятельность коллективов по санации предприятия.

28. Содержанием проектно-конструкторской подготовки производства является:

- а) выбор заготовок, разработка межцехового маршрута движения деталей, проектирование средств механизации и автоматизации, разработка технологического оснащения производства;
- б) проектирование новой продукции и модернизация ранее производившейся, разработка проекта реконструкции и перевооружения предприятия;
- в) обеспечение нужным составом оборудования и инструмента, подготовка кадров, проектирование организации и обслуживания рабочих мест, расчет нормативов;
- г) проектирование организации и обслуживания рабочих мест;
- д) проектирование и утверждение генерального плана предприятия.

29. Процесс отработки конструкции новой техники и оформления документации установившегося серийного или массового производства завершается:

- а) изготовлением и испытанием опытного образца;
- б) сдачей опытного образца приемочной комиссии;
- в) изготовлением и испытанием установочной серии;
- г) сдачей установочной серии приемочной комиссии;
- д) оформлением патента.

30. Что содержит эскизный проект?

- а) окончательные технические решения, которые дают полное представление об устройстве проектируемого изделия и исходные данные для разработки рабочей документации;
- б) технические и технико-экономические данные о целесообразности разработки изделия, а также различные варианты возможных решений;

в) принципиальные конструктивные решения, которые дают общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также содержат данные, определяющие назначение, параметры и габаритные размеры изделия;

г) чертежи всех деталей сборочных единиц; схемы сборочных единиц, комплектов; спецификации, технические условия; документы, регламентирующие условия эксплуатации и ремонта машин;

д) конструктивные решения, которые ещё не дают общего представления об устройстве и принципе работы изделия.

31. Для «расшивки узкого места» применяются следующие мероприятия:

- а) сокращение количества оборудования;
- б) увеличение числа производственных рабочих;
- в) повышение режимов резания;
- г) диверсификация производства;
- д) всё вышеперечисленное.

32. Качество продукции – это:

а) совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность сохранять свои параметры в фиксированных условиях эксплуатации;

б) совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность длительно сохранять работоспособность в определенных режимах эксплуатации;

в) совокупность свойств продукции для ее использования по назначению;

г) совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением;

д) совокупность свойств продукции для ее продажи потребителю.

33. Какая группа показателей качества относится к единичным:

а) назначения, надежности и долговечности, технологичности, эргономические, эстетические, стандартизации и унификации;

б) назначения, надежности и долговечности, сортности, стандартизации и унификации, эргономические и эстетические;

в) назначения, надежности и долговечности, стандартизации и унификации, экономического эффекта, технологичности;

г) назначения, надежности и долговечности, технологичности, эргономические, эстетические, стандартизации и унификации сортности, экономической эффективности;

д) ничего из вышеперечисленного.

34. Технический уровень продукции – это:

- а) абсолютная характеристика качества продукции, основанная на количественной оценке одного или нескольких свойств продукции;
- б) относительная характеристика качества продукции, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции, с соответствующими базовыми значениями;
- в) абсолютное сопоставление значений показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции, с соответствующими базовыми значениями;
- г) характеристика системы человек – техника – среда;
- д) характеристика продукции по степени технологичности.

35. Сертификация продукции – это:

- а) деятельность соответствующих органов и субъектов хозяйствования по подтверждению соответствия продукции показателям, по которым не предусмотрено законодательством проведение обязательной сертификации;
- б) деятельность субъектов хозяйствования по подтверждению соответствия продукции показателю, обеспечивающему безопасность для жизни, здоровья и имущества граждан, а также охрану окружающей среды;
- в) деятельность тех или иных органов и субъектов хозяйствования по подтверждению соответствия продукции требованиям, установленным нормативными актами и конкретными стандартами или другими нормативными документами по стандартизации;
- г) деятельность, заключающаяся в нахождении решений для повторяющихся задач в сферах, науки, техники и экономики, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области;
- д) деятельность тех или иных органов и субъектов хозяйствования по подтверждению уплаты налогов и взносов.

36. Дать определение технического контроля.

- а) совокупность организационной структуры, ответственности, методов, процессов и ресурсов, обеспечивающих проведение определенной политики в области качества;
- б) установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции при ее разработке, производстве, обращении или потреблении, осуществляемые путем систематического контроля качества и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество продукции;
- в) проверка соблюдения требований, предъявляемых к качеству продукции на всех стадиях ее изготовления, и всех производственных условий, обеспечивающих его;

г) проверка соблюдения требований, предъявляемых к качеству продукции на всех стадиях ее изготовления и обращения или потребления, и всех производственных условий, обеспечивающих его;

д) совокупность организационной структуры, обеспечивающая проведение определенной политики в области стандартизации.

37. Что свидетельствует о появлении брака:

а) выход точки, нанесенной контролером на контрольную карту, за пределы контрольных допусков;

б) выход точки за пределы технических допусков;

в) выход точки за пределы припусков;

г) нахождение точки в пределах от $\pm 2\sigma$ до $\pm 3\sigma$;

д) выход точки от линии номинального размера.

38. Чтобы определить вид очередного ремонта станка, надо знать:

а) последний вид ремонта станка и межремонтный период;

б) последний вид ремонта станка, межремонтный период и структуру ремонтного цикла;

в) последний вид ремонта станка и структуру ремонтного цикла;

г) последний вид ремонта станка, ремонтный цикл и структуру ремонтного цикла;

д) последний вид и дату ремонта станка.

39. Что понимается под ремонтным циклом:

а) период работы между осмотром и капитальным ремонтом;

б) период работы между капитальными ремонтами;

в) период работы между очередными ремонтами;

г) период работы между осмотром и текущим ремонтом;

д) период работы между установкой оборудования и первым ремонтом.

40. Что включает в себя система планово-предупредительного ремонта:

а) осмотры, промывку, смазку, проверку на точность, текущие и капитальные ремонты;

б) осмотры и текущие ремонты;

в) осмотры, промывку, смазку и капитальные ремонты;

г) текущие и капитальные ремонты;

д) установку и осмотр оборудования.

41. Какая функция не относится к инструментальному цеху:

- а) обеспечения производства инструментом;
- б) обеспечения ремонта инструмента;
- в) сдачи инструмента на ЦИС;
- г) руководства работой ЦИС;
- д) обеспечения восстановления инструмента.

42. К нормализованному относится инструмент, который:

- а) предназначен для выполнения определенной операции при изготовлении конкретных деталей;
- б) применяется на определенных работах независимо от вида изделий;
- в) подразделяется на классы, подклассы, группы, подгруппы, типы и разновидности;
- г) связан с обслуживанием рабочих мест, служит для определения свойств и размеров продукции;
- д) предназначен для обслуживания вспомогательного производства.

43. Что не входит в состав оборотного фонда инструмента:

- а) инструмент на рабочих местах, в заточке и ремонте;
- б) страховой запас на ЦИСе;
- в) эксплуатационный фонд инструмента;
- г) инструмент в ИРК;
- д) инструмент в раздаточной кладовой.

44. Что входит в структуру энергохозяйства предприятия:

- а) теплосиловое, электросиловое, электроремонтное, газовое хозяйство, слаботочная связь;
- б) отопительное, электросиловое, газовое, осветительное хозяйство, слаботочная связь;
- в) теплосиловое, отопительное, электроремонтное хозяйство, санитарно-вентиляционное хозяйство;
- г) тепловое, электросиловое, санитарно-вентиляционное хозяйство, слаботочная связь;
- д) теплосиловое, электромагнитное, деревообрабатывающее хозяйство, слаботочная связь.

45. Общая потребность в энергии определяется по формуле:

- а) $\Sigma = \Sigma N + \Sigma_{\text{осв}} + \Sigma_0 + \Sigma_T + \Sigma_V + \Sigma_{\text{ст}} + \Sigma_{\text{сл}} + \Sigma_{\text{с}}$;
- б) $\Sigma = \Sigma N + \Sigma_{\text{осв}} + \Sigma_0 + \Sigma_T + \Sigma_V + \Sigma_{\text{сл}}$

- в) $\mathcal{E} = \mathcal{E}_H N + \mathcal{E}_{осв} + \mathcal{E}_о + \mathcal{E}_{ст} + \mathcal{E}_{сл}$
 г) $\mathcal{E} = \mathcal{E}_H N + \mathcal{E}_{осв} + N\mathcal{E}_о + \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_{ст} + \mathcal{E}_{сл} + \mathcal{E}_с$
 д) $\mathcal{E} = \mathcal{E}_H N + \mathcal{E}_{ст} + \mathcal{E}_{сл} + \mathcal{E}_с$

где \mathcal{E}_H – плановая норма расхода энергии на единицу продукции;
 $\mathcal{E}_{осв}$ – потребность в энергии для освещения;
 $\mathcal{E}_о$ – потребность в энергии на отопление;
 $\mathcal{E}_т$ – потребность в энергии на технологические цели;
 $\mathcal{E}_д$ – потребность в энергии на двигательные цели;
 $\mathcal{E}_в$ – потребность в энергии на вентиляцию;
 $\mathcal{E}_{ст}$ – отпуск энергии на сторону;
 $\mathcal{E}_{пр}$ – потребность в энергии на прочие нужды;
 $\mathcal{E}_{сл}$ – потребность в энергии на слаботочную связь;
 $\mathcal{E}_с$ – потери в сетях предприятия;
 N – производственная программа.

46. На рис. 6 представлена следующая система перевозки грузов:

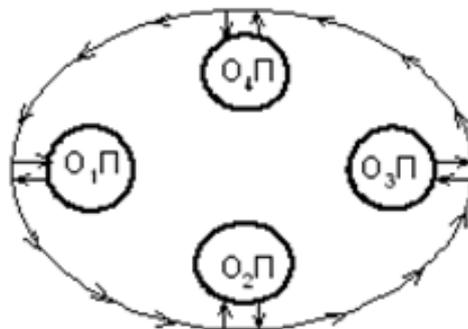


Рис. 6. Система перевозки грузов

- а) кольцевая;
 б) маятниковая лучевая;
 в) маятниковая односторонняя;
 г) маятниковая двухсторонняя;
 д) ничего из вышеперечисленного.

47. Что понимается под грузопотоком:

- а) общее количество грузов, перемещаемое в единицу времени;
 б) объем грузов, перемещаемых в единицу времени между двумя пунктами;
 в) количество грузов, прибывающих и перемещаемых за год;
 г) количество перевезенного груза в тоннах;
 д) количество груза, перемещаемого между цехами предприятия.

48 Что включает в себя внутризаводской грузооборот:

- а) объем межцеховых перевозок;
- б) объем всех грузов, прибывающих на предприятие;
- в) объем грузов, прибывающих и отправляемых за год;
- г) сумма отдельных грузопотоков;
- д) сумма грузопотоков внутри цеха;

49. Сущность системы «Канбан» заключается в следующем:

- а) по всей технологической цепочке создаются заделы деталей и узлов в незавершенном производстве и поддерживается их комплектность;
- б) предшествующий технологический этап «выталкивает» изделия, детали на последующий в строго установленное время;
- в) последующий технологический этап «вытягивает» из предшествующего необходимое количество изделий, деталей в строго установленное время;
- г) предшествующий технологический этап «выталкивает», а последующий «вытягивает» изделия, детали в строго установленное время;
- д) непрерывном внедрении творческих и новаторских идей в производство.

50. Определите, при каком объеме производства продукции первый вариант технологии эффективнее второго. Сравнительные показатели даны в табл. 58:

Таблица 58

Сравнительные показатели

Варианты технологии	Удельные переменные издержки, ден.ед./шт.	Условно-постоянные издержки, тыс.ден.ед./год
1	1200	370
2	1400	290

- а) при $N_{кр}$ от 400 до 800 шт.;
- б) при $N_{кр}$ более 400 шт.;
- в) при $N_{кр}$ менее 400 шт.;
- г) при $N_{кр}$ более 1000 шт.;
- д) при $N_{кр}$ менее 400 шт.

4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Основная литература

1. Короткевич, Л. М. Организация производства: пособие для обучающихся по специальности 1-27 01 01 "Экономика и организация производства (по направлениям)" по направлению специальности 1-27 01 01-01 "Экономика и организация производства (машиностроение)" / Л. М. Короткевич, Т. А. Сахнович, Ф. Ф. Кашлей; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Инженерная экономика". – Минск: БНТУ, 2023. – 58, [1] с.: ил., табл. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/135743>
2. Организация производства: курс лекций: [для студентов инженерно-экономических специальностей высших учебных заведений] / А. Ф. Надыров, Н. С. Сталович. - Гомель : ГГТУ, 2013. - 196 с.
3. Организация производства и управление предприятием: лабораторный практикум / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Экономика и организация машиностроительного производства". - Минск : БНТУ, 2012. - 84, [1] с.
4. Организация производства и управление предприятием. Лабораторный практикум: [пособие / А. А. Горюшкин и др.]. - Минск : БГУИР, 2013. – 144 с.
5. Организация производства и управление предприятием: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 38.03.02 (080200) "Менеджмент" / [О. Г. Туровец и др.]. - 3-е изд. - Москва : Инфра-М, 2015. - 504, [1] с.
6. Организация производства и управление предприятием: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям / С. А. Касперович, Г. О. Коновальчик. - Минск : БГТУ, 2012. - 342, [1] с.
7. Организация производства и управление предприятием: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям "Управление инновационными проектами промышленных предприятий", "Экономика и управление на предприятии", "Экономика", "Маркетинг", "Менеджмент (по направлениям)", "Логистика", "Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент" / В. Ф. Володько. - Минск : БНТУ, 2017. - 492, [1] с.
8. Организация производства на предприятиях машиностроения: учебник: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 080502 "Экономика и управление на предприятии" и другим экономическим специальностям / М. И. Бухалков. - Москва : Инфра-М, 2012. - 509, [1] с. - (Высшее образование)
9. Организация производства. Практикум: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по экономическим специальностям /

Л. М. Сеница, Н. Г. Шебеко. - Минск : Белорусский государственный экономический университет, 2016. - 261, [1] с.

10. Организация производства: учебник: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экономическим и техническим специальностям / Р. А. Фатхутдинов. - Изд. 3-е, переработанное и дополненное. - Москва : Инфра-М, 2018. - 544 с. - (Высшее образование — бакалавриат) (Бакалавриат)

11. Организация производства: учебник для студентов учреждений высшего образования по специальности "Экономика и управление на предприятии" / Л. М. Сеница. - 5-е изд., испр. - Минск: ИВЦ Минфина, 2021. - 616, [1] с.

12. Организация производства: учебно-методическое пособие / И. М. Царенкова, Р. Б. Ивуть. - Гомель : БелГУТ, 2014. - 119, [1] с.

13. Планирование и организация машиностроительного производства: курсовое проектирование: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений по техническим специальностям] / Н. С. Сачко, И. М. Бабук. - 2-е изд., исправленное. - Минск : Новое знание : Москва, Инфра-М, 2012. - 239, [1] с. - (Высшее образование)

14. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине "Организация подготовки производства" [Электронный ресурс]: для направления специальности 1-27 01 01-08 "Экономика и организация производства (приборостроение)" / Белорусский национальный технический университет, Машиностроительный факультет, Кафедра «Инженерная экономика»; сост.: Н. В. Зеленковская [и др.]. – Электрон. дан. – Минск: БНТУ, 2023. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/135417>

15. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине "Оперативное управление на машиностроительном предприятии" [Электронный ресурс]: для студентов направления специальности 1-27 01 01 "Экономика и организация производства", 1-27 01 01-01 "Экономика и организация производства" (машиностроение) / Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Инженерная экономика"; сост. Е. Н. Костюкевич. – Электрон. дан. – Минск: БНТУ, 2021. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/95013>

Дополнительная литература

16. Организация, планирование и проектирование производства: операционный менеджмент: перевод с 5-го английского издания / Найджел Слак, Стюарт Чеймберс, Роберт Джонстон. - Москва : Инфра-М, 2018. - XXVI, 789 с.

17. Организация производства и управление хозяйственными рисками: курс лекций / И. П. Воробьев, Е. И. Сидорова, А. Н. Сидоров. - Минск: Беларуская навука, 2015. - 177, [2] с.

18. Организация производства: рабочая тетрадь для практических занятий студентов экономических специальностей / Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Витебский государственный

технологический университет". - Изд. 2-е, стереотипное. - Витебск : ВГТУ, 2020. - 69 с.

19. Организация производства: учебно-методическое пособие по специальности 1-27 01 01-11 "Экономика и организация производства" (радиоэлектроника и информационные услуги) / Г. А. Калинин. - Минск : БГУИР, 2012. - 77 с.

20. Организация производства на промышленных предприятиях: учебник: учебное пособие по направлению подготовки 38.03.02 "Менеджмент организации" / И. Н. Иванов. - Москва : Инфра-М, 2018. - 350, [1] с.

21. Организация производства: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся на экономических специальностях и направлениях подготовки / В. Д. Сыров. - Москва : РИОР, Инфра-М, печ. 2013 (макет 2014). - 281, [1] с.

22. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр.

23. СТБ 2583-2020 «Цифровая трансформация. Термины и определения» (введен в действие с 01.03.2021)

24. Теория организации. Организация производства: интегрированное учебное пособие: для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки "Менеджмент" / [А. П. Агарков и др.]. - 3-е изд., стереотипное. - Москва : Дашков и К°, 2020. - 270 с.

25. Трачук, А.В., Линдер Н.В. Влияние технологий Индустрии 4.0 на повышение производительности и трансформацию инновационного поведения промышленных компаний [Электронный ресурс] // СРРМ. – 2020. -- №2. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologiy-industrii-4-0-na-povyshenie-proizvoditelnosti-i-transformatsiyu-innovatsionnogo-povedeniya-promyshlennyh>. – Дата доступа: 15.03.2024.

26. Устинович, И. В. Организация производства и управление предприятием [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс для студентов специальности 1-25 01 07 "Экономика и управление на предприятии" / И. В. Устинович; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Бизнес-администрирование". – Электрон. дан. – Минск: БНТУ, 2017.

27. Цифровой двойник. Визуализация технологического процесса и отслеживаемость [Электронный ресурс] // WINNUM. – Режим доступа: <https://winnum.io/production/continuous/interaktivnyy-3d-dvoynik>. – Дата доступа: 05.04.2024

28. Ын, Анналин. Теоретический минимум по Big Data: все, что нужно знать о больших данных / Анналин Ын, Кеннет Су. – Санкт-Петербург [и др.] : Питер Прогресс книга, 2020. – 205 с.