



М.А. Афонасова

# Организация производства на предприятиях отрасли

Учебное пособие

2005

**М.А. Афонасова**

# **Организация производства на предприятиях отрасли**

Учебное пособие

Рекомендовано Сибирским региональным  
учебно-методическим центром высшего  
профессионального образования для межвузовского  
использования в качестве учебного пособия  
для студентов специальности 080502 «Экономика  
и управление на предприятиях (по отраслям)»

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
2005

УДК 658(075.8)  
ББК 65.529-801я73  
А94

Рецензенты:

ОАО «Сибэлектромотор», директор **К.Р. Потман**,  
доцент каф. экономико-матем. методов Красноярск. гос. техн. ун-та,  
канд. экон. наук **Т.П. Лихачева**

**Афонасова М.А.**

**А94** Организация производства на предприятиях отрасли : учеб. пособие / М.А. Афонасова ; Федеральное агентство по образованию, Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. — Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2005. — 316 с.

В учебном пособии освещаются содержание и современные проблемы организации производства, раскрываются важнейшие направления совершенствования производственных процессов и систем. В пособии отражены современные подходы к разработке и освоению производства новых видов продуктов, обеспечению ритмичной и устойчивой работы производственных предприятий. Пособие содержит задачи по важнейшим темам дисциплины «Организация производства».

Для преподавателей и студентов вузов, научных и практических работников.

© Афонасова М.А., 2005  
© Томск. гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2005

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. Организация производства как система научных знаний и область практической деятельности	
1.1. Организация производства: основные категории и понятия .....	6
1.2. Развитие теории и практики организации производства .....	7
2. Предприятие как производственная система	
2.1. Системный подход к организации производства. Системы и системообразующие элементы .....	23
2.2. Производственные системы, их особенности и принципы функционирования .....	25
2.3. Предприятие как открытая система. Технико-производственная база предприятия .....	29
3. Производственный процесс на промышленном предприятии	
3.1. Производственный процесс и его структура .....	31
3.2. Принципы рациональной организации производственных процессов .....	34
3.3. Типы производства, их технико-экономические характеристики .....	37
3.4. Организация производственного процесса в пространстве .....	41
3.5. Структура и длительность производственного цикла .....	44
3.6. Виды движения изделий в производственном процессе .....	46
3.7. Методические указания, типовые задачи с решениями и задачи для решения .....	54
4. Поточное производство и способы его организации	
4.1. Сущность поточного производства. Виды поточных линий ....	64
4.2. Методические указания, типовые задачи и задачи для решения .....	69
5. Планирование организации и подготовки производства	
5.1. Планирование подготовки производства. Виды подготовки .....	102
5.2. Оперативно-календарное и линейное планирование подготовки производства .....	104
5.3. Планирование с использованием сетевых графиков .....	110
5.4. Методические указания, типовая задача с решением и задачи для решения .....	114
6. Организация вспомогательных производств и обслуживающих хозяйств на предприятии	
6.1. Состав и содержание производственной инфраструктуры предприятия .....	134
6.2. Организация ремонтного обслуживания на предприятии .....	135
6.3. Организация энергетического обеспечения .....	142
6.4. Организация транспортного обслуживания на предприятии .	146

6.5. Организация складского хозяйства на предприятии .....	152
6.6. Организация инструментального хозяйства .....	158
6.7. Методические указания, типовые задачи с решениями и задачи для решения .....	163
Организация ремонтного хозяйства .....	163
Организация транспортного хозяйства .....	181
Организация складского хозяйства .....	193
Организация инструментального хозяйства .....	198
7. Оперативное управление производством	
7.1. Задачи и содержание оперативного управления производством .....	210
7.2. Межцеховое и внутрицеховое оперативное планирование. Диспетчирование производства .....	213
7.3. Оперативное планирование серийного и массового производства .....	217
Серийное производство .....	217
Массовое производство .....	219
7.4. Зарубежный опыт оперативного управления производством .....	220
7.5. Методические указания, типовые задачи с решениями и задачи для решения .....	227
Оперативное планирование серийного производства .....	227
Оперативное планирование массового производства .....	247
8. Организация автоматизированного производства	
8.1. Организация производства с применением станков с ЧПУ ...	260
8.2. Организация гибкого автоматизированного производства ....	265
8.3. Методические указания, типовая задача с решением, задачи для решения .....	268
9. Экономическая эффективность организации производства	
9.1. Методические основы оценки экономической эффективности совершенствования организации производства .....	292
9.2. Порядок определения экономической эффективности совершенствования организации производства .....	294
9.3. Методические указания, типовая задача с решением и задачи для решения .....	297
Список рекомендуемой литературы .....	316

## Введение

Проблемы повышения эффективности деятельности и развития промышленного предприятия в настоящее время во многом определяются уровнем организации и планирования производства, которые являются главными составляющими производственного менеджмента, без знания принципов и методов которого невозможно грамотно и результативно управлять предприятием. Вот почему в преподавании экономических дисциплин организация производства занимает важное место в учебном процессе.

Настоящее учебное пособие предназначено для получения студентами необходимых теоретических знаний и приобретения навыков решения задач в области организации и оперативного планирования производства на уровне предприятия, цеха, отдельного участка.

Организация производства на предприятии охватывает сегодня целый комплекс важнейших задач самого разнообразного характера, среди которых:

- выбор и обоснование производственной структуры предприятия;
- проектирование и обеспечение гармоничного функционирования всех составляющих единого производственного процесса;
- проектирование и организация деятельности подразделений производственной инфраструктуры;
- гармоничное сочетание элементов производственного процесса во времени;
- организация труда работающих;
- рациональное сочетание организационных форм и экономических методов ведения хозяйства;
- разработка эффективного взаимодействия производственных подразделений и т.п.

Предметом изучения дисциплины «Организация производства» являются закономерности организации производственных систем и процессов на промышленных предприятиях.

Важнейшим методом изучения данной дисциплины является системное проектирование и системный подход, методология которого постоянно совершенствуется отечественными и зарубежными учеными.

В настоящем учебном пособии использованы задачи из лабораторного практикума по курсу «Основы менеджмента» Н.И. Новицкого (1998 г.), которому автор выражает признательность за кропотливый труд по подбору многочисленных задач и практических заданий, прекрасно иллюстрирующих содержание и сложность деятельности по проектированию и организации современного производства.

# **1. Организация производства как система научных знаний и область практической деятельности**

## **1.1. Организация производства: основные категории и понятия**

Наука об организации производства зародилась более ста лет назад. За прошедшие годы она переживала и стремительные подъемы, и десятилетия застоя. Вместе с тем и в настоящее время в литературе нет однозначного определения понятия «организация производства». Все существующие определения можно сгруппировать в две группы:

«организация производства» — это наука, изучающая действие и проявление объективных экономических законов в производственно-хозяйственной деятельности предприятий;

«организация производства» представляет собой рациональное соединение в пространстве и времени личных и вещественных элементов производства в целях удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли.

Наиболее распространенным и устоявшимся в экономической литературе является понимание организации производства как «способов выбора, разделения и кооперации элементов производства для достижения поставленных целей при минимальных затратах ресурсов».

В данном учебном пособии при изложении сущности и содержания производственного процесса и способов его организации под организацией производства мы будем понимать совокупность правил, процессов и действий, обеспечивающих форму и порядок соединения труда и вещественных элементов производства в целях повышения эффективности производства и увеличения прибыли.

Организация производства охватывает широкий круг проблем, связанных с деятельностью промышленного предпри-

ятия. Организация производства в масштабе предприятия — это выбор и обоснование производственной структуры предприятия, состава и специализации его производственных единиц; рациональное разделение труда между производственными подразделениями и внутри них; порядок обеспечения подразделений всеми видами ресурсов и производственных услуг и т.п.

Организация производства влияет на все конечные экономические показатели деятельности предприятия: производительность труда, себестоимость продукции, объем выпущенной продукции, уровень использования основных фондов и оборотных средств, рентабельность производства и др.

## 1.2. Развитие теории и практики организации производства

Широкий интерес к разработке проблем организации производства впервые вызвала промышленная революция конца XVIII — начала XIX в., потребовавшая применения не только эмпирических методов, но и внедрения научного эксперимента, с помощью которого делались попытки определить нормы выработки и оплаты труда, максимальные скорости работы оборудования, рассчитать оптимальный выпуск продукции, усовершенствовать организацию труда.

Так, известный физик Кулон опубликовал в 1798 году доклад «О производительности человеческого труда», в котором предлагались рекомендации по хронометражу в производстве.

Англичанин Р. Аркрайт, официально считающийся изобретателем прядильной машины, объединил под крышей своей фабрики все процессы текстильного производства и ввел иерархический принцип его организации. На основе планирования размещения оборудования, разделения труда, координации работ машин и персонала, дисциплины последнего ему удалось обеспечить непрерывность технологических процессов, что позволяло экономить на издержках и добиваться успеха в борьбе с конкурентами. Этим самым Аркрайт заложил основы того, что можно назвать индустриальным



управлением или организацией производства. Кроме того, Аркрайт создал «дисциплинарный кодекс» фабричной системы в виде совокупности штрафных санкций, фиксируемых в специальной книге и сводящихся к вычетам из заработной платы.

Учение о разделении труда, которое является одной из важнейших составляющих науки об организации производства, в окончательном виде было создано шотландским экономистом Адамом Смитом (1723–1790). Это учение он изложил в первой главе своего классического труда «Исследование о природе и причинах богатства народов» (1776). В этом труде и других работах он сформулировал принцип «экономического человека», стремящегося к обогащению и удовлетворению собственных потребностей, разработал концепции контроля и расчета оплаты труда.

Книга Смита «Исследование о природе и причинах богатства народов» начинается со знаменитого, ставшего хрестоматийным примера разделения труда в булавочной мануфактуре, где специализация рабочих позволяет во много раз увеличить производительность труда и объем производства.

Многие управленческие идеи и новшества в организации производства воплотил на практике Роберт Оуэн (1771–1858). Р. Оуэн был директором и управляющим ряда шотландских текстильных фабрик. В 1800–1828 гг. он провел социально-экономический эксперимент, суть которого состояла в предоставлении рабочим благоустроенного жилья, улучшении условий труда, быта и отдыха, открытии магазинов, торговавших товарами первой необходимости по доступным ценам. Кроме того, был повышен минимальный рабочий возраст для детей и сокращена продолжительность рабочего дня, в рабочих поселках создавались школы. При этом Р. Оуэн совсем не был сторонником массовой благотворительности. Им руководили строгий экономический расчет и забота о повышении производительности труда с помощью таких мер.

Идеи Оуэна почти на полтора столетия обогнали свое время, а потому были отторгнуты обществом и преданы забвению.

В конце XIX в. в производстве произошли крупнейшие сдвиги. Прежде всего, резко возросли его масштабы и концентрация, что выразилось в появлении огромных предприятий, на которых были заняты тысячи и десятки тысяч рабочих и инженеров. На них устанавливалось дорогостоящее оборудование, внедрялись сложнейшие технологические процессы, основанные на последних достижениях научно-технической мысли.

Принципиально новый характер производства потребовал иных организационных структур, схем управления, строгого соблюдения технологий, точности выполнения трудовых операций. Всего этого базировавшаяся на эмпирическом подходе старая система управления обеспечить не могла.

Таким образом, на повестку дня встала задача подведения под организацию производства необходимой научной базы. Предпосылки для этого были созданы опытом индустриального управления XIX в. и достижениями в таких областях знания, как экономика, социология, психология. Непосредственным толчком к развитию этих процессов стал ряд экспериментов, в ходе которых изучались факторы роста производительности труда, выяснялись оптимальные режимы использования оборудования, разрабатывались стимулирующие системы оплаты труда. Все это было подчинено поиску путей снижения затрат и увеличения производительности труда на основе применения различных методов управления.

Эти эксперименты проводились практически всеми научными школами управления.

Первой возникла рационалистическая школа. У ее истоков стоял американский инженер Фредерик Тейлор (1856–1915), который во всем мире признан родоначальником научных основ организации производства. «Отец научного управления» — начертано на его памятнике. «От него, — утверждает французский социолог Ж. Фридман, — исходят все системы, направленные на рационализацию или научную организацию производства».

Ф. Тейлор был талантливым инженером и организатором производства. Выходец из семьи юриста, он по состоянию здоровья не получил юридического образования и поступил

учеником на сталелитейный завод. Здесь за 10 лет он проделал путь от чернорабочего до главного инженера. Занимаясь самостоятельно, Тейлор сдал экзамены и получил диплом инженера-механика. Он много времени отдавал изобретательству — у него было около ста патентов.

Тейлор разработал методы, по которым для каждого вида работы, для каждой операции с помощью хронометража и тщательного изучения движений рабочего устанавливался самый рациональный способ выполнения заданной работы. Весь объем задания разбивался на мельчайшие операции, каждую из которых должен по возможности выполнять один человек. При этом устранялись все ошибочные, медленные, бесполезные движения, а отбирались наиболее быстрые, совершенные. Для контрольного выполнения операций назначались самые сильные, ловкие и искусные рабочие. Показатели их выработки, зафиксированные поэлементно хронометражем, устанавливались затем как норма, обязательная для всех рабочих. Вычислялось также минимальное время, необходимое для неизбежных производственных задержек, отдыха. По словам известного французского физика Ле Шателье, это была математика, примененная к организации труда в промышленности.

Тейлор так говорил о своей системе: «Наука вместо традиционных навыков, гармония вместо противоречия, сотрудничество вместо индивидуальной работы, максимальная производительность вместо ограничения производительности, развитие каждого отдельного рабочего до максимальной доступной ему производительности и максимального благосостояния».

В своих книгах «Управление предприятием» (1903) и «Принципы научного управления» (1911) Тейлор пришел к выводу, что главная причина невысокой производительности труда работников заключается в несовершенстве системы их поощрения. Поэтому он предложил резко расширить границы применения материальных стимулов, и прежде всего вознаграждения, которое должно быстро следовать за выполнением работы, чтобы обеспечить надлежащий эффект. Кроме

того, Тейлор предложил использовать прогрессивную систему оплаты труда, в основе которой лежали новые принципы — плата человеку, а не месту, установление расценок на основе точного знания, их единообразие.

Кроме различных форм вознаграждения рабочих, Тейлор рекомендовал использовать ряд мероприятий, в результате которых создавались условия на производстве, способствующие максимальной выработке: подробный инструктаж, планирование процессов труда до мельчайших подробностей, обеспечение рабочих научно подобранным стандартизированным инструментом, учет и контроль.

Но это еще не все. Первый шаг научного управления, по словам Тейлора, состоял в том, чтобы «менеджеры изъяли у рабочих все профессиональные тайны, которые они берегли для себя». Кроме того, им запрещалось думать. «Никто вас не просит, чтобы вы думали! — сердито заметил Тейлор рабочему-станочнику, который временами задавал ему вопросы. — На то здесь есть другие люди, которым за это платят!» Тем самым рабочие низводились до простых механических исполнителей.

Таким образом сформировалась система Тейлора, суть которой состоит в следующем:

- 1) точное установление времени (выработки) на основе разделения процесса обработки, хронометража операций и изучения движений;
- 2) подбор инструментов, оборудования, режимов обработки, приемов выполнения работ и рабочих для достижения максимальной производительности. Контролирование методов работы, а не производительности. Полное отделение рабочих от функций администрации;
- 3) функциональная система управления, основанная на разделении непосредственно административных функций.

Для капиталистов система Тейлора оказалась весьма ценной. На предприятиях, где проводилось внедрение системы, средняя производительность труда за три года возросла в два раза.

За первые тридцать лет XX в. эта система распространилась достаточно широко. Ее стали применять в Германии,

Англи, Франции, Швеции и других странах под флагом рационализации и научной организации труда.

Помимо Тейлора, крупнейшими представителями рационалистической школы были Френк и Лилиан Гилберт, изучавшие рабочие операции, используя кинокамеру и изобретенный ими прибор, названный микрохронометром. Основываясь на информации, полученной с помощью стоп-кадров, они изменяли рабочие операции для устранения лишних непродуктивных движений и повышения эффективности работы на обычном оборудовании. Например, количество движений, необходимых для кладки обычного кирпича, было сокращено с 18 до 4, что позволило увеличить производительность труда на 50 %.

Г. Гант (1861–1919), ближайший помощник Тейлора, разработал своеобразный график, на котором каждый рабочий мог видеть результаты своего труда и размер своего заработка за любое время, а также временные связи между разделами производственной программы и ход выполнения задания. «Этот график произвел революцию в управлении» — отмечают американские ученые Г. Кунц и С. О’Донелл. Он лег в основу оперативного планирования производственного процесса в рамках предприятия, а также сетевых графиков, которые были разработаны позднее. Подобно тому как технологическая операция расчленяется на элементы и микроэлементы, должны быть расчленены и операции управления.

В целом рационалистическая школа, называемая в обиходе тейлоризмом, опирается на следующие основные положения:

— признание менеджмента самостоятельной сферой и видом деятельности, основной функцией которого становится рационализация производства;

— расчленение процесса производства и трудовых операций на отдельные звенья и элементы и выявление затрат времени на их выполнение, что позволяет осуществлять их нормирование;

— планирование на основе норм рабочих заданий;

— выполнение функций планирования специальными подразделениями, определяющими последовательность, время, сроки выполнения работ;

— увеличение производительности труда с помощью более высоких зарплаток;

— подбор работников в соответствии с физиологическими и психологическими требованиями и их обучение.

Последователи рационалистической школы, занимаясь в основном поиском путей повышения эффективности процесса производства как такового, в то же время игнорировали проблемы управления организацией в целом.

Данный недостаток был преодолен школой административного управления. Эта школа, которую называют еще классической, оказала на практику менеджмента большее влияние, чем тейлоризм, поскольку разработала и предложила универсальные принципы управления, пригодные для всех уровней во всех типах организаций. «Крестным отцом» классической школы, как и всего современного менеджмента, считается француз Анри Файоль (1841–1925), который впервые изложил полную теорию менеджмента и сформулировал его основные принципы и функции в книге «Общее и промышленное управление» (1916).

В отличие от Тейлора, Файоль происходил из обеспеченной семьи. В течение тридцати лет он возглавлял крупную горнодобывающую компанию, которая в момент его прихода была на пороге краха, а к концу карьеры стала крупнейшей в мире. Главное внимание Файоль уделял управлению персоналом, и прежде всего административными кадрами. Глубоко познав на практике закономерности функционирования фирмы, Файоль сформулировал 14 принципов административного управления, сохраняющих свое значение до настоящего времени.

Американским последователем А. Файоля был инженер-механик Гаррингтон Эмерсон (1853–1931), получивший образование в Германии. Вершиной его исследований было формулирование в 1912 г. 12 принципов производительности.

1. Исходный пункт управления — отчетливо поставленные цели.

2. Здравый смысл, требующий признания ошибок и поиска их причин.

3. Компетентная консультация — привлечение профессионалов с целью совершенствования управления.
4. Дисциплина, основанная на четкой регламентации деятельности, контроле, своевременном поощрении.
5. Справедливое отношение к персоналу.
6. Быстрый, надежный, полный, точный и постоянный учет.
7. Диспетчеризация по принципу «лучше диспетчеризовать хотя бы незапланированную работу, чем планировать работу, не диспетчируя ее».
8. Нормы и инструкции, способствующие поиску и реализации резервов.
9. Нормализация условий труда.
10. Нормирование операций, заключающееся в стандартизации способов их выполнения, регламентировании времени.
11. Письменные стандартные инструкции.
12. Вознаграждение за производительность.

С именем Г. Эмерсона связывают дальнейшее распространение науки об организации производства в странах Европы.

В этом же направлении развивал свои принципы организации управления известный всему миру автомобильный король начала XX столетия Генри Форд I (1863–1947). Разработав конструкцию легкового автомобиля, Форд поставил перед собой цель сделать его дешевым. Для реализации этой цели Форд разработал непрерывно-поточную систему, основанную на применении конвейеров в производстве. Его принципы организации производства и управления могут быть сведены к следующим:

- 1) строго построенная по вертикали организация управления несколькими предприятиями, управление всеми частями и этапами производства из одного центра;
- 2) массовое производство, обеспечивающее минимальную стоимость, удовлетворяющее массового покупателя и максимально прибыльное;
- 3) развитие стандартизации, позволяющее быстро и без лишних затрат переходить на новые виды продукции;
- 4) конвейер с глубоким разделением труда на множество операций;

## 5) постоянное совершенствование управления.

В целом представители классической школы, и прежде всего Файоль, рассматривали организацию как замкнутую систему и искали внутренние возможности повышения ее эффективности как за счет совершенствования управления, так и путем создания основ для сотрудничества труда и капитала.

К двадцатым годам XX в. крупное машинное производство довело интенсификацию использования физических возможностей человека до предела. Наступила очередь интенсификации интеллектуальных возможностей личности. Необходимость перемен была вызвана нетерпимым отношением к тяжелому монотонному труду, выливающимся в массовые забастовки, конфликты между рабочими и мастерами, текучесть кадров. Возникла потребность в новых способах мотивации деятельности людей, обеспечивающих их высокопроизводительный труд.

Решающий шаг в этом направлении сделала школа человеческих отношений, рассматривавшая каждое предприятие, каждую фирму как определенную социальную систему. Странники школы человеческих отношений считали технократический подход к организации управления узким и односторонним и заменили концепцию «экономического человека», взятую на вооружение тейлоризмом, новой концепцией «социального человека».

Управляющий одной из американских компаний Р. Вулф ввел ряд новых материальных стимулов повышения производительности труда и привлек рабочих к решению некоторых вопросов управления. Вопреки концепции Тейлора он придавал большое значение заинтересованности рабочего в результатах работы, считая, что именно на этой основе можно добиться проявления творческих способностей рабочего, а это лучший стимул к напряженному труду.

Профессор Гарвардского университета Г. Мюнстерберг (1863–1916) подчеркивал зависимость производительного труда от психологических факторов. Он был автором первого теста и первого систематического очерка инженерной психологии, положил начало научному подходу к выбору профессии.



Самыми крупными представителями школы человеческих отношений были Мэри Фоллет и Элтон Мейо, полагающие, что рационализация производства и высокая заработная плата не всегда ведут к росту производительности труда. Желательные для менеджеров и предпринимателей цели могут быть достигнуты не только под воздействием материальных стимулов, но и сил, порожденных взаимодействием между коллегами в рамках трудового коллектива. В основе таких выводов были результаты экспериментов, проводившихся Э. Мейо на заводе «Вестерн Электрик» в Хоторне.

Целью Тейлора и Мейо было добиться высокой отдачи от рабочего. Но Мейо критиковал Тейлора за то, что тот в своих стремлениях не принимал во внимание личность трудящихся. Ограниченный набор материальных стимулов, деньги не создают послушных и преданных рабочих — доказывал Мейо. Рабочий не просто «механизм, реагирующий на заработную плату», он, в первую очередь, член коллектива.

Выводы Мейо были опубликованы в разгар Великого экономического кризиса (1929–1933), однако расцвет «теории человеческих отношений» пришелся на 1950–1960-е годы. Тейлоризм к тому времени, казалось, достиг уже своего потолка.

Основное содержание «теории человеческих отношений» заключается в следующем:

- 1) развитие у рабочих чувства как индивидуальной, так и коллективной ответственности;
- 2) создание на предприятиях атмосферы «подлинной общности интересов»;
- 3) переход от «центрального» авторитета к «фундаментальному» авторитету, то есть от авторитета должности к авторитету знания и профессионализма.

Чем же был вызван поворот от грубых мер эксплуатации «живых машин», предлагаемых Тейлором, к более гибким способам повышения производительности труда рабочих, рассматриваемых уже не как простое орудие производства?

Научно-технический прогресс существенным образом меняет роль человека на производстве, он требует, чтобы работник имел известное представление о производственных

процессах, в которые его включают. Для современного рабочего типичным становится совмещение функций физического и умственного труда, все большее значение для него приобретает содержание труда, возможность применения своих способностей.

В 1960-е годы свою концепцию стимулирования труда выдвинул американец Ф. Херцберг, автор книг «Стимулирование труда» и «Труд и природа человека», критиковавший Мейо за невнимание к содержанию труда. Сторонники Херцберга (не только в США, но и в ряде других стран) доказывали, что для того, чтобы преодолеть отчуждение рабочих, мало изменить психологический климат на производстве — прежде всего нужно отказаться от дробности в разделении труда, упразднить конвейер, обогатить содержание трудового процесса.

Практика показала, что доведенная до крайности дробность трудовых операций, возложенных на отдельного работника, не всегда дает высокий эффект, поэтому в современном производстве при сохранении общей тенденции на дробную специализацию проводится также и укрупнение операций, расширение трудовых функций рабочих (совмещение профессий). Во многих случаях, особенно в мелкосерийном и многономенклатурном производстве, при котором нужна частая перестройка производственного процесса, отказ от конвейера, введение автономных сборочных стандов способствуют повышению гибкости производства и качества продукции, снижают издержки производства.

Херцберг также рекомендовал поручать каждой группе рабочих изготавливать не отдельную деталь, а по возможности все изделие, переводить рабочих с одной операции на другую, заменить мастеров-надсмотрщиков лидерами бригады, советоваться с рабочими — пусть по самым незначительным вопросам. По его мнению, все это могло бы увеличить отдачу умственных и физических возможностей каждого отдельного рабочего.

И, наконец, с появлением ЭВМ, широким распространением кибернетики и математических методов возникли количественные теории управления. Их сторонники, основываясь

на формализованных описаниях различных ситуаций, вели поиск внутриорганизационных взаимосвязей и с помощью моделирования пытались найти оптимальное решение стоящих перед организацией проблем.

В России, как и в других странах, передовые мыслители высказывали в своих трудах немало ценных управленческих идей.

Замедленное развитие капитализма в России, безусловно, сказывалось на состоянии управленческой мысли, тем не менее определенные успехи, особенно в решении проблем научной организации труда, в нашей стране имелись. Так, первые шаги в этой области, а также в деле рационализации трудовых движений, были сделаны задолго до Тейлора в разработках сотрудников Московского Высшего технического училища (1860–1870). За эту методику училище получило «Медаль преуспеяния» на Всемирной торговой выставке в Вене (1873), и методику сразу же стали активно внедрять английские промышленники.

С 1908 г. в России начала выходить серия переводных книг зарубежных изданий в области научного менеджмента — «Административно-техническая библиотека», у истоков которой стояли популяризаторы тейлоризма горный инженер Л. Левенстрен и преподаватель Артиллерийской академии Л. Пайкин. В 1911–1912 гг. в Петербургском политехническом институте читался курс И. Семенова «Организация заводского хозяйства».

В развитии науки и практики организации производства исследователи выделяют четыре периода: 20-е гг.; 30–50-е, 60–70-е гг. и 80-е гг. XX в. Рассмотрим эти периоды более подробно.

Самым плодотворным был первый период. В эти годы среди ученых концепций управления четко обозначились две основные группы: организационно-техническая и социальная.

В группе организационно-технических концепций первой можно назвать концепцию организационного управления, предложенную А.А. Богдановым (Малиновским) (1873–1920), выдающимся естествоиспытателем, философом, экономистом. Заметив, что все виды управления в природе,

технике и обществе имеют общие черты, он предложил основные принципы новой науки о законах организации в технике (организация вещей), экономике (организация людей), политике (организация идей) и заявил о необходимости их системного изучения. Организацию Богданов рассматривал абстрактно, вне тесных связей с социально-экономической стороной деятельности людей, считая, что она целиком определяется техникой. Именно из-за абстрактности идеи Богданова не получили широкого распространения.

Второй в группе организационно-технических концепций можно назвать концепцию «физиологического оптимума», которую выдвинул О.А. Ерманский (1866–1941). Он сформулировал предпосылки теории организации труда и рационализации управления как самостоятельного вида деятельности, связав их с появлением определенных технико-экономических условий, прежде всего, в виде крупного машинного производства.

В своих трудах Ерманский разработал методологию рационализации машинного производства, в основе которой лежал комплексный подход. Он также сформулировал предмет науки об организации труда и управления, основанной на идее об оптимальном использовании всех видов энергии и факторов производства. Одним из основных Ерманский считал закон организационной суммы, которая больше, чем арифметическая сумма составляющих ее сил. Но это возможно лишь тогда, когда все вещественные и личные элементы производства гармонично сочетаются и усиливают друг друга.

Закон организационной суммы позволил Ерманскому сформулировать главный принцип теории рационального управления — принцип физиологического оптимума, дававшего критерий рациональности выполнения любой работы. В основе этого принципа лежало сопоставление расходуемой энергии и достигаемого при этом эффекта, выражаемое коэффициентом рациональности (полезная работа/затраты энергии).

Третьей в рамках организационно-технических концепций является концепция узкой базы А.К. Гастева (1882–1941). Ее суть состояла в том, что всю работу по научной организации труда и управления необходимо начинать с отдельного

человека, кем бы он ни был — руководителем или рядовым исполнителем. Для этого Гастев и его коллеги, сотрудники Центрального института труда, директором которого он был, разработали концепцию трудовых установок, содержащих в зародыше основы кибернетики, инженерной психологии, эргономики и пр.

Составными элементами этой концепции были теория трудовых движений в производственном процессе, организация рабочих мест, управленческих процессов, методика рационального производственного обучения. Все это не только задавало определенные стандарты для технологических операций, но и облегчало адаптацию работников к их постоянному изменению, в том числе на основе личной инициативы.

Концепция «узкой базы», обоснованию которой посвятил себя Гастев, сводилась к тому, что «рабочий, который управляет станком, есть директор предприятия, которое известно под именем станка». И закономерности управления им можно распространить и на предприятие, и на государство в целом. Эти закономерности, по мысли Гастева, располагаются в следующем порядке: расчет — установка — обработка — контроль — учет — систематика — расчет. Гастев распространил эту формулу на управление как вещами, так и людьми, поскольку считал, что труд любого работника может легко быть разложен на отдельные операции, легко поддающиеся регулированию, как и операции, производимые с помощью оборудования.

Четвертое направление организационно-технических концепций представлено «производственной трактовкой» управленческих процессов Е.Ф. Розмирович (1886–1953). Ее исходными положениями были общие черты в производстве и управлении, организации физического и умственного труда. В свете этой концепции управленческий процесс понимался как чисто технический, состоящий из совокупности распорядительских, планирующих, надзорных, контролирующих, регулятивных действий, и, взятый сам по себе, представлялся как разновидность производственного. Отсюда ненужность изучения социальных аспектов управления и самой этой науки как таковой.

К социальным концепциям управления необходимо, прежде всего, отнести «теорию организационной деятельности» П.М. Керженцева (Лебедева) (1881–1940), выделявшего в научной организации труда три объекта: труд, производство и управление, которое считал наиболее важным компонентом.

Керженцев считал, что в любой работе по управлению есть общие черты, поэтому возможен обмен опытом управленческой деятельности, относящейся к разным сферам, а также формулировка ее общих принципов, к которым Керженцев отнес установление целей и задач, выбор формы организации, выработку планов, учет и контроль, координацию использования людских и материальных ресурсов.

Другой сторонник социального управления — Н.А. Витке. В своей «социально-трудовой концепции управления производством» он четко разграничивал управление вещами и людьми и концентрировался на последнем, видя главную задачу в целесообразной организации людей как участников единой трудовой кооперации. Управление представляет собой процесс, объединяющий систему социально-трудовых отношений и реальную деятельность, в которой эти отношения воплощаются. Все эти элементы процесса соединяются с помощью административной функции, учение о которой — краеугольный камень концепции Витке.

Наконец, еще одной важной вехой в развитии социальных концепций управления в нашей стране можно считать теорию «административной емкости» Ф.Р. Дунаевского (1887–1960), под которой он понимал способность управляющих руководить определенным количеством лиц. Дунаевский считал, что с развитием производства происходит разбухание промежуточного звена руководящих органов, связанное с необходимостью компенсировать превышение «административной емкости» центра. Таким образом, Дунаевский заметил нарастание информационного барьера в управлении и выдвинул идеи о путях его преодоления.

В 1930–1950-х гг. каждая организация оказалась послушным «винтиком» в сложном механизме планового управления народным хозяйством и отраслями, поэтому

большинство идей управленцев 1920-х гг., исходивших из самостоятельности предприятий, оказалось на долгие годы забыто, кроме незначительной части, которая была связана с организацией производственных процессов. В управленческих исследованиях утвердился отраслевой и народнохозяйственный подход; на уровне же отдельных организаций эти подходы сохранились как чисто прикладные. В то же время и здесь имелись немалые достижения. Так, в 1932 г. на одной из ленинградских ткацких фабрик была проведена первая в мире деловая игра, и лишь в 1957 г. Американская ассоциация управления применила ее идеи при подготовке менеджеров.

В 1960–1970-х гг. получило распространение технико-кибернетическое направление в управленческой теории и практике, например стали формироваться АСУП (автоматизированные системы управления предприятием, автоматизированные системы управления производством). С повсеместным внедрением принципов хозяйственного расчета стали широко использоваться экономические методы управления. В результате возникла идея комплексного подхода к управлению. Сформировалась концепция хозяйственного механизма как единства социальной, экономической, организационной систем.

Наконец, в 1980-х гг. начался новый этап развития теории и практики организации производства, заключающийся в разработке концепций системы управления экономикой в условиях перехода к рыночным отношениям.

## 2. Предприятие как производственная система

### 2.1. Системный подход к организации производства.

#### Системы и системообразующие элементы

Системный подход представляет собой общенаучную методологию качественного исследования и моделирования различных объектов и процессов. Не являются исключением и исследования в области организации производства. Главной категорией системных исследований является понятие системы. Существует огромное множество подходов к определению понятия системы. Наиболее оправданным, на наш взгляд, является следующее определение. Под *системой* мы будем понимать совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, которые образуют единое целое, обладающее свойствами, не присущими составляющим его элементам, взятым в отдельности.

Множество элементов, из которых состоит система, носит название *системообразующих элементов* (СОЭ).

Существование и функционирование систем обусловлено рядом основных свойств, присущих системным объектам: целостностью, иерархичностью и интегративностью. *Целостность* — это общесистемное свойство, заключающееся в том, что изменение любого элемента системы оказывает воздействие на все другие ее элементы и приводит к изменению системы в целом, и наоборот — любое изменение системы отзывается на всех ее элементах. *Иерархичность* системы состоит в том, что она может быть рассмотрена как элемент системы более высокого порядка, а каждый ее элемент, в свою очередь, является системой. И наконец, *интегративность* заключается в обладании системой свойством, отсутствующим у ее элементов, верно и обратное — элементы обладают свойствами, не присущими системе.



Развитие науки и общественной практики подтвердило эффективность применения системного подхода при решении проблем организации производства на предприятии, представляющем собой классический образец сложной многомерной самоорганизующейся социально-экономической системы.

Системообразующие элементы находятся между собой в тесной связи, благодаря которой и создается единая сложная, динамическая и устойчивая система. Если структурные элементы меняют свое состояние, то говорят, что в системе происходит процесс.

Множество системообразующих элементов, по мнению специалистов, включает: реализуемые в системе функции, входы, выходы, правила преобразования входов в выходы, средства труда, используемые для преобразования входов в выходы, субъекты труда, катализатор, а также связи между всеми элементами. Среди совокупности системообразующих элементов основными являются реализуемые в системе функции, поскольку именно функции отражают смысл существования, назначение и необходимость системы.

Приведем схематическую модель социально-экономической системы в виде совокупности системообразующих элементов (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Модель предприятия как системы

В действующей хозяйственной системе все это множество системообразующих элементов упорядочено, образует процессы деятельности и организационную структуру. Структура

отражает более-менее устойчивую упорядоченность элементов и отношений системы, а процессы деятельности характеризуют процесс функционирования системы, включающий в себя множество взаимосвязанных подпроцессов (производство, управление и т.п.). Во взаимосвязи и взаимодействии всех системообразующих элементов реализуются все процессы деятельности на предприятии.

Таким образом, системное познание любого объекта предполагает:

- рассмотрение объекта как системы, т.е. как совокупности взаимодействующих элементов;
- определение состава и структуры элементов и частей системы;
- выявление внешних связей системы и других факторов внешней среды;
- анализ динамики структуры и функций системы;
- выявление на этой основе закономерностей и тенденций развития системы.

## 2.2. Производственные системы, их особенности и принципы функционирования

Производство с позиций системного подхода — важнейшая сфера человеческой деятельности — представляет собой своеобразную, сложную социально-экономическую систему. Системами, состоящими из комплекса взаимосвязанных элементов, являются: народное хозяйство в целом, отрасль промышленности, предприятие, цех, участок.

Производственные (хозяйственные) системы обладают рядом особенностей, отличающих их от всех других классов систем. К этим особенностям можно отнести следующие:

- нестационарность (изменчивость) отдельных параметров системы;
- уникальность и непредсказуемость поведения системы в конкретных условиях, благодаря наличию у нее активного элемента — человека;

- способность формировать варианты поведения, изменять свою структуру и т.п.;
- наличие предельных возможностей, определяемых ограниченными ресурсами;
- способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям;
- способность адаптироваться к изменяющимся условиям;
- способность к целеобразованию, т.е. формированию целей внутри системы.

Производственные системы характеризуются определенными формами организации производства в них, а именно:

- концентрацией;
- специализацией;
- кооперированием;
- комбинированием.

Рассмотрим более подробно эти формы организации производства.

*Концентрация* производства — это процесс, направленный на увеличение выпуска продукции или оказание услуг. Концентрация выражается в создании и развитии крупных производственных систем, в сосредоточении выпуска большей части продукции каждой отрасли на отдельных специализированных предприятиях.

Концентрация в любой производственной системе должна контролироваться с целью достижения минимальных затрат на выпуск продукции, т.е. на предприятии должны стремиться к выпуску оптимального объема продукции.

Концентрация производства может быть достигнута путем:

- увеличения количества машин, оборудования, технологических линий на прежнем техническом уровне;
- применения машин и оборудования с большей единичной мощностью;
- развития комбинирования взаимосвязанных производств.

Экономические показатели работы предприятия (себестоимость, рентабельность, производительность труда и др.) в значительной мере зависят от развития концентрации про-

изводства, то есть от объема выпуска продукции. С развитием концентрации показатели работы предприятия улучшаются до оптимальных размеров, но затем могут ухудшаться. Концентрация производства не является единственным путем развития производственных систем. В каждой отрасли имеется свое, экономически целесообразное сочетание крупных, средних и мелких предприятий.

*Специализация* производственных систем — это процесс сосредоточения выпуска определенных видов продукции в отдельных отраслях промышленности, на отдельных предприятиях и их подразделениях, то есть это процесс производства однородной продукции или выполнение отдельных технологических операций. Специализация производства представляет собой одну из форм разделения общественного труда и организации производства. Специализация в промышленности осуществляется в трех формах: предметной, поддетальной, технологической.

Предметная специализация означает сосредоточение производства определенных видов законченной продукции, например автомобильный завод, швейная фабрика и т.п.

Поддетальная специализация — сосредоточение производства определенных деталей, заготовок, полуфабрикатов, а также выполнения специализации, например шарикоподшипниковый завод, завод поршней и т.д.

Технологическая специализация — превращение отдельных фаз производства или операций в самостоятельные производства, например литейный завод, прядильная фабрика и т.п.

В зависимости от масштабов различают внутриотраслевую, межотраслевую и межгосударственную специализации.

Специализация тесно связана с кооперированием производства.

*Кооперирование* — это форма производственных связей между предприятиями, совместно изготавливающими продукцию. Процессы кооперирования — это поставки комплектующих изделий, полуфабрикатов и выполнение работ для потребностей определенного производства, а также связь поставщика с определенными покупателями данного вида

продукции, работа поставщиков на определенных потребителях, изготавливающих готовую продукцию или полуфабрикат.

Различают кооперирование по отраслевому и территориальному принципам. Наиболее широко распространено кооперирование в машиностроении, пищевой, легкой, деревообрабатывающей промышленности.

Экономическая эффективность специализации и кооперирования производственных систем определяется следующими факторами:

— специализация создает условия для организации непрерывного процесса производства: процесс производства продукции расчленяется на более мелкие операции, каждая из которых закрепляется за рабочими местами, расположенными по ходу технологического процесса;

— специализация создает предпосылки и благоприятные условия для внедрения средств комплексной механизации и автоматизации производства;

— специализация обеспечивает более полное использование действующего оборудования, что позволяет обеспечивать массовость производства, для которого оно предназначено;

— на основе специализации и кооперирования производства складываются более устойчивые связи с поставщиками и потребителями.

К недостаткам специализации и кооперирования можно отнести рост транспортных расходов на единицу продукции вследствие увеличения радиуса кооперирования, а также монотонность в работе субъектов труда.

*Комбинирование* — это процесс соединения определенных органически связанных между собой специализированных производств в единый хозяйственный комплекс. Комбинирование возникает на определенной стадии развития специализации. Признаками комбинирования являются: объединение разнородных производств; пропорциональность между ними; технико-экономическое единство, заключающееся в том, что все части комбината чаще всего располагаются на одной территории и связаны между собой общими коммуникациями; возможность единого энергетического хозяйства и общих вспомогательных и обслуживающих производств.

Различаются формы комбинирования на основе:

- использования отходов производства;
- комплексного использования сырья;
- последовательного процесса переработки сырья.

Комбинирование — экономически эффективная форма общественной организации производства. Его эффективность обусловлена рациональным использованием орудий, предметов труда и рабочей силы.

### 2.3. Предприятие как открытая система.

#### Технико-производственная база предприятия

Предприятие представляет собой самостоятельный субъект хозяйствования, производящий продукцию, выполняющий работы и оказывающий услуги в целях удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли. Оно обладает рядом существенных признаков: является юридическим лицом; использует свои активы в целях получения желаемых хозяйственных результатов и выполнения обязательств; объединяет ресурсы (входы) с субъектами труда; облегчает кооперацию субъектов труда.

Предприятие является открытой системой, т.е. получает из внешней среды ресурсы на входах, а на выходах отдает в среду готовую продукцию или услуги. *Ресурсы* — это факторы, используемые для производства продуктов и услуг.

Материальные ресурсы — это сырье, материалы, полуфабрикаты и т.п., из которых изготавливается продукция. Ресурсы финансовые — это денежные средства, необходимые для производства и реализации товаров и услуг. Информационные ресурсы — это совокупность разнообразной информации о потребностях внешней среды в товарах и услугах, о целях, конкурентах, нормативная и прочая информация, необходимая предприятию для осуществления его хозяйственной деятельности. Энергетические ресурсы представляют собой совокупность различных видов энергии (электрической, пневматической, тепловой и пр.), обеспечивающих

нормальный код процесса производства и реализации продукции и услуг.

Наличие ресурсов — одна из наиболее существенных черт, присущих любой организации (предприятию). Наиболее общим свойством всех видов ресурсов является их ограниченность. В общем виде цель любого предприятия — преобразование ресурсов для достижения запланированных результатов.

Предприятие как хозяйственная система является главным звеном общественного производства, где происходит непосредственный выпуск продукции и оказание услуг. Именно на предприятии протекает процесс производства продукции, происходит непосредственная связь субъекта труда со средствами производства. Предприятие самостоятельно осуществляет свою деятельность, распоряжается выпускаемой продукцией, полученной прибылью, оставшейся в его распоряжении после уплаты налогов и других обязательных платежей.

Создание продуктов и оказание услуг на предприятии происходит посредством преобразования предметов труда в готовый продукт по определенной технологии при помощи соответствующих орудий труда на определенных площадях. В совокупности все указанные факторы производства составляют технико-производственную базу предприятия. Именно непосредственная связь субъекта труда со средствами производства, т.е. с элементами производственной базы, обеспечивает процесс производства товаров и услуг, удовлетворяющих потребностям внешней среды. Внешняя среда для предприятия задана жестко и выполняет по отношению к нему немаловажные функции. Предприятие полностью зависимо от внешней среды как в отношении ресурсов, так и в отношении потребителей результатов. Внешняя среда — это экономические условия, законодательство, совокупность общественных взглядов, социокультурные факторы, конкурирующие организации, потребители и т.п. Эти взаимосвязанные факторы оказывают влияние на все происходящее внутри предприятия.

## 3. Производственный процесс на промышленном предприятии

### 3.1. Производственный процесс и его структура

Современное производство представляет собой сложный процесс превращения сырья, материалов, полуфабрикатов и других предметов труда в готовую продукцию, удовлетворяющую потребности общества. *Производственный процесс* — это совокупность процессов труда и естественных процессов, необходимых на данном предприятии для изготовления готовой продукции.

Основой производственного процесса является *технологический процесс*, под которым принято понимать часть производственного процесса, в ходе которого происходит изменение геометрических форм, размеров и физико-химических свойств предметов труда. Технологический процесс состоит из последовательно выполняемых над данным предметом труда технологических действий (операций).

*Операцией* называется часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (станке, агрегате, стенде и т.п.), состоящая из ряда действий над каждым предметом труда или группой совместно обрабатываемых предметов.

Технологические процессы производства приборов, сложной электронной техники включают в себя большое количество разнообразных операций, основанных на применении практически всех известных современной технике технологических методов. Например, при изготовлении электронных приборов применяются металлургические, термические, химические, электрофизические, фотолитографические процессы; различные виды металлообработки (сварка и пайка); нанесение покрытий и др. Наряду с технологическими



процессами, производственный процесс включает *нетехнологические процессы*, которые не ведут к изменению геометрических форм, размеров и физико-химических свойств предметов труда. К ним относятся транспортные, погрузочно-разгрузочные, контрольно-испытательные, комплекточные и другие операции.

В зависимости от применяемых средств труда операции подразделяются на ручные, машинно-ручные, машинные, автоматизированные и аппаратурные.

К *ручным операциям* относятся трудовые процессы, выполняемые без применения машин, механизмов и механизированного инструмента. Например, окраска приборов окунанием или кисточкой, лужение деталей окунанием, упаковка приборов вручную в коробки, наклейка этикеток и др. *Машинно-ручные операции* характеризуются тем, что выполняются с помощью машин или механизированного инструмента при непрерывном участии рабочего, например напайка перехода полупроводникового прибора с помощью механизированного приспособления, маркировка прибора простейшим маркировочным станком. *Машинные операции* выполняются на станках, агрегатах, установках при ограниченном участии рабочего. Действия рабочего в этом случае заключаются в закреплении и снятии изделия, пуске и остановке станка, например сварка на станках, классификация приборов по электропараметрам на специализированных установках и др. *Автоматизированные операции* выполняются на машинах-автоматах и автоматических поточных линиях. Рабочие осуществляют лишь контроль над ходом процесса. К таким операциям относятся, например, операции определения толщины кристаллов, классификация и отсчет количества кристаллов по каждой классификационной группе на автоматах и т.д. *Аппаратные процессы* характеризуются выполнением машинных и автоматических операций в специальных агрегатах (ваннах, печах, кабинах, установках). Роль рабочего сводится к наблюдению, регулированию процесса, загрузке и выгрузке деталей (возможно вручную), например операции диффузии, сплавления, науглероживания и т.д.

Производственные процессы подразделяются на основные, вспомогательные и обслуживающие.

*Основные* — это технологические процессы изменения геометрических форм, размеров и физико-химических свойств продукции, выпуск которой предусмотрен планом предприятия. Результатом основных производственных процессов в электронной промышленности является выпуск изделий электронной техники для поставки потребителям. К *вспомогательным* относятся процессы, обеспечивающие бесперебойное протекание основных процессов. С их помощью изготавливаются средства, необходимые для функционирования основного производства. К вспомогательным процессам относятся изготовление и ремонт инструмента и оснастки, ремонт оборудования, выработка пара, воздуха, дистиллированной и деионизированной воды, водорода и др. *Обслуживающие* — это процессы, связанные с обслуживанием как основных, так и вспомогательных процессов и не создающие продукцию. К ним относится хранение, транспортировка, технический контроль качества продукции и т.д. В условиях автоматизированного производства обслуживающие процессы в ряде случаев объединяются с основными, становясь при этом неотъемлемой частью процессов производства продукции. Например, часто бывают соединены технологические и контрольные, транспортные и технологические операции.

Основные технологические процессы, в свою очередь, делятся на фазы — заготовительную, обрабатывающую и сборочную. *Фазой* называется комплекс работ, выполнение которых характеризует завершение определенной части производственного процесса и связано с переходом предмета труда из одного качественного состояния в другое.

К *заготовительной фазе* на предприятиях электронной промышленности относятся процессы получения заготовок (резка слитков полупроводниковых материалов, разрезка полос черных и цветных металлов, штамповка заготовок деталей и др.). *Обработочная фаза* включает в себя процессы превращения заготовок в готовые детали (механическая обработка, штамповка, термообработка, а также такие

операции, как диффузия, эпитаксия, фотолитография, ионное легирование, травление фольги и др.). *Сборочная фаза* — заключительная стадия основного технологического процесса. Она включает сборку узлов и готовых изделий, классификацию изделий по параметрам, испытания.

### 3.2. Принципы рациональной организации производственных процессов

Многообразные производственные процессы, в результате которых создаются изделия электронной техники, необходимо соответствующим образом организовать, обеспечив их эффективное функционирование в целях выпуска конкретных видов продукции высокого качества и в количествах, удовлетворяющих потребности народного хозяйства и населения страны. *Организация производственного процесса* состоит в обеспечении рационального сочетания в пространстве и во времени основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, а также людей и вещественных элементов производства.

В настоящее время в теории и практике организации производства определились принципы построения производственных процессов во времени и пространстве. *Принципы* представляют собой исходные положения, на основе которых осуществляются построение, функционирование и развитие производственного процесса. Они отражают закономерности организации производственного процесса, их соблюдение — одно из основополагающих условий эффективности организации производства.

Рациональная организация производственного процесса на предприятии строится на основе следующих принципов: пропорциональности, дифференциации и комбинирования, концентрации, специализации и универсализации, стандартизации, непрерывности, параллельности, прямоочности, ритмичности, автоматичности, соответствия организационных форм производственного процесса их технико-экономическому содержанию.

Под *принципом пропорциональности* понимается пропорциональная производительность в единицу времени всех производственных подразделений предприятия (цехов, участков) и отдельных рабочих мест. Необходимо иметь в каждом цехе, на производственном участке оборудование, площади, рабочую силу и материалы в количестве, обеспечивающем нормальную работу всех подразделений предприятия. Установление пропорциональности в рабочей силе, площадях, оборудовании начинается в процессе проектирования технологического производственного процесса при разработке и освоении каждого нового изделия электронной техники и затем повторяется при разработке годовых производственных планов.

Выявление пропорций осуществляется на основе системы норм и нормативов, определяющих количественную меру взаимных связей между различными элементами производства. Важнейшими из них являются нормы производительности оборудования, времени выполнения работ, потерь рабочего времени работающих и оборудования, запасов и расходов материалов, инструмента, энергии и др. Нарушение принципа пропорциональности ведет к перебоям в работе, к недоиспользованию производственных мощностей. Роль принципа пропорциональности возрастает в условиях автоматизированного производства, которое может функционировать только на базе соответствующих норм и пропорций.

*Принцип дифференциации* предполагает разделение производственного процесса изготовления изделий между отдельными подразделениями предприятия. Этот принцип находит выражение, например, в создании производственных участков или цехов, построенных по технологическому или предметному признаку.

*Комбинирование* как принцип организации производственного процесса означает объединение всех или части разнохарактерных процессов по изготовлению определенного вида изделия в пределах одного участка, цеха, производства.

*Принцип концентрации* означает сосредоточение выполнения определенных производственных операций по изготовлению технологически однородной продукции или

выполнению функционально однородных работ на отдельных участках, рабочих местах, в цехах, производствах предприятия.

*Специализация* производства представляет собой форму разделения труда в объединении, на заводе, в цехе. Реализация этого принципа предполагает закрепление за каждым подразделением предприятия строго ограниченной наименьшей номенклатуры работ, операций, деталей, изделий. В производстве изделий электронной техники каждое рабочее место, как правило, специализируется на выполнении определенной технологической операции. Это позволяет использовать высокопроизводительное специализированное оборудование и передовые формы организации производственного процесса.

В противоположность этому *универсализация* представляет собой такой принцип организации производственного процесса, при котором каждое рабочее место или производственное подразделение занято изготовлением изделий и деталей широкого ассортимента или выполнением различных производственных операций. В современных условиях значение принципа универсализации усиливается в связи с ускорением технического прогресса, под влиянием которого перечень наименований изделий быстро растет, а потребность в каждом отдельном наименовании часто сокращается.

Под *принципом стандартизации* в организации производственного процесса понимают разработку, установление и применение однообразных условий, обеспечивающих наилучшее его протекание. Примером может служить стандартизация порядка проведения работ по освоению новых изделий электронной техники в цехах.

При соблюдении *принципа параллельности* имеет место одновременное выполнение технологического процесса на всех или некоторых его операциях. Реализация этого принципа позволяет существенно сократить период времени производства изделий.

*Принцип прямоточности* следует понимать как требование прямолинейного движения предметов труда по ходу технологического процесса. Цехи, службы, производственные

участки должны быть расположены в пространстве таким образом, чтобы был обеспечен кратчайший путь прохождения изделия по всем фазам производственного процесса, устранены возвраты в маршруте его движения.

*Принцип непрерывности* требует устранения или сведения к минимуму всех перерывов в процессе производства конкретного изделия.

*Принцип ритмичности* предполагает необходимость выпуска в равные промежутки времени равного количества изделий.

*Автоматичность* как принцип организации производственного процесса предполагает максимально возможное и экономически обоснованное освобождение рабочего от затрат ручного труда при выполнении операций производственного процесса на основе применения автоматических машин, систем машин и создания комплексного автоматизированного производства.

*Экономическая эффективность рациональной организации производства* находит выражение в сокращении длительности производственного цикла изделий, снижении затрат на производство продукции, улучшении использования основных производственных фондов и оборотных средств.

### 3.3. Типы производства, их технико-экономические характеристики

Важнейшим фактором, распределяющим построение всей системы организации, планирования и управления на предприятии, является тип производства. Под *типом производства* понимается его обобщенная характеристика, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий.

Количественная характеристика типа производства выводится, исходя из организационно-технологического характера производственного процесса. Тип производства отражает характер внутренних связей между основными элементами

производственного процесса на каждом отдельном и всей совокупности рабочих мест.

Основным параметром типа производства является коэффициент закрепления операций  $K_{з.о}$ . Данный коэффициент определяется отношением количества технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца,  $D_o$  к расчетному числу загруженных рабочих мест  $S_p$ , т.е.

$$K_{з.о} = D_o / S_p.$$

Как видим,  $K_{з.о}$  показывает среднее число деталиеопераций, выполняемых на одном рабочем месте участка в течение месяца. Он характеризует стабильность процессов на рабочих местах производственной системы.

Расчетное число загруженных рабочих мест по участку определяется отношением трудоемкости объема производства, потребного на выпуск всех номенклатурных позиций изделий (частей), к эффективному фонду времени единицы оборудования  $F_э$ , взятых за сопоставимые плановые периоды (год, квартал, месяц), т.е.

$$S_p = \sum_{i=1}^k t_{штi} \cdot N_i / F_э,$$

где  $t_{штi}$  — трудоемкость изготовления единицы  $i$ -й продукции, ч;  $N_i$  — объем выпуска  $i$ -й продукции, шт.

Значения величин  $D_o$  и  $F_э$  относительно постоянны. Следовательно, величина  $K_{з.о}$  зависит от трех определяющих факторов: заданной номенклатуры, трудоемкости и объема выпуска изделий (частей, операций).

Значение величины  $K_{з.о}$  в сочетании с такими важными признаками, как регулярность (повторяемость) и стабильность (непрерывность) процессов на рабочих местах характеризует тип производства.

Различают массовое, серийное и единичное производство.

*Массовое* производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени. Таким образом, внешними признаками массо-

вого производства являются относительно большие объемы выпуска продукции, устойчивость номенклатуры продукции, стабильность конструкции и технологии на определенный период. Поскольку эти признаки далеко не однозначны для полного раскрытия сущности массового производства, приведем ряд внутренних отличительных признаков.

1. В массовом производстве имеет место постоянная загрузка рабочих мест выполнением одной операции, т.е.  $K_{з.о} = 1$ . В результате для каждого рабочего места объем выполняемой работы и эффективный фонд производственного времени связаны неравенством вида

$$t_{шт.} N_i > F_э.$$

Следовательно, в массовом производстве для выполнения каждой операции над  $i$ -м предметом требуются одно или соответственно несколько рабочих мест.

2. В массовом производстве имеет место полная стабильность производственных условий на рабочих местах. Это позволяет узко специализировать рабочие места, оснащать их специальной высокопроизводительной оснасткой, устанавливать точные нормативы всех затрат, осуществлять тщательную техническую подготовку производства, выделять производство предметов на взаимосвязанных цепочках рабочих мест (поточных линиях), обеспечивать высокую степень параллельности, непрерывности и ритмичности производства.

В результате отмеченных преимуществ в массовом производстве достигаются наиболее высокие технико-экономические показатели производства — высокая производительность труда, низкая себестоимость продукции, наиболее короткий цикл производства, минимальный размер незавершенного производства и связывания оборотных средств.

*Серийное* производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготовляемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска. Серийный тип производства имеет следующие отличительные признаки.

1. Рабочие места серийного производства загружены выполнением нескольких детаеопераций. Область серийного



производства начинается при  $K_{з.о} \geq 2$ . Поскольку здесь по каждой детали операции объем работы  $t_{шт.} N_i < F_3$ , то для достижения полной загрузки рабочего места необходимо закреплять за ним выполнение нескольких детали операций  $D_0$  с таким расчетом, чтобы соблюдалось условие

$$\sum t_{шт.} N_i = F_3.$$

2. В серийном производстве имеет место относительная стабильность производственных условий на рабочих местах, определяемая важнейшим отличительным признаком этого типа — регулярной повторяемостью выпуска продукции сериями (партиями).

3. Нормативная и техническая базы здесь ослабляются в сравнении с массовым производством, поэтому несколько снижаются и технико-экономические показатели производства.

4. Преимущество этого типа производства заключается в возможности достаточно широко применять специализированные оснастку и инструмент. Работа с партиями предметов удлиняет цикл производства и требуемый размер оборотных средств.

Различают крупносерийное ( $K_{з.о} = 2+4$ ), среднесерийное ( $K_{з.о} = 5+22$ ) и мелкосерийное ( $K_{з.о} = 23+44$ ) производство.

*Крупносерийное* производство по своим характеристикам тяготеет к массовому.

Отличительной особенностью *мелкосерийного* производства является нерегулярная, эпизодическая повторяемость выпуска изделий через длительные периоды времени разной продолжительности при единичных или малых объемах выпуска. Поэтому мелкосерийное производство тяготеет по характеру организации к единичному.

*Единичное* производство согласно стандарту характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых или ремонтируемых изделий при единичных или малых разовых объемах выпуска последних. Отличительными признаками единичного производства являются следующие.

1. Выпуск продукции характеризуется полной неповторяемостью, продукция производится отдельными экземплярами или малыми сериями (партиями).

2. Номенклатура деталей и операций, закрепляемых за рабочими местами, широка —  $K_{з.о} = 23+66$ .

3. Производственные условия на рабочем месте нестабильны как следствие воздействия первых двух признаков.

4. Преобладает универсальное оборудование, обслуживаемое рабочими высокой квалификации.

5. Состав нормативной базы ограничен, она носит укрупненный характер.

6. Значительно усложняются задачи организации и планирования производства вследствие обширной и постоянно меняющейся номенклатуры деталяеопераций, сборочных единиц и изделий.

7. Техничко-экономические показатели ниже показателей серийного производства.

### 3.4. Организация производственного процесса в пространстве

Для реализации структурно-сложного производственного процесса на предприятиях создаются обособленные основные и вспомогательные цехи и обслуживающие хозяйства производственного назначения.

*Основные* цехи в соответствии с тремя стадиями производства подразделяются на три группы:

1) заготовительные — литейные (чугунного, стального и цветного литья); кузнечные (горячей штамповки и кузнечно-прессовые); раскроя, правки и резки металла, слитков полупроводниковых материалов;

2) обрабатывающие — механические; холодной штамповки; металлических конструкций; оптические; термические; металлопокрытий (гальванические, лакировочные и др.); деревообрабатывающие;

3) сборочные — узловой и главной (генеральной) сборки приборов (комплексов); сборочно-монтажные и электромонтажные.

*Вспомогательные* цехи также подразделяют на три группы:

1) энергетические — котельные; компрессорные; газогенераторные; трансформаторные подстанции или электростанции;

2) инструментальные — модельные; штамповые; режущих и измерительных инструментов, приспособлений; пресс-форм. На малых и средних предприятиях обычно имеется один инструментальный цех, а модельный входит как вспомогательное отделение или участок в литейный цех;

3) ремонтные — ремонтно-механический; электроремонтный; ремонтно-строительный; нестандартного оборудования; механизации и автоматизации и др. На небольших предприятиях обычно имеется только один ремонтно-механический цех.

*Обслуживающие* цехи и хозяйства включают:

1) транспортные цехи — электрокарные, автотранспортные, крановые и т.п.;

2) складское хозяйство — склады и кладовые материальных ценностей;

3) лаборатории испытания материалов, полуфабрикатов и готовой продукции — химическую, рентгеновскую и др.;

4) лаборатории для научно-исследовательских работ;

5) службы контрольно-измерительной аппаратуры, чертежного хозяйства, архива и множительной техники;

6) санитарно-техническое хозяйство, службы озеленения и чистоты.

Конкретный состав подразделений, реализующих производственный процесс, зависит от принятой производственной структуры. Под *производственной структурой предприятия* понимают состав его производственных подразделений — производств, цехов, хозяйств и служб, формы их специализации и взаимосвязей.

Производственная структура оказывает большое влияние на формы организации производственного процесса в пространстве — на распределение процесса производства основной и вспомогательной продукции между соответствующими

щими подразделениями предприятия. Она предопределяет структуру органов управления объединением, предприятия-ми и цехами, а также существенно воздействует на технико-экономические показатели работы цехов, предприятий и объединения в целом.

Производственные структуры предприятий отличаются большим разнообразием. Особенности конкретной структуры зависят от конструктивных особенностей продукции, технологии ее изготовления, номенклатуры, объема выпуска и трудоемкости продукции, формы специализации и уровня кооперирования с другими производственным единицами.

Чем сложнее конструкция изготавливаемого изделия и чем больше в нем составных частей, тем сложнее и производственная структура. Увеличение номенклатуры изделий, разнообразия требуемых для изготовления материалов, видов технологий, орудий и средств труда также ведет к усложнению производственной структуры. При увеличении объемов выпуска изделий и частей увеличивается количество подразделений в производственной структуре. Эти три фактора определяют конкретный состав основных и вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств.

Чем выше уровень специализаций и кооперирования производства с другими предприятиями, тем ограниченнее номенклатура изготавливаемой продукции, однороднее технология производства и проще производственная структура объединения и предприятия.

Под *производственной структурой цеха* понимают состав его производственных участков, вспомогательных и обслуживающих хозяйств, форму их специализации и уровень кооперированных связей. Структурной единицей цеха является *участок*, объединяющий в своем составе определенную совокупность рабочих мест. Первичным структурным элементом участка, как известно, является *рабочее место*. Производственная структура цеха также зависит от рассмотренных выше факторов.

Производственная структура формируется при проектировании новых и реконструкции действующих объединений,

предприятий и цехов. Она не является постоянной и должна периодически совершенствоваться в связи с изменением номенклатуры и объемов выпуска продукции, прогрессом в технике, технологии и организации производства.

### 3.5. Структура и длительность производственного цикла

*Производственный цикл (ПЦ)* — это упорядоченная совокупность всех процессов, через которые проходит изделие от начала до окончания его изготовления.

Основными характеристиками производственного цикла являются структура и длительность.

Углубленная *структура производственного цикла* изготовления изделий включает активные процессы изготовления и пролеживание изделия (рис. 3.1).

*Длительность производственного цикла* изготовления изделия  $T_{ц}$  — это календарный период времени от момента начала до момента окончания изготовления изделия в целом, включая все его компоненты. В общем виде  $T_{ц}$  определяется как сумма длительностей выполнения основных  $T_{осн}$  и вспомогательных  $T_{всп}$  операций и продолжительностей пролеживания изделий в рабочее  $T_{пр.р}$  и нерабочее  $T_{пр.н}$  время:

$$T_{ц} = T_{осн} + T_{всп} + T_{пр.р} + T_{пр.н}.$$

В структуре производственного цикла выделяется операционный цикл  $T_{о.ц}$ . Его величина определяется длительностью технологических операций и подготовительно-заключительного времени. При расчете длительности производственного цикла необходимо учитывать, что изделия в большинстве случаев изготавливаются партиями.

*Партия изделий* — это совокупность изделий одного типа, запускаемая в производство одновременно или непрерывно в течение определенного интервала времени. *Размер партии* — это количество изделий в партии. Работа партиями

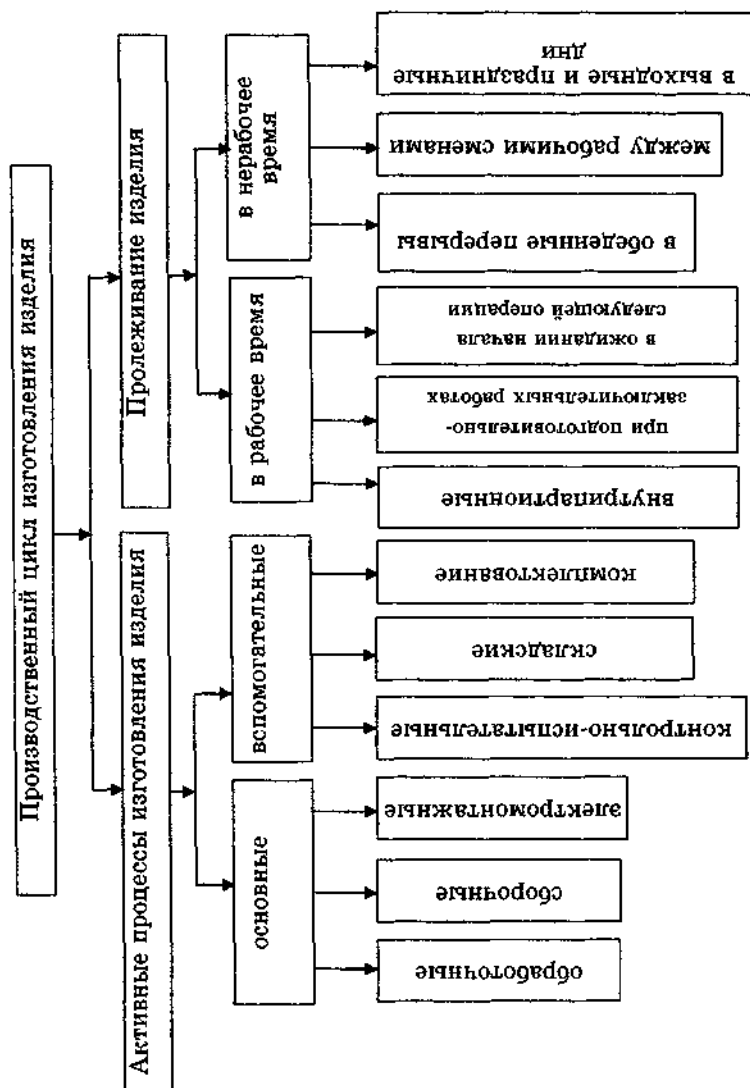


Рис. 3.1. Структура производственного цикла изготовления изделий

повышает производительность труда рабочих, уменьшает затраты на выполнение подготовительно-заключительных работ, и, следовательно, способствует сокращению длительности производственного цикла изготовления изделий.

При определении длительности производственного цикла очень важным является вопрос о рациональном выборе вида движения партии изделий через совокупность последовательно выполняемых операций. Именно от выбора вида движения изделий в производстве зависит степень непрерывности и параллельности выполнения операций, а также длительность производственного цикла в целом.

### 3.6. Виды движения изделий в производственном процессе

Производственный цикл во многом зависит от способа передачи детали (изделия) с операции на операцию. Существует три вида движения предметов труда в процессе их изготовления: последовательный, параллельный, параллельно-последовательный.

Достоинством *последовательного* вида движения предметов труда является отсутствие перерывов в работе оборудования и рабочего на каждой операции, возможность высокой их загрузки в течение смены. Производственный цикл при этом виде движения наибольший, что отрицательно влияет на технико-экономические показатели работы цехов и предприятия. *Параллельный* вид движения предметов труда является наиболее эффективным, однако возможности его применения ограничены, так как обязательным условием такого движения является равенство или кратность продолжительности выполнения операций. В противном случае неизбежны перерывы в работе оборудования и рабочего. *Параллельно-последовательный* вид движения предметов труда обеспечивает работу оборудования и рабочего без перерывов. Производственный цикл при этом виде больше по сравнению с параллельным, но меньше, чем при последовательном виде движения изделий.

При изготовлении деталей партиями возможно применение всех трех способов, при больших партиях — параллельного и параллельно-последовательного.

Сущность *последовательного вида движения* заключается в том, что каждая последующая операция начинается только после окончания обработки всей партии деталей на предыдущей операции. Схема последовательного вида движения показана на примере расчета и графической интерпретации операционного цикла изготовления изделий (рис. 3.2).

В приведенном примере рассчитывается операционный цикл партии, состоящей из трех деталей, обрабатываемых на четырех рабочих местах. Длительность операционного цикла составит

$$T_{\text{посл}} = 3(t_{\text{шт1}} + t_{\text{шт2}} + t_{\text{шт3}} + t_{\text{шт4}}) = 3(2 + 1 + 4 + 1,5) = 25,5;$$

$$T_{\text{посл}} = 3 \sum_{i=1}^4 t_{\text{шти}},$$

где  $t_{\text{шти}}$  — штучное время изготовления  $i$ -го изделия, мин.

Операционный производственный цикл партии деталей при последовательном виде движения рассчитывается как

$$T_{\text{посл}} = n \sum_{i=1}^{ч_{\text{оп}}} t_{\text{шти}},$$

где  $n$  — количество деталей в производственной партии, шт.;  $ч_{\text{оп}}$  — число операций технологического процесса.

При наличии на всех или отдельных операциях параллельных рабочих мест операционный цикл определяется по формуле

$$T_{\text{посл}} = n \sum_{i=1}^{ч_{\text{оп}}} \frac{t_{\text{шти}}}{c_{\text{р.ми}}},$$

где  $c_{\text{р.ми}}$  — количество рабочих мест, занятых изготовлением партии деталей на каждой операции.

*Параллельный вид движения* характеризуется передачей деталей на последующую операцию немедленно после выполнения предыдущей независимо от готовности остальной партии. Детали передаются с операции на операцию поштучно



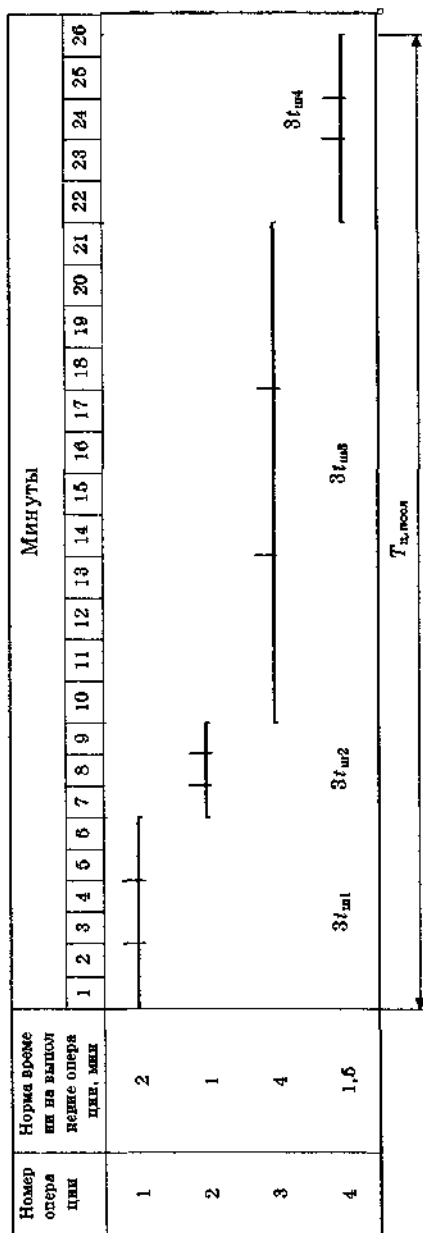


Рис. 3.2. Операционный цикл при последовательном движении партии деталей

или операционными партиями, на которые делится производственная партия деталей в процессе изготовления. Процесс происходит непрерывно, если достигнуто полное равенство или кратность выполнения операций во времени, что характерно для поточных линий:

$$\frac{t_{шт1}}{c_{р.м1}} = \frac{t_{шт2}}{c_{р.м2}} = \dots = \frac{t_{штn}}{c_{р.ми}}$$

В противном случае могут иметь место простои оборудования в ожидании изделия или пролеживание деталей вследствие занятости рабочего места. График движения партии деталей при параллельном движении приведен на рис. 3.3.

По графику можно определить операционный цикл при параллельном виде движения:

$$\begin{aligned} T_{\text{пар}} &= 3(t_{шт1} + t_{шт2} + t_{шт3} + t_{шт4}) + (3 - 1)t_{шт3} = \\ &= 8,5 + (3 - 1)4 = 16,5 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Формула для расчета:

$$T_{\text{пар}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{оп}}} t_{шти} + (n - 1)t_{шт \text{ max}},$$

где  $t_{шт \text{ max}}$  — время выполнения самой продолжительной в технологическом процессе операции, мин.

При выполнении операции на параллельных рабочих местах операционный производственный цикл рассчитывается по формуле

$$T_{\text{пар}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{оп}}} \frac{t_{шти}}{c_{р.ми}} + (n - 1) \frac{t_{шт \text{ max}}}{c_{р.м \text{ max}}},$$

где  $c_{р.м \text{ max}}$  — количество рабочих мест, занятых изготовлением партии деталей на самой продолжительной операции.

При передаче изделий партиями расчет ведется с применением формулы

$$T_{\text{пар}} = p \sum_{i=1}^{n_{\text{оп}}} \frac{t_{шти}}{c_{р.ми}} + (n - p) \frac{t_{шт \text{ max}}}{c_{р.м \text{ max}}},$$

где  $p$  — размер операционной партии, шт.

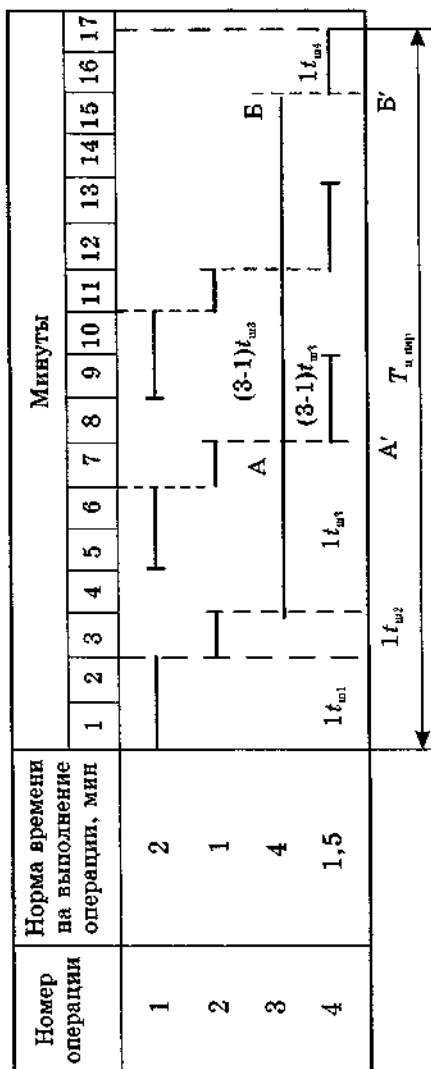


Рис. 3.3. Операционный цикл при параллельном движении партии деталей

*Параллельно-последовательный* вид движения состоит в том, что изготовление изделий на последующей операции начинается до окончания изготовления всей партии на предыдущей операции с таким расчетом, чтобы работа на каждой операции по данной партии в целом шла без перерывов. В этом случае в отличие от параллельного вида движения происходит лишь частичное совмещение во времени выполнения смежных операций.

Существует два вида сочетания смежных операций во времени. Если время выполнения последующей операции больше времени выполнения предыдущей операции, представляется возможным применять параллельный вид движения деталей, полностью загружая рабочие места. Если время выполнения последующей операции меньше времени выполнения предыдущей, приемлем параллельно-последовательный вид движения с максимально возможным совмещением во времени выполнения обеих операций. Максимально совмещенные операции при этом отличаются друг от друга на время изготовления последней детали (или последней операционной партии) на последующей операции. Схема параллельно-последовательного вида движения показана на рис. 3.4. В данном случае операционный цикл будет меньше, чем при последовательном виде движения на величину совмещения каждой смежной пары операций.

Суммарное время совмещений операций:  $\sum_{i=1}^{q_{оп}-1} t_{шт.кор}$ .

Формула для расчета операционного цикла:

$$T_{п-п} = n \sum_{i=1}^{q_{оп}} t_{шти} - \sum_{i=1}^{q_{оп}-1} t_{шт.кор} = 25,5 - (1 + 1 + 1,5) = 22 \text{ мин},$$

где  $t_{шт.кор}$  — максимальное время выполнения операций из двух смежных.

При выполнении операций на параллельных рабочих местах

$$T_{п-п} = n \sum_{i=1}^{q_{оп}} \frac{t_{шти}}{c_{р.м}} - \sum_{i=1}^{q_{оп}-1} \frac{t_{шт.кор}}{c_{р.м.кор}}.$$

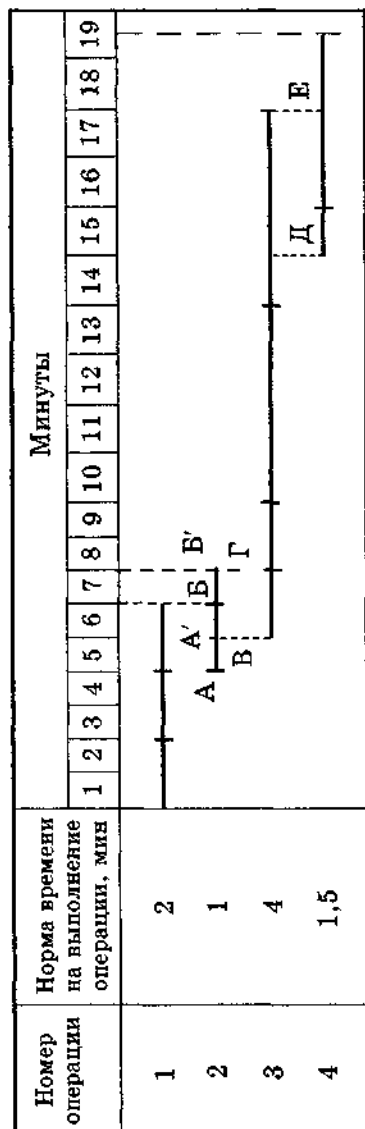


Рис. 3.4. Операционный цикл при параллельно-последовательном движении партии деталей:  
 АБ, ВГ (равное А'В'), ДЕ — время последующей операции, перекрываемое  
 временем предыдущей операции из-за параллельного их выполнения

При передаче изделий операционными партиями

$$T_{п-п} = n \sum_{i=1}^{q_{оп}} \frac{t_{штi}}{c_{р.ми}} - (n - p) \sum_{i=1}^{q_{оп}-1} \frac{t_{шт.кор}}{c_{р.м.кор}}$$

Расчет производственного цикла производится на партию изделий или на одно изделие. В электронной промышленности при массовом характере производства изделия для расчета производственного цикла считается плановый суточный выпуск готовых деталей. Если изделие запускается периодически в течение месяца, размер партии определяется по формуле

$$n = N_{вып} k_{пер},$$

где  $n$  — размер производственной партии деталей, шт.;  $N_{вып}$  — месячная потребность деталей на объем выпуска готовых изделий, шт.;  $k_{пер}$  — периодичность запуска или коэффициент запусков, зависящий от количества изделий в течение месяца.

Время, включаемое в продолжительность операционного цикла по каждой операции, рассчитывается по формуле

$$T_{оп} = t_{шт} n / c_{р.м} k_{в.н},$$

где  $t_{шт}$  — норма времени на изготовление единицы изделия, ч;  $n$  — размер партии деталей при штучной обработке на операции;  $k_{в.н}$  — планируемый коэффициент выполнения норм на данной операции.

Производственный цикл изготовления партии деталей, учитывающий не только операционный цикл, но и естественные процессы и перерывы в календарных днях, определяется для рассмотренных видов движения по следующим формулам:

$$T_{ц.посл} = \frac{n \sum_{i=1}^{q_{оп}} t_{штi} + t_{мо} q_{оп}}{c_{р.м} T_{см} d_{см} k_{в.н}} k_{пер} + t_e;$$

$$T_{ц.пар} = \frac{p \sum_{i=1}^{q_{оп}} t_{штi} + (n - p) t_{шт \max} + t_{мо} q_{оп}}{c_{р.м} T_{см} d_{см} k_{в.н}} k_{пер} + t_e;$$

$$T_{ц.п.п} = \frac{n \sum_{i=1}^{ч_{оп}} t_{штi} - (n - p) \sum_{i=1}^{оп} t_{шт.кор} + t_{мо} ч_{оп}}{c_{р.м} T_{см} d_{см} k_{в.н}} k_{пер} + t_e;$$

где  $t_{мо}$  — время межоперационного пролеживания между двумя операциями, ч;  $ч_{оп}$  — количество технологических операций;  $c_{р.м}$  — количество параллельных рабочих мест, занятых изготовлением партии деталей на каждой операции;  $T_{см}$  — длительность одной смены, ч;  $d_{см}$  — число смен;  $k_{в.н}$  — планируемый коэффициент выполнения норм на операциях;  $t_e$  — длительность естественных процессов, ч;  $k_{пер}$  — коэффициент, учитывающий время перерывов.

Применение данной методики расчетов длительности производственного цикла рассматривается более подробно в подразд. 3.7.

### 3.7. Методические указания, типовые задачи с решениями и задачи для решения

#### Методические указания

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

$$t_i = \frac{nt_{штi}}{C_{при}}, \quad (3.1)$$

где  $n$  — число деталей в партии, шт.;  $t_{штi}$  — норма штучного времени на  $i$ -й операции, мин;  $C_{при}$  — принятое число рабочих мест на  $i$ -й операции, шт.

Технологический цикл изготовления изделий представляет собой часть производственного цикла, осуществляемую непосредственно на технологическом оборудовании.

Длительность технологического цикла при последовательном движении предметов труда рассчитывается по формуле

$$T_{\text{ц.посл}}^{\text{тех}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{при}i}}, \quad (3.2)$$

где  $m$  — число операций в технологическом процессе.

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

$$T_{\text{ц.посл}}^{\text{тех}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_{\text{при}i}} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \frac{t_{ki}}{C_{\text{при}i}}, \quad (3.3)$$

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

Длительность технологического цикла при параллельном движении предметов труда определяется по формуле

$$T_{\text{ц.п-п}}^{\text{тех}} = (n - p) \frac{t_{i\text{max}}}{C_{\text{при}i}} + p \sum_{i=1}^m \frac{t_{ki}}{C_{\text{при}i}}, \quad (3.4)$$

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

Длительность производственного цикла обработки деталей всегда больше длительности технологического цикла на промежуток времени, затраченного на выполнение транспортных и контрольных операций, на естественные процессы, межоперационные перерывы и перерывы, регламентированные режимом работы.

На практике, как правило, учитывают только три основные составляющие производственного цикла — длительность технологического цикла, время естественных процессов  $t_e$  и время межоперационного пролеживания  $t_{\text{мо}}$ .

### Типовые задачи с решениями

**Задача 3.1.** Построить графики движения партии деталей и рассчитать длительность технологического цикла при различных видах движений, если известно, что партия деталей состоит из 3 шт., технологический процесс обработки включает 5 операций, длительность которых соответственно



равна:  $t_1 = 2, t_2 = 1, t_3 = 3, t_4 = 2, t_5 = 2,5$  ч. Размер транспортной партии  $p = 1$  шт. Каждая операция выполняется на одном станке.

### Решение

1. Длительность технологического цикла обработки партии деталей при последовательном движении предметов труда рассчитываем по формуле (3.2):

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

Порядок расчета показан на рис. 3.5.



Рис. 3.5. График длительности технологического цикла при последовательном движении партии деталей в производстве

2. Длительность технологического цикла обработки партии деталей при параллельно-последовательном движении предметов труда определяем по формуле (3.3):

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

Порядок расчета показан на рис 3.6.

3. Длительность технологического цикла обработки партии деталей при параллельном движении предметов труда определяем по формуле (3.4):

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

Порядок расчета показан на рис. 3.7.



Рис 3.6. График длительности технологического цикла при параллельно-последовательном движении партии деталей в производстве

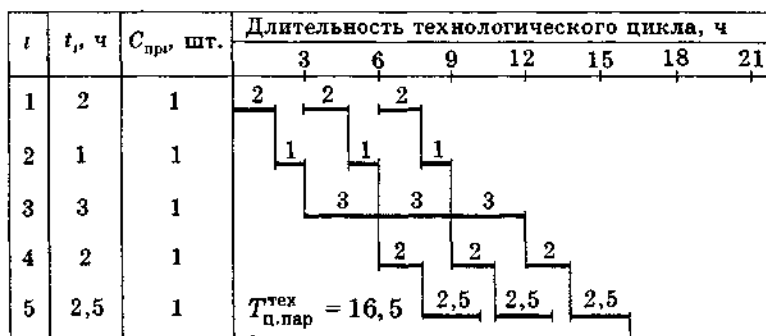


Рис 3.7. График длительности технологического цикла при параллельном движении партии деталей в производстве

**Задача 3.2.** Определить длительность технологического и производственного циклов обработки партии деталей при разных видах движения, построить графики процесса обработки партии деталей при следующих исходных данных: величина партии деталей  $n = 12$  шт.; величина транспортной партии  $p = 6$  шт.; среднее межоперационное время  $t_{\text{мо}} = 2$  мин; режим работы — двухсменный; продолжительность рабочей смены  $t_{\text{см}} = 8$  ч; время на естественные процессы  $t_e = 35$  мин. Технологический процесс обработки представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1  
Технологический процесс обработки деталей

№ операции	Операция	Количество единиц оборудования, шт.	Норма времени, мин
1	Токарная	1	4
2	Фрезерная	1	1,5
3	Шлифовальная	2	6

*Решение*

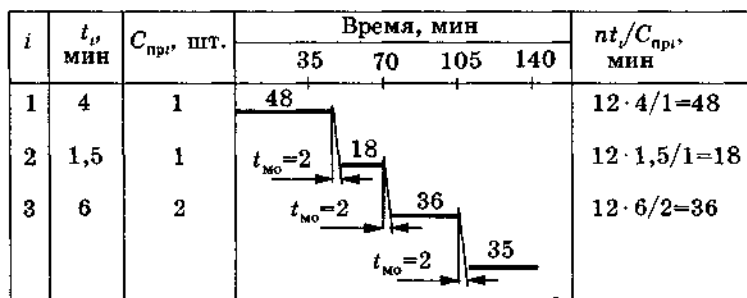
1. Длительность технологического цикла при последовательном движении предметов труда рассчитываем по формуле (3.2):

$$T_{ц.посл}^{тех} = 12(4/1 + 1,5/1 + 6/2) = 102 \text{ мин.}$$

2. Длительность производственного цикла при последовательном движении предметов определяем по формуле

$$T_{ц.посл} = T_{ц.посл}^{тех} + m t_{мо} + t_e = 102 + 3 \cdot 2 + 35 = 143 \text{ мин.}$$

3. Построение графика длительности производственного цикла при последовательном движении предметов труда приведено на рис 3.8.



$$T_{ц.посл}^{пр} = 143$$

Рис. 3.8. График длительности производственного цикла при последовательном движении предметов труда

4. Длительность технологического цикла при параллельном движении предметов труда рассчитываем по формуле (3.4):

$$T_{ц.пар}^{тех} = (12 - 6) 4/1 + 6(4/1 + 1,5/1 + 6/2) = 58 \text{ мин.}$$

5. Длительность производственного цикла при параллельном движении предметов труда определяем по формуле

$$T_{ц.пар} = T_{ц.пар}^{тех} + mt_{мо} + t_e = 58 + 3 \cdot 2 + 35 = 116 \text{ мин.}$$

6. Построение графика длительности производственного цикла при параллельном движении предметов труда приведено на рис. 3.9.

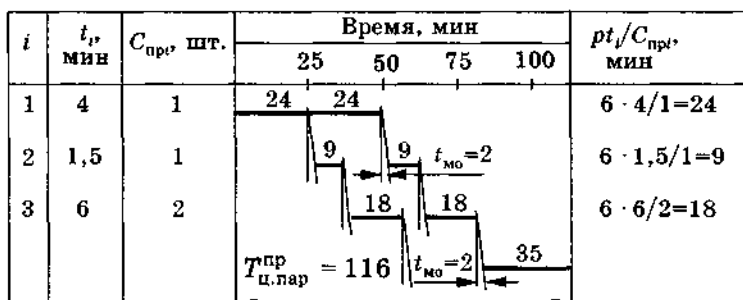


Рис. 3.9. График длительности производственного цикла при параллельном движении предметов труда

7. Длительность технологического цикла при параллельно-последовательном движении предметов труда рассчитываем по формуле (3.3):

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

8. Длительность производственного цикла при параллельно-последовательном движении предметов труда определяем по формуле

$$T_{ц.п.-п}^{пр} = T_{ц.п.-п}^{тех} + ч_{оп}t_{мо} + t_e = 84 + 3 \cdot 2 + 35 = 125 \text{ мин.}$$

9. Построение графика длительности производственного цикла при параллельно-последовательном движении предметов труда показано на рис. 3.10. При построении графика следует соблюдать следующие правила:

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

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

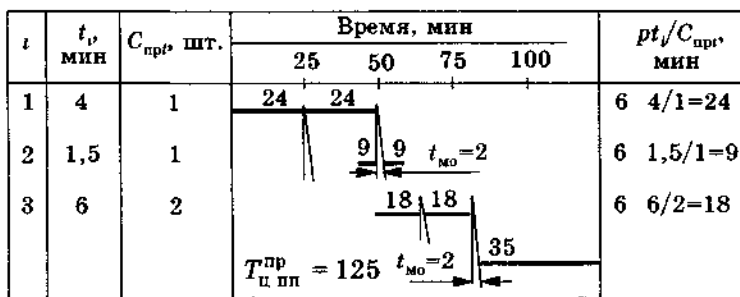


Рис. 3.10. График длительности производственного цикла при параллельно-последовательном движении предметов труда

### Задачи для решения

**Задача 3.3.** Определить длительность технологического цикла обработки партии из 100 деталей при последовательном, параллельно-последовательном и параллельном видах движений. Размер транспортной партии равен 10 шт. Каждая операция выполняется на одном станке. Технологический процесс обработки деталей представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

#### Технологический процесс обработки деталей

№ операции	Операция	Количество единиц оборудования, шт.	Норма времени, мин
1	Сверлильная	1	2
2	Расточная	1	3

Окончание табл. 3.2

№ операции	Операция	Количество единиц оборудования, шт.	Норма времени, мин
3	Протяжная	1	10
4	Обточная	1	4
5	Зубонарезная	1	12
6	Сверлильная	1	8
7	Фрезерная	1	15
8	Слесарная 1	1	6
9	Слесарная 2	1	20
10	Шлифовальная	1	10

**Задача 3.4.** Число деталей в партии — 12 шт. Вид движения партии деталей — последовательный. Технологический процесс обработки деталей состоит из шести операций, длительность обработки на каждой операции соответственно равна:  $t_1 = 4$ ,  $t_2 = 6$ ,  $t_3 = 6$ ,  $t_4 = 2$ ,  $t_5 = 5$ ,  $t_6 = 3$  мин. Каждая операция выполняется на одном станке. Определить, как изменится продолжительность технологического цикла обработки деталей, если последовательный вид движения заменить на параллельно-последовательный. Размер транспортной партии принят равным 1.

**Задача 3.5.** Партия из десяти деталей обрабатывается при параллельно-последовательном движении. Технологический процесс обработки деталей состоит из шести операций:  $t_1 = 2$ ,  $t_2 = 9$ ,  $t_3 = 5$ ,  $t_4 = 8$ ,  $t_5 = 3$ ,  $t_6 = 4$  мин. Имеется возможность объединить пятую и шестую операции в одну без изменения длительности каждой. Транспортная партия составляет 1 шт. Определить, как изменится длительность технологического цикла обработки деталей.

**Задача 3.6.** Определить длительность технологического цикла обработки партии, состоящей из 20 деталей, при последовательном, параллельном и параллельно-последовательном видах движений. Технологический процесс обработки

деталей состоит из пяти операций, длительность которых соответственно составляет:  $t_1 = 2$ ,  $t_2 = 4$ ,  $t_3 = 3$ ,  $t_4 = 6$ ,  $t_5 = 5$  мин. Вторая, четвертая и пятая операции выполняются на двух станках, а остальные — каждая на одном станке. Транспортная партия состоит из пяти деталей.

**Задача 3.7.** Определить длительность технологического цикла обработки партии, состоящей из 10 деталей, при различных видах движений. Построить графики процесса обработки. Технологический процесс обработки деталей состоит из четырех операций, длительность которых соответственно равна:  $t_1 = 8$ ,  $t_2 = 4$ ,  $t_3 = 2$ ,  $t_4 = 10$  мин. Среднее межоперационное время — 2 мин. Длительность естественных процессов — 30 мин. Транспортная партия состоит из двух деталей. Первая и четвертая операции выполняются на двух станках, а остальные — каждая на одном станке.

**Задача 3.8.** Партия из 200 деталей обрабатывается при параллельно-последовательном виде движения. Технологический процесс обработки деталей состоит из шести операций, длительность которых соответственно составляет:  $t_1 = 6$ ,  $t_2 = 3$ ,  $t_3 = 24$ ,  $t_4 = 6$ ,  $t_5 = 4$ ,  $t_6 = 20$  мин. Третья операция выполняется на трех станках-дублерах, шестая — на двух, а каждая из остальных операций — на одном станке. Транспортная партия состоит из 20 деталей. Определить, как изменится длительность технологического цикла обработки партии деталей, если параллельно-последовательный вид движения в производстве заменить параллельным.

**Задача 3.9.** Партия из 300 деталей обрабатывается при параллельно-последовательном виде движения. Технологический процесс обработки деталей состоит из семи операций, длительность которых соответственно составляет:  $t_1 = 4$ ,  $t_2 = 5$ ,  $t_3 = 7$ ,  $t_4 = 3$ ,  $t_5 = 4$ ,  $t_6 = 5$ ,  $t_7 = 6$  мин. Каждая операция выполняется на одном станке. Транспортная партия состоит из 30 деталей. В результате улучшения технологии производства длительность третьей операции сократилась на 3 мин, седьмой — на 2 мин. Определить, как изменится длительность технологического цикла обработки партии деталей.

**Задача 3.10.** Партия из 200 деталей обрабатывается при параллельном виде движения. Технологический процесс обработки деталей состоит из семи операций, длительность которых соответственно составляет:  $t_1=4$ ,  $t_2=22$ ,  $t_3=5$ ,  $t_4=4$ ,  $t_5=8$ ,  $t_6=10$ ,  $t_7=27$  мин. Вторая и шестая операции выполняются на двух станках-дублерах каждая, седьмая — на трех, а все остальные операции — на одном станке. Транспортная партия состоит из 40 деталей. Определить, как изменится длительность технологического цикла обработки партии деталей, если размер транспортной партии уменьшить в два раза.



## **4. Поточное производство и способы его организации**

### **4.1. Сущность поточного производства.**

#### **Виды поточных линий**

Поточное производство является наиболее прогрессивной и эффективной формой организации производственного процесса. Его важнейшими признаками являются:

- закрепление одного или ограниченного числа наименований изделий за определенной группой рабочих мест;
- ритмичная повторяемость согласованных во времени технологических и вспомогательных операций;
- выполнение на каждом рабочем месте одной или небольшого числа операций, что обеспечивает узкую специализацию рабочих мест;
- расположение оборудования и рабочих мест по ходу технологического процесса с наименьшими пространственными разрывами;
- поштучная или небольшими партиями передача изделий с операции на операцию с минимальными перерывами во времени с помощью специальных транспортных средств.

Поточное производство обладает основными чертами передовой организации производственного процесса, поскольку в наибольшей степени реализует научные принципы организации (специализацию, параллельное выполнение работ, пропорциональность, прямоточность, непрерывность, ритмичность процесса производства).

Детальное расчленение технологического процесса, создающее предпосылки для автоматизации производства и быстрого обучения рабочих, совершенная организация труда и производства способствуют в условиях поточного производ-

ства достижению высокого уровня технико-экономических показателей и качества работы. Поточное производство обеспечивает самую высокую производительность труда, низкую себестоимость продукции, наиболее короткий производственный цикл при высоких показателях использования производственных фондов.

Первичным звеном поточного производства является *поточная линия* — группа рабочих мест, на которой производственный процесс осуществляется в соответствии с признаками поточного производства. Организация поточных линий предъявляет специфические требования к планировке оборудования производственных участков и цехов, к транспорту и таре, применяющимся на поточных линиях.

Планировка поточных линий должна обеспечивать наибольшую прямолинейность и кратчайший маршрут движения изделия, наиболее рациональное использование производственной площади, наилучшие условия для транспортировки материалов и деталей к рабочим местам, удобство подходов для обслуживания и ремонта, достаточность площадей и устройств для хранения требуемых запасов материалов и деталей.

Расположение оборудования и пути движения изделия могут осуществляться по принципу одно-, двухрядной и зигзагообразной расстановки оборудования (рис. 4.1 и 4.2). В зависимости от конструкции производственного здания, вида выпускаемых изделий и используемого оборудования могут разрабатываться планировки овальных, Т- и П-образных, круговых поточных линий.

В поточном производстве применяются самые разнообразные транспортные средства: склизы, желоба, ленточные и подвесные транспортеры, пневмотранспортные средства, промышленные роботы, универсальные манипуляторы с программным управлением и др. В электронной промышленности широко применяются конвейеры — транспортные средства, служащие для транспортировки изделия или транспортировки и выполнения на нем рабочих операций и регламентирующие ритм работы поточной линии, т.е. играющие организующую роль в потоке. В случае если конвейер

служит для перемещения изделий и поддержания ритма работы линии путем четкого адресования изделий по рабочим местам, он называется распределительным, если же он служит и местом выполнения операции, то называется рабочим.

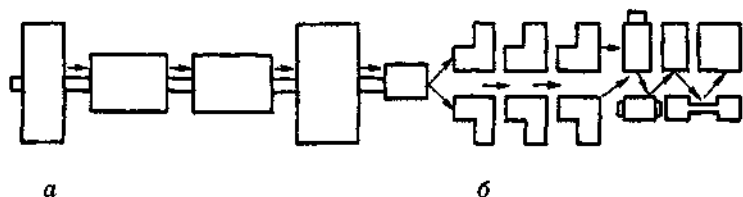


Рис. 4.1. Движение изделия на поточной линии при одностороннем (а) и двухстороннем (б) расположении оборудования

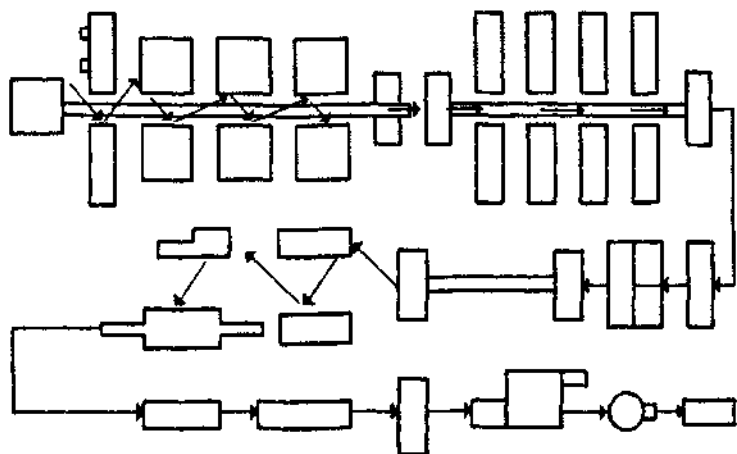


Рис. 4.2. Схема зигзагообразной поточной линии с одно- и двухсторонним расположением оборудования

Конвейер может быть непрерывного действия и пульсирующим. В последнем случае конвейер, переместив изделие с предыдущей операции на последующую, останавливается

на время выполнения операции, а затем снова приходит в движение.

На поточных линиях практически полностью исключено перемещение изделий «навалом», сведены до минимума перегрузки приборов из тары в рабочие органы оборудования и обратно. Важную роль в обеспечении сохранности и качества приборов, в снижении затрат времени на транспортные и погрузочно-разгрузочные работы играет межоперационная тара. Она служит для передачи изделий с одной операции на другую и используется для хранения заделов. На поточных линиях применяется так называемая сквозная тара, обеспечивающая выполнение ряда последовательных операций и транспортировку изделий без их перегрузки.

Выбор тары и ее правильное использование оказывают существенное влияние на технико-экономические показатели работы линий: выход годных приборов, трудоемкость их изготовления, производственный цикл.

Применяемые в производстве поточные линии можно классифицировать по ряду признаков.

По степени механизации технологических операций поточные линии делятся на *механизированные, комплексно-механизированные, полуавтоматические и автоматические*.

В зависимости от количества типов одновременно обрабатываемых и собираемых изделий поточные линии подразделяются на *одно- и многопредметные*. На однопредметной линии обрабатывается или собирается изделие одного наименования, на многопредметной — изделия нескольких наименований, их обработка или сборка ведется по типовому технологическому процессу.

В зависимости от количества одновременно обрабатываемых объектов одного наименования линии делятся на *одно- и многопоточные*. В случае когда поштучная обработка изделий на одних операциях чередуется с обработкой изделий партиями на других операциях, это существенно усложняет расчеты и планирование.

В зависимости от характера движения изделий по операциям производственного процесса следует различать

*непрерывно-поточные* и *прерывно-поточные* линии. На непрерывно-поточной все операции равны или кратны ритму линии, т.е. синхронизированы во времени. Ритм непрерывно-поточных линий может быть принудительным (регламентированным) или свободным, поддерживаемым самими рабочими. На прерывно-поточных линиях все операции или часть из них не выравнены согласно ритму линии. Непрерывно-поточные линии применяются в основном при высоком удельном весе ручных работ (в конденсаторостроении, при производстве резисторов и др.). Преобладающим типом поточных линий в приборостроении являются прерывно-поточные. Это объясняется рядом специфических особенностей производства, к числу которых можно отнести:

- наличие планируемых технологических потерь;
- чередование операций с поштучной и партионной обработкой изделий;
- необходимость длительного вылеживания отдельных групп приборов для стабилизации их параметров;
- наличие большого количества контрольно-измерительных операций и оборудования с непрерывным режимом работы и др.

Эти причины ведут к перерывам в ходе производственного процесса и невозможности осуществить синхронизацию технологических операций во времени.

Поточные линии могут быть с *конвейером* или *без конвейера*. В зависимости от характера работы конвейера поточные линии следует подразделять на линии с *рабочим конвейером*, где операция выполняется без снятия изделия с конвейера, и с *распределительным конвейером*, когда конвейер осуществляет лишь доставку изделия на рабочее место, а операция выполняется со снятием изделия с конвейера. При этом конвейер может находиться в непрерывном или периодическом (пульсирующем) движении.

## 4.2. Методические указания, типовые задачи с решениями и задачи для решения

### Методические указания

#### Однопредметная непрерывно-поточная линия

Расчет программы запуска производится по формуле

$$N_з = \frac{N_в \cdot 100}{100 - a}, \quad (4.1)$$

где  $N_в$  — программа выпуска готовых изделий, шт.;  $a$  — технологические потери или брак, %.

Эффективный фонд времени работы оборудования однопредметных непрерывно-поточных линий (ОНПЛ) рассчитывается по формуле

$$F_э = F_n K_{см} \left( 1 - \frac{a_p + a_n}{100} \right), \quad (4.2)$$

где  $F_n$  — номинальный фонд времени работы оборудования за рассчитываемый период времени, мин (ч);  $K_{см}$  — число рабочих смен в сутки;  $a_p$  и  $a_n$  — потери рабочего времени соответственно регламентированные и на плановые ремонты оборудования, и перерывы для отдыха рабочих-операторов, %.

Номинальный фонд времени работы оборудования определяется по формуле

$$F_n = t_{см} D_p - t_n D_n, \quad (4.3)$$

где  $t_{см}$  — длительность рабочей смены, мин (ч);  $t_n$  — продолжительность нерабочего времени в предпраздничные дни, мин (ч);  $D_p$  и  $D_n$  — число рабочих и предпраздничных дней в плановом периоде.

Под *тактом поточной линии* понимается промежуток времени между выпуском отдельных изделий (деталей, сборочных единиц) с предыдущей операции или их запуском на последующую операцию поточной линии. Исходными данными для расчета такта линии являются производственное

задание на год (месяц, смену), плановый фонд рабочего времени на этот же период и планируемые пооперационные технологические потери.

Такт ОНПЛ (мин/шт) определяется по формуле

$$r_{н.л} = F_0 / N_3, \quad (4.4)$$

где  $N_3$  — количество изделий, запускаемых на поточную линию.

*Ритмом* называется количество изделий определенных наименований, типоразмера, исполнения, выпускаемых в единицу времени. Ритм характеризует производительность линии.

Ритм ОНПЛ определяется по формуле

$$R_{н.л} = r_{н.л} p, \quad (4.5)$$

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

*Синхронизация* представляет собой процесс выравнивания длительности операции технологического процесса согласно такту поточной линии. Время выполнения операции должно быть равно такту линии или кратно ему. Синхронизация технологического процесса вычисляется следующим образом:

$$\frac{t_{шт1}}{C_{p1}} = \frac{t_{шт2}}{C_{p2}} = \frac{t_{шт3}}{C_{p3}} = \dots = \frac{t_{штn}}{C_{pn}}, \quad (4.6)$$

где  $t_{шт1}, t_{шт2}, t_{шт3}, \dots, t_{штn}$  — нормы штучного времени по операциям технологического процесса, мин;  $C_{p1}, C_{p2}, C_{p3}, \dots, C_{pn}$  — число рабочих мест по операциям.

При синхронизации производственного процесса необходимо учитывать следующие условия.

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

$$t_i = t_{обр} + t_{взв}, \quad (4.7)$$

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

2. Если ОНПЛ оснащена рабочим конвейером прерывного (пульсирующего) действия, то предмет труда с конвейера

не снимается и операции выполняются во время паузы (остановки конвейера), тогда

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{тр}}, \quad (4.8)$$

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

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

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{с.у}}, \quad (4.9)$$

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

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

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{с.у}} + t_{\text{тр}}. \quad (4.10)$$

Расчет числа рабочих мест на ОНПЛ ведется по следующим формулам:

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

$$C_{\text{л}} = m, \quad (4.11)$$

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

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

$$C_{\text{пр}} = t_i / r_{\text{н.л}}. \quad (4.12)$$

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



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

$$K_z = C_{pi} / C_{прi}. \quad (4.13)$$

Число рабочих мест определяется по формуле

$$C_n = \sum_{i=1}^m C_{прi}. \quad (4.14)$$

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

а) для непрерывно действующих рабочего и нерабочего конвейеров

$$v = l_0 / r_{н.л}, \quad (4.15)$$

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

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

$$v = l_0 / t_{тр}. \quad (4.16)$$

Длина рабочей зоны при выполнении  $i$ -й операции определяется по формуле

$$l_{pi} = l_0 \frac{t_i}{r_{н.л}}. \quad (4.17)$$

Длина рабочей части конвейера определяется по формулам:

а) при одностороннем расположении мест на поточной линии

$$L_p = l_0 \sum_{i=1}^m C_{прi} = l_0 C_n; \quad (4.18)$$

б) при двустороннем расположении рабочих мест на линии

$$L_p = \frac{1}{2} l_0 \sum_{i=1}^m C_{прi}. \quad (4.19)$$

Длина замкнутой ленты конвейера (полная) определяется по формуле

$$L_n = 2L_p + 2\pi R, \quad (4.20)$$

где  $\pi$  — постоянное число, равное 3,14;  $R$  — радиус приводного и натяжного барабанов, м.

Для распределительного конвейера обязательно должно соблюдаться условие

$$L_n = 2L_p + 2\pi R \leq l_0 \text{ПК}, \quad (4.21)$$

где  $\Pi$  — период (комплект номеров) распределительного конвейера;  $K$  — число повторений периода на полной длине

конвейера (обязательно целое число),  $K = \frac{L_n}{\Pi l_0}$ .

Период распределительного конвейера определяется как наименьшее общее кратное (НОК) из количества рабочих мест:

$$\Pi = \text{НОК}\{C_1, C_2, \dots, C_i\}. \quad (4.22)$$

Часовая производительность ОНПЛ определяется величиной, обратной такту потока и называемой темпом:

$$\tau = \frac{1}{r}. \quad (4.23)$$

Часовая производительность ОНПЛ в единицах массы определяется по формуле

$$q_r = \tau Q, \quad (4.24)$$

где  $Q$  — средняя масса изделия, обрабатываемого (собираемого) на поточной линии, кг.

Установленная мощность приводного двигателя конвейера определяется по формуле

$$P_{\text{уст}} = 0,736W, \quad (4.25)$$

где  $W$  — мощность, потребляемая конвейером, кВт:

$$W = 1,2 \left( \frac{0,16L_n V Q_k}{36} + \frac{0,16L_n q_r}{270} \right), \quad (4.26)$$

где  $Q_k$  — масса ленты (цепи) конвейера, кг.

*Задел* — это производственный запас заготовок или составных частей изделия для обеспечения бесперебойного

протекания производственных процессов на поточных линиях. Различают технологический, транспортный и резервный (страховой) виды заделов. На прерывно-поточных линиях создается также оборотный межоперационный задел.

*Технологический задел* представляет собой детали, сборочные единицы и изделия, находящиеся непосредственно в процессе обработки, сборки, испытаний и других технологических операций.

*Транспортный задел* состоит из деталей, сборочных единиц и изделий, которые находятся в транспортных устройствах в процессе перемещения между операциями.

*Резервный (страховой) задел* призван нейтрализовать отрицательное влияние на ритмичность производства случайных перебоев в работе оборудования и колебаний размеров операционных партий, связанных со случайным характером выходов изделий в брак и др. Этот вид задела создается перед наиболее ответственными и трудоемкими операциями. Величина резервного задела определяется по опытным данным, полученным на основе специальных исследований.

Величины заделов на поточной линии определяются по формулам:

а) технологический задел

$$Z_{\text{тех}} = p \sum_{i=1}^m C_{\text{при}}, \quad (4.27)$$

где  $p$  — размер транспортной партии, шт.;

б) транспортный задел

$$Z_{\text{тр}} = p(C_{\text{л}} - 1); \quad (4.28)$$

в) страховой (резервный) задел

$$Z_{\text{рез}} = \frac{1}{r_{\text{н.л}}} \sum_{i=1}^m t_{\text{пер}i}, \quad (4.29)$$

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

Общая величина задела на ОНПЛ:

$$Z_{\text{об}} = Z_{\text{тех}} + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{рез}}. \quad (4.30)$$

Величина незавершенного производства определяется по формулам:

а) в нормо-часах

$$H = Z_{об} \left( \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m t_i + t_{пр} \right), \quad (4.31)$$

где  $t_{пр}$  — суммарные затраты времени в предыдущих ценах;

б) в денежном выражении

$$H = Z_{об} \left( C_{пр} + \frac{C_{ц}}{2} \right), \quad (4.32)$$

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

Длительность производственного цикла рассчитывается по формулам:

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

$$t_{ц} = (2C_{л} - 1) r_{н.л}; \quad (4.33)$$

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

$$t_{ц} = 2C_{л} r_{н.л}; \quad (4.34)$$

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

$$t_{ц} = (2C_{л} + 1) r_{н.в}. \quad (4.35)$$

### Однопредметная прерывно-поточная линия

*Прерывно-поточные линии* наиболее часто организуются в электронной промышленности вследствие высокого уровня механизации производства и специфичности технологических операций, на которых добиться кратности с помощью синхронизации практически невозможно. На линиях этого типа применяется высокопроизводительное оборудование.

Программа запуска  $N_3$ , такт однопредметной прерывно-поточной линии (ОПЛ)  $r_{пр}$ , ритм  $R_{пр}$ , число рабочих мест расчетное  $C_p$  и принятое  $C_{пр}$ , коэффициент загрузки

рабочих мест  $K_3$ , часовая производительность  $\tau$ , технологический, транспортный и страховой заделы определяются так же, как и для ОНПЛ.

Особенностью расчета прерывно-поточной линии является необходимость определения регламента работы рабочих на основании анализа загрузки рабочих мест, периода оборота линии, межоперационных оборотных заделов и графика изменения величины оборотных заделов.

*Оборотный межоперационный задел* на линии — это количество заготовок, деталей или сборочных единиц, находящихся между операциями линии. Оборотный задел образуется вследствие различной производительности смежных рабочих мест для выравнивания работы линии. Размер и движение этих заделов определяются на основе графика-регламента работы рабочих на линии. Размер межоперационного задела постоянно колеблется от максимума до нуля и наоборот.

Динамика межоперационных оборотных заделов определяется регламентом работы прерывно-поточных линий, поэтому одновременно строят график-регламент работы и график движения межоперационных заделов в виде эпюр (рис. 4.3).

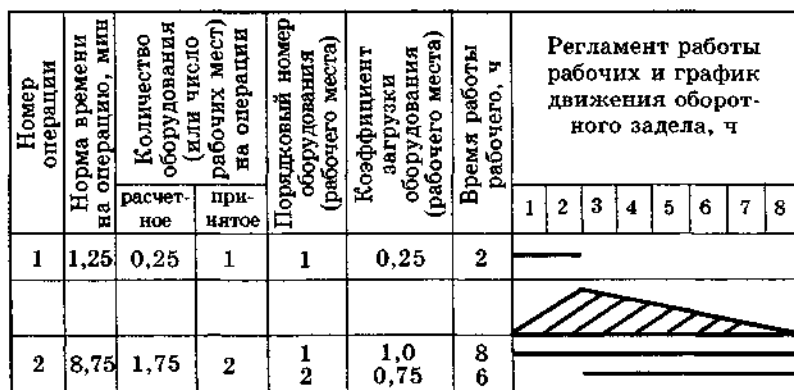


Рис. 4.3. Регламент работы рабочих на линии и график движения оборотного межоперационного задела для двух смежных операций

Указанные графики создаются на определенный промежуток времени, называемый периодом синхронизации (укрупненным ритмом линии, периодом оборота линии). Это промежуток времени, за который на каждой операции линии производится заданное одинаковое количество изделий. Это время должно быть удобно для планирования (например, одна смена — 8 ч), учитывать периодичность передачи изделий с данной линии на последующие линии или участки, оно должно быть оптимальным, так как его увеличение повышает простой оборудования и заделы на линии.

Межоперационный оборотный задел рассчитывается по формуле

$$Z_{об} = \frac{T_j C_i}{t_{штi}} - \frac{T_j C_{i+1}}{t_{штi+1}}, \quad (4.36)$$

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

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

$$Z_{ср.об} = S_i / T_{об}, \quad (4.37)$$

где  $S_i$  — площадь эякры оборотного задела между  $i$ -й и  $(i+1)$ -й операциями;  $T_{об}$  — период оборота линии, мин.

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

$$Z_{ср.об} = \sum_{i=1}^{m-1} S_i / T_{об}. \quad (4.38)$$

Расчет величины незавершенного производства аналогичен расчету на ОНПЛ.

Длительность технологического цикла определяется по формуле

$$t_{ц} = Z_{ср.об} R_{пр}. \quad (4.39)$$

### Многопредметная непрерывно-поточная линия

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

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

1. За линией закреплены изделия с одинаковой суммарной трудоемкостью ( $T_a = T_6 = T_b = \dots = T_j$ ). В этом случае изготовление всех изделий целесообразно вести с одинаковым тактом, скоростью движения конвейера и числом рабочих мест, т.е.  $r_{\text{пп}} = \text{const}$ ;  $V_{\text{пп}} = \text{const}$ ;  $C_{\text{пп}} = \text{const}$ . Единый такт определяется по формуле

$$r_{\text{пп}} = F_s \left( 1 - \frac{a_n}{100} \right) / \sum_{j=1}^m N_{zj}, \quad (4.40)$$

где  $a_n$  — потери рабочего времени на переналадку линии, %;  $j$  — номенклатура изделий, закрепленных за линией,  $j = 1, 2, \dots, m$ .

Число рабочих мест на линии определяется по формуле

$$C_{\text{пп}} = \sum_{j=1}^m N_{zj} T_j / \left[ F_s \left( 1 - \frac{a_n}{100} \right) \right]. \quad (4.41)$$

Скорость движения конвейера определяется по формуле

$$v_{\text{пп}} = l_0 / r_{\text{пп}}. \quad (4.42)$$

2. За линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на одной или нескольких операциях. В этом случае целесообразно установить  $r_{\text{пп}} = \text{const}$ ,  $V_{\text{пп}} = \text{const}$ ,  $C_{\text{пп}} = 1, 2, \dots$ .

При этом такт рассчитывается по формуле (4.40), скорость движения конвейера — по формуле (4.42), а число рабочих мест определяется для каждого  $j$ -го вида изделий по формуле

$$C_{\text{пп}j} = T_j / r_{\text{пп}}. \quad (4.43)$$

3. За линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость которых различна на большинстве или на всех операциях. В данном случае целесообразно установить  $C_{\text{пп}} = \text{const}$ ,  $r_{\text{пп}}$ ,  $V_{\text{пп}}$  — изменяемыми величинами.

Число рабочих мест определяется по формуле (4.41).

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

$$r_{\text{пп}j} = T_j / C_{\text{пп}}. \quad (4.44)$$

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

$$v_{\text{пп}j} = l_0 / r_{\text{пп}j}. \quad (4.45)$$

4. За линией закреплены изделия, суммарная трудоемкость изготовления которых различна на всех операциях ( $T_a \neq T_b \neq T_c \neq \dots \neq T_n$ ), изделия мелкие и легкие. В этом случае целесообразно установить  $v_{\text{пп}} = \text{const}$ ,  $C_{\text{пп}} = \text{const}$ ,  $R_{\text{пп}} = \text{const}$ ,  $r_{\text{пп}}$  — изменяемым.

Число рабочих мест в данном случае определяется по формуле (4.41), частный такт для каждого  $j$ -го наименования изделия — по формуле (4.44).

Ритм поточной линии рассчитывается по формуле

$$r_{\text{пп}} = r_{\text{пп}j} p_j, \quad (4.46)$$

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

Скорость движения конвейера определяется в данном случае по формуле (4.42).

Ко второй группе календарно-плановых нормативов относятся: размер партии предметов труда  $n_j$ ; период чередования партий деталей  $R_j$ ; длительность технологического цикла  $t_{\text{ц}j}$ .

Размер партии предметов  $j$ -го наименования определяется по формуле

$$n_j = \frac{(100 - a_n) \Pi_{\text{р}j}}{a_n r_{\text{пп}j}}, \quad (4.47)$$



где  $\Pi_{pj}$  — средняя длительность простоя каждого рабочего места при переходе от изготовления партии одного изделия на изготовление другого изделия, мин.

Период чередования партий предметов труда определяется по формуле

$$R_j = \frac{T_{пл}}{N_{зj}} n_j, \quad (4.48)$$

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

Длительность технологического цикла, т.е. время занятости поточной линии изготовлением  $j$ -го наименования изделия, определяется по формуле

$$t_{цj} = \frac{n_j r_{штj} + \Pi_{pj}}{480}. \quad (4.49)$$

## Типовые задачи с решениями

**Задача 4.1.** На основе заводских нормативов времени на выполнение технологических операций (табл. 4.1) спроектировать производственный процесс сборки ячейки 2У-3, если продолжительность выполнения операций кратна такту, при организации ОНПЛ с использованием распределительного конвейера.

Рассчитать календарно-плановые нормативы ОНПЛ, составить систему адресования ячеек конвейера по рабочим местам.

Таблица 4.1

Нормативы времени на выполнение технологически неделимых элементов операций

Содержание элементов операций	Штучная норма времени $t_{шт}$ , мин
Установить сопротивление	0,2
Установить конденсатор	0,26
Установить ламповую панель	0,56
Взять и отложить плату	0,07

*Решение*

1. Эффективный фонд времени работы оборудования ОНПЛ рассчитываем по формуле

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

где  $F_n$  — номинальный фонд времени, в данном случае  $F_n$  равен продолжительности смены;  $T_{пер}$  — продолжительность регламентированных перерывов, мин.

2. Такт ОНПЛ определяем по формуле (4.4):

$$r_{н.л} = F_э / N_{з.см} = 450 : 1400 = 0,32 \text{ мин/шт.}$$

3. Проектирование производственного процесса сборки ячейки 2У-3 при продолжительности выполнения операций, кратной или равной такту, представлено в табл. 4.2.

4. Число рабочих мест определяем по формуле (4.12), подставив в нее соответствующие данные по первой операции:

$$C_{р1} = 0,63 : 0,32 = 1,97 \approx 2 \text{ рабочих места.}$$

Аналогично рассчитываем число рабочих мест по всем операциям, а результаты заносим в гр. 5 и 6 табл. 4.2.

5. Коэффициент загрузки рабочих мест на каждой  $i$ -й операции определяем по формуле (4.13):

$$K_{з1} = 1,97 : 2 = 0,98.$$

Аналогично производим расчеты по всем операциям, а результаты заносим в гр. 7 табл. 4.2.

6. Скорость движения конвейера определяем по формуле (4.15), подставляя в нее соответствующие данные:

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

7. Период распределительного конвейера устанавливаем, исходя из выражения (4.22):

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

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

Таблица 4.2

Проектирование производственного процесса  
и расчет количества рабочих мест

№ операции	Содержание операции	Норма времени на элемент операции, мин	Норма времени на операцию, мин	Число рабочих мест		Коэффициент загрузки рабочих мест $K_3$
				расчетное $C_p$	принятое $C_{пр}$	
1	2	3	4	5	6	7
1	Взять и отложить плату Установить ламповую панель Л <sub>1</sub>	0,07 0,56	0,63	1,97	2	0,98
2	Взять и отложить плату Установить ламповую панель Л <sub>2</sub>	0,07 0,56	0,63	1,97	2	0,98
3	Взять и отложить плату Установить сопротивление: $R_1$ $R_2$ $R_3$	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04

Продолжение табл. 4.2

№ операции	Содержание операции	Норма времени на элемент операции, мин	Норма времени на операцию, мин	Число рабочих мест			Коэффициент загрузки рабочих мест $K_3$
				расчетное $C_p$	принятое $C_{пр}$	6	
1	2	3	4	5	6	7	
4	Взять и отложить плату. Установить сопротивление: $R_4$ $R_5$ $R_6$	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04	
5	Взять и отложить плату. Установить сопротивление: $R_7$ $R_8$ $R_9$	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04	
6	Взять и отложить плату. Установить сопротивление: $R_{10}$ $R_{11}$ $R_{12}$	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04	

Продолжение табл. 4.2

№ операции	Содержание операции	Норма времени на элемент операции, мин	Норма времени на операцию, мин	Число рабочих мест			Коэффициент загрузки рабочих мест $K_a$
				расчетное $C_p$	принятое $C_{пр}$	6	
1	2	3	4	5	6	7	
7	Взять и отложить плату. Установить сопротвления: $R_{13}$ $R_{14}$ $R_{15}$	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04	
8	Взять и отложить плату. Установить сопротвления: $R_{16}$ $R_{17}$ $R_{18}$	0,07 0,20 0,20 0,20	0,67	2,09	2	1,04	

Окончание табл. 4.2

№ операции	Содержание операции	Норма времени на элемент операции, мин	Норма времени на операцию, мин	Число рабочих мест			Коэффициент загрузки рабочих мест $K_3$
				расчетное $C_p$	принятое $C_{пр}$	6	
1	2	3	4	5	6	7	
9	Взять и отложить плату. Установить конденсаторы: $C_1$ $C_2$ $C_3$ $C_4$ $C_5$ и сопротивление $R_{19}$	0,07  0,26 0,26 0,26 0,26 0,26 0,20	1,57	4,91	5	0,98	
	Итого	6,85	6,85	21,39	21	9,3	

Определив период конвейера, производим разметку ленты конвейера по периоду путем нанесения на нее цифровых индексов (рис. 4.4).

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

Рис. 4.4. Разметка ленты конвейера

8. Составление системы адресования ячеек конвейера по рабочим местам. Произведем закрепление разметочных знаков за рабочими местами (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Система адресования ячеек конвейера по рабочим местам

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

9. Расчет длины ленты распределительного конвейера. Вначале рассчитываем рабочую длину ленты конвейера по формуле (4.18):

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

Затем определяем полную длину ленты по формуле (4.21):

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

Вычисляем число повторений:

$$K = \frac{L_n}{\Pi l_0} = \frac{26,456}{10 \cdot 0,6} = 4,4.$$

По длине распределительного конвейера в ней должно укладываться целое число периодов. Поэтому определяемое число повторений периода также должно быть целым числом. Принимаем  $K = 5$ . Тогда  $K\Pi l_0 = 5 \cdot 10 \cdot 0,6 = 30 \text{ м.}$

Это удовлетворяет обоим условиям формулы (4.21):

$$26,456 < 30.$$

Исходя из этого, полную длину ленты распределенного конвейера принимаем равной 30 м. Основываясь на такой длине ленты конвейера, корректируем шаг конвейера, который после расчетов по формуле (4.20) составляет  $\pi = 0,684 \text{ м.}$

10. Построение стандарт-плана ОНПЛ и расчет длительности производственного цикла графическим методом. Стандарт-план работы линии приведен на рис 4.3.

Продолжительность производственного цикла — это отрезок времени от поступления предметов труда на первую операцию поточной линии до выхода их с последней операции. Этот показатель можно определить по стандарт-плану (см. рис. 4.3) или по формуле (4.33):

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

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

Величину технологического задела при поштучной передаче обрабатываемых изделий рассчитываем по формуле (4.27):



$$Z_{\text{тех}} = C_n = 21 \text{ шт.},$$

а величину транспортного задела — по формуле (4.28):

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

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

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

Общую величину внутрелинейного задела определяем по формуле (4.30):

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

12. Величину незавершенного производства определяем по формуле (4.31):

$$H = \frac{1}{2} Z_{\text{об}} \sum_{i=1}^m t_i = 97 \frac{6,85}{2 \cdot 60} = 5,5 \text{ н/ч.}$$

13. Часовую производительность ОНПЛ рассчитываем по формуле (4.23):

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

**Задача 4.2.** Сборка изделия производится на поточной линии, оснащенной рабочим конвейером пульсирующего действия. Длительность технологического цикла сборки изделия на конвейере — 36 мин. Скорость движения конвейера — 6 м/мин. Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое в 5 раз меньше выполнения каждой операции. Шаг конвейера — 1,8 м. Радиус приводного и натяжного барабанов — по 0,3 м каждый. Режим работы поточной линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых — 30 мин/смену.

Определить такт поточной линии, число рабочих мест на линии, длину рабочей части конвейера и всей замкнутой ленты, программу выпуска изделий за сутки.

*Решение*

1. Время перемещения изделия с одного рабочего места на другое определяем скоростью движения конвейера, исходя из формулы (4.16):

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

2. Время выполнения каждой  $i$ -й операции составляет

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

3. Такт поточной линии пульсирующего действия рассчитываем по формуле (4.8):

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

4. Число рабочих мест на поточной линии определяем по формуле (4.12):

$$C_{\text{п}} = t_{\text{ц}}/r_{\text{п.д}} = 36/1,8 = 20 \text{ рабочих мест.}$$

5. Длину рабочей части конвейера рассчитываем по формуле (4.18):

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

6. Полную длину ленты конвейера определяем по формуле (4.21):

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

7. Суточную программу выпуска изделий рассчитываем, исходя из формулы (4.4):

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

**Задача 4.3.** На прямоточной ОППЛ обрабатывается кронштейн. Технологический процесс состоит из четырех операций: токарной, сверлильной, фрезерной и шлифовальной. Длительность операций соответственно составляет:  $t_1 = 1,9$ ,  $t_2 = 1,1$ ,  $t_3 = 2,1$ ,  $t_4 = 1,3$  мин. Месячная программа — 12600 шт. В месяце 21 рабочий день. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Период оборота линии — 0,5 смены. Брак на операциях отсутствует.

Определить такт линии, число рабочих мест и их загрузку, количество рабочих-операторов; составить график

регламентации рабочих мест и рабочих-операторов на линии (построить стандарт-план работы ОППЛ); рассчитать величину межоперационных заделов и построить график их движения; определить величину среднего оборотного задела на линии; величину незавершенного производства и длительность производственного цикла обработки партии деталей.

### Решение

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

$$N_{\text{в}} = \frac{12600}{21 \cdot 2 \cdot 2} = 150 \text{ шт.}$$

2. Такт ОППЛ определяем по формуле (4.4):

$$r_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{с}}}{N_{\text{д}}} = \frac{8 \cdot 0,5 \cdot 60}{150} = 1,6 \text{ мин/шт.}$$

3. Число рабочих мест рассчитываем по формуле (4.12), подставив в нее соответствующие данные по первой операции:

$$C_{\text{р1}} = t_1 / r_{\text{пр}} = 1,9 / 1,6 = 1,19 \approx 2 \text{ рабочих места.}$$

Аналогично производим расчеты по всем операциям, а результаты заносим в гр. 5 и 6 (табл. 4.2).

4. Коэффициент загрузки рабочих мест определяем по формуле (4.13), подставив в нее данные, определенные в результате расчета по формуле (4.12):

$$K_{\text{з1}} = 1,19 / 2 \approx 0,6.$$

Аналогично производим расчеты по всем операциям.

5. Составление графика-регламента загрузки рабочих мест и рабочих-операторов (стандарт-плана). Стандарт-план строим в форме таблицы (см. рис. 4.3.), в которую заносим все операции технологического процесса и нормы времени их выполнения. Затем проставляем такт потока, расчетное и принятое число рабочих мест по каждой операции и в целом по линии; строим график работы оборудования на каждой операции в соответствии с его загрузкой; рассчитываем необходимое количество рабочих-операторов на каждой операции и строим график-регламент их труда на линии путем подбо-

ра работ (как это показано на втором, третьем, пятом и шестом рабочих местах); определяем окончательную численность рабочих-операторов, работающих на линии; присваиваем рабочим номера или буквенные индексы и устанавливаем порядок обслуживания рабочих мест.

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

6. Расчет списочной численности рабочих-операторов, необходимых для работы в две смены (на 2-й операции):

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

Расчет необходимо произвести для каждой операции.

7. Расчет межоперационных заделов производим по стандарт-плану ОППЛ между каждой парой смежных операций по формуле (4.36). Этот расчет рекомендуется вести в табличной форме (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Расчет межоперационных оборотных заделов

Частный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов $Z$ , шт.	Площадь эapur, шт./мин
Между 1-й и 2-й операциями			
$T_1$	45,6	$Z'_{1,2} = \frac{45,6 \cdot 2}{1,9} - \frac{45,6 \cdot 1}{1,1} = +7$	1938
$T_2$	120	$Z''_{1,2} = \frac{120 \cdot 1}{1,9} - \frac{120 \cdot 1}{1,1} = -46$	2760
$T_3$	74,4	$Z'''_{1,2} = \frac{74,4 \cdot 1}{1,9} - \frac{74,4 \cdot 0}{1,1} = +39$	1450
Итого			6148
Между 2-й и 3-й операциями			
$T_1$	165,6	$Z'_{2,3} = \frac{165,6 \cdot 1}{1,1} - \frac{165,6 \cdot 1}{2,1} = +71$	5879
$T_2$	74,4	$Z''_{2,3} = \frac{47,4 \cdot 0}{1,1} - \frac{74,4 \cdot 2}{2,1} = -71$	2641
Итого			8520

Окончание табл. 4.4

Частный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов $Z$ , шт.	Площадь эпюр, шт./мин
Между 3-й и 4-й операциями			
$T_1$	45,6	$Z'_{3,4} = \frac{45,6 \cdot 2}{2,1} - \frac{45,6 \cdot 1}{1,3} = +22$	1140
$T_2$	120	$Z''_{3,4} = \frac{120 \cdot 1}{2,1} - \frac{120 \cdot 1}{1,3} = -36$	2160
$T_3$	74,4	$Z''_{3,4} = \frac{74,4 \cdot 1}{2,1} - \frac{74,4 \cdot 0}{1,3} = +14$	512
		Итого	3821
		Всего	18489

После расчета величины межоперационных заделов строим графики изменения заделов (эпюры движения заделов) по каждой паре смежных операций за период оборота линии (см. рис. 4.3).

8. Расчет площадей эпюр оборотных заделов выполняем, как показано на рис. 4.5, а результаты вписываем в табл. 4.4. Исходя из площадей эпюр оборотных заделов, определяем среднюю величину межоперационных заделов между каждой парой смежных операций и в целом по линии.

9. Среднюю величину межоперационного оборотного задела в целом по линии определяем по формуле (4.38):

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

10. Величину незавершенного производства без учета затрат труда в предыдущих цехах рассчитываем по формуле (4.31):

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

11. Длительность производственного цикла определяем по формуле (4.39):

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

№ операции	Операция	Норма времени $t_{н}$ , мин	Такт $T_{шт}$ , мин/шт.	Число рабочих мест		№ рабочего места	Загрузка рабочих мест		Задел $Z_n$		График работы оборудования и перехода рабочих за период оборота линии, равный 0,5 смены (240 мин)
				расчетное $C_p$	принятое $C_{пр}$		%	мин	максимальный	на начало периода	
1	Токарная	1,9	1,6	1,19	2	2	19	45,6	46	39	
				100	240						
2	Сверильная	1,1	1,6	0,69	1	3	69	165,6	71	—	
				100	240						
3	Фрезерная	2,1	1,6	1,31	2	5	31	74,4	36	14	
				81	194,4						
4	Шлифовальная	1,3	1,6	0,81	1	6	81	194,4			

Рис. 4.5. График движения заделов оборотных средств

**Задача 4.4.** Рассчитать календарно-плановые нормативы и построить стандарт-план МНПЛ, исходя из следующих данных.

Один из блоков изделия имеет значительное конструктивное сходство с аналогичными блоками изделий Б, В, Г, Д и может быть собран по типовому технологическому процессу (табл. 4.5). Участок сборки и монтажа блоков работает в две смены. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней — 22. Средняя длительность наладки одного рабочего места — 20 мин. Допустимые потери на простои рабочих мест при смене партии предметов труда составляют 2 % от продолжительности рабочей смены. Месячная программа выпуска: А = 6000, Б = 3000, В = 3600, Г = 5500, Д = 1000 шт. Шаг конвейера — 0,7 м.

Таблица 4.5

Технологический процесс сборки блоков пяти изделий

№ операции	Норма времени на операцию, мин					Число рабочих мест
	А	Б	В	Г	Д	
1	1,6	2,1	2,2	2,8	2,5	2
2	1,5	2,0	2,3	2,8	2,4	2
3	0,82	1,05	1,15	1,35	1,25	1
4	0,82	1,05	1,15	1,35	1,25	1
5	2,4	3,17	3,27	4,0	3,55	3
6	0,82	1,05	1,15	1,35	1,15	1
7	0,82	1,05	1,15	1,35	1,15	1
8	0,82	0,95	1,05	1,35	1,15	1
Итого	9,6	12,42	13,42	16,35	14,40	12

### Решение

1. Расчет суммарной грузоемкости изделий  $T_i$  ведем в табличной форме (см. табл. 4.5). Из расчета видно, что  $T_A \neq T_B \neq T_V \neq T_\Gamma \neq T_D$ . Исходя из этого, выбираем вариант работы линии с различными частными тактами выпуска блоков при неизменном общем числе рабочих мест и изменяющейся скорости движения.

2. Необходимое число рабочих мест рассчитано по формуле (4.41).

3. Частные такты по каждому изделию  $j$ -го наименования определяем по формуле (4.44):

$$r_{\text{ппА}} = 9,6/12 = 0,8 \text{ мин/шт.}; r_{\text{ппБ}} = 12,42/12 = 1,04 \text{ мин/шт.};$$

$$r_{\text{ппВ}} = 13,42/12 = 1,12 \text{ мин/шт.}; r_{\text{ппГ}} = 16,35/12 = 1,36 \text{ мин/шт.};$$

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

4. Скорости движения конвейера для каждого изделия  $j$ -го наименования определяем по формуле (4.45):

$$v_{\text{ппА}} = 0,7/0,8 = 0,88 \text{ м/мин}; v_{\text{ппБ}} = 0,7/1,04 = 0,67 \text{ м/мин};$$

$$v_{\text{ппВ}} = 0,7/1,12 = 0,63 \text{ м/мин}; v_{\text{ппГ}} = 0,7/1,36 = 0,52 \text{ м/мин};$$

$$v_{\text{ппД}} = 0,7/1,2 = 0,58 \text{ м/мин.}$$

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

$$П_{рj} = t_n + 2C_{\text{пп}}r_{\text{ппj}+1};$$

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

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

$$П_{рВ} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,36 = 52,4 \text{ мин};$$

$$П_{рГ} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 1,2 = 48,8 \text{ мин};$$

$$П_{рД} = 20 + 2 \cdot 12 \cdot 0,8 = 39,2 \text{ мин.}$$

6. Размеры партий изделий  $j$ -го наименования определяем по формуле (4.47):

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

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

$$n_B = \frac{(100 - 2)52,4}{2 \cdot 1,12} = 2293 \approx 3000 \text{ шт.};$$



$$n_{\Gamma} = \frac{(100 - 2)48,8}{2 \cdot 1,35} = 1772 \approx 2750 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{Д}} = \frac{(100 - 2)39,2}{2 \cdot 1,2} = 1600 \approx 1000 \text{ шт.}$$

7. Периоды чередования партий изделий рассчитываем по формуле (4.48):

$$R_{\text{А}} = \frac{22 \cdot 3000}{6000} = 11 \text{ дней}; \quad R_{\text{В}} = \frac{22 \cdot 3000}{3000} = 22 \text{ дня};$$

$$R_{\text{В}} = \frac{22 \cdot 3600}{3600} = 22 \text{ дня}; \quad R_{\Gamma} = \frac{22 \cdot 2750}{5500} = 11 \text{ дней};$$

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

8. Длительность технологического цикла каждого изделия  $j$ -го наименования определяем по формуле (4.49):

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

$$t_{\text{ц.В}} = \frac{3000 \cdot 1,04 + 46,88}{480} = 6,6 \text{ смены};$$

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

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

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

Стандарт-план МНПЛ строится на срок, равный наибольшему периоду чередования партий изделий, который обычно не превышает один месяц. В нашем случае стандарт-план МНПЛ строим на 22 рабочих дня (рис. 4.6).



### Задачи для решения

**Задача 4.5.** Определить нормативные уровни внутрилинейных заделов линии механической обработки деталей В и величину выработки по операциям обработки этих деталей. Построить стандарт-план работы линии по механической обработке деталей В.

Такт потока — 1,04 мин/шт.; масса детали — 0,38 кг; режим работы линии — двухсменный; продолжительность одной смены — 8 ч. Нормы штучного времени и число станков по операциям обработки детали В приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

#### Исходные данные для расчетов

Номер операции	Операция	Число станков, $C_{пр}$	Норма штучного времени $t$ , мин	Разряд работы
1	Токарная 1	4	4,2	4
2	Токарная 2	1	0,9	4
3	Токарная 3	4	3,8	4
4	Сверлильная 1	1	0,8	3
5	Сверлильная 2	1	0,9	3
6	Фрезерная	1	1,0	3
7	Шлифовальная	4	3,3	4
8	Токарная 4	1	1,1	5
9	Сверлильная 3	1	1,1	4
10	Нарезание резьбы	1	0,75	4
11	Сверлильная 4	1	0,7	4
12	Сверлильная 5	1	1,0	4

Выбор периода обслуживания линии зависит от размеров и массы обрабатываемой детали (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Выбор периода обслуживания поточной линии

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

**Задача 4.6.** Сборка блока прибора осуществляется на непрерывно-поточной линии оснащенным распределительным конвейером. Шаг конвейера — 1,2 м. Радиус приводного и натяжного барабанов — 0,38 м каждый. Программа выпуска блоков — 375 шт. в сутки. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых — 30 мин в смену. Технологический процесс сборки блока состоит из девяти операций, нормы времени которых соответственно составляют:  $t_1 = 4,8$ ,  $t_2 = 2,4$ ,  $t_3 = 4,8$ ,  $t_4 = 9,6$ ,  $t_5 = 2,4$ ,  $t_6 = 4,8$ ,  $t_7 = 2,4$ ,  $t_8 = 7,2$ ,  $t_9 = 2,4$  мин. Время на снятие и установку блока на площадку конвейера учтено в нормах времени технологического процесса.

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

**Задача 4.7.** Сборка блока производится на рабочем конвейере непрерывного действия. Шаг конвейера — 1,5 м. Диаметр приводного и натяжного барабанов — 0,4 м каждый. Технологический процесс сборки блока состоит из восьми

операций, нормы времени которых (с учетом времени возвращения на исходное место) соответственно составляют:  $t_1 = 3,6$ ,  $t_2 = 7,2$ ,  $t_3 = 5,4$ ,  $t_4 = 9$ ,  $t_5 = 1,8$ ,  $t_6 = 5,4$ ,  $t_7 = 3,6$ ,  $t_8 = 7,2$  мин. Программа выпуска — 500 блоков в сутки. Режим работы поточной линии — двухсменный по 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых — 30 мин в смену.

Определить такт потока, число рабочих мест на операциях и на всей поточной линии; длину замкнутой ленты конвейера; скорость движения конвейера; величину заделов и незавершенного производства; длительность технологического цикла сборки блока на конвейере.

**Задача 4.8.** На прерывно-поточной линии обрабатывается шестерня. Технологический процесс обработки деталей состоит из шести операций, нормы времени которых соответственно составляют:  $t_1 = 13,25$ ,  $t_2 = 7,5$ ,  $t_3 = 3,5$ ,  $t_4 = 5,25$ ,  $t_5 = 2,5$ ,  $t_6 = 3,5$  мин. Программа выпуска за сутки — 250 шт. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч.

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

**Задача 4.9.** На переменнo-поточной линии обрабатываются детали А и В. Программа выпуска деталей за месяц соответственно составляет:  $N_A = 1500$  шт. и  $N_B = 2500$  шт. Суммарная трудоемкость обработки изделия А — 40 мин, изделия В — 35 мин. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в месяце — 21. Потери рабочего времени на переналадку линии составляют 5 % длительности смены. Шаг конвейера — 1,1 м. Среднее время наладки одного рабочего места — 25 мин.

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

**Задача 4.10.** На переменнo-поточной линии обрабатываются детали А, Б, В, Д. Суммарная грузоемкость обработки деталей соответственно составляет 40, 50, 50, 30 мин. Программа выпуска деталей за месяц — соответственно 2500, 2000, 3000, 3500 шт. Режим работы линии — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в месяце — 22. Потери времени на переналадку оборудования составляют 6 % от продолжительности рабочей смены. Шаг конвейера — 1,2 м. Средняя длительность наладки одного рабочего места — 20 мин.

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

**Задача 4.11.** Длительность технологического цикла сборки изделия на поточной линии, оснащенной рабочим пульсирующим конвейером, составляет 80 мин. Число рабочих мест на линии — 20. Длительность выполнения каждой операции на рабочем месте — 3,5 мин. Режим работы линии — двухсменный по 8 ч. Регламентированные перерывы на отдых составляют 30 мин в смену.

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

**Задача 4.12.** Поточная линия, оснащенная рабочим пульсирующим конвейером, имеет следующие данные: шаг конвейера — 1,4 м; радиус приводного и натяжного барабанов — 0,44 м каждый; скорость движения ленты конвейера — 4 м/мин. Длительность технологического цикла изготовления изделия на конвейере — 61,6 мин; время выполнения каждой операции на рабочем месте в 10 раз больше времени перемещения изделия с одного рабочего места на другое. Линия работает в две смены по 8 ч. Регламентированные перерывы — 30 мин в смену.

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

## 5. Планирование организации и подготовки производства

### 5.1. Планирование подготовки производства. Виды подготовки

Интеграция науки, техники и производства обуславливает возможность и необходимость совершенствования процессов создания и освоения новой техники, новых изделий и продуктов. От организации этого процесса зависят темпы освоения и выпуска новой конкурентоспособной продукции, технико-организационный уровень производства и возможность его развития.

Цикл «исследование — освоение — производство» продукции включает следующие взаимосвязанные процессы:

- научную подготовку производства;
- конструкторскую подготовку производства;
- технологическую подготовку производства;
- организационную подготовку и освоение производства;
- производство нового изделия (продукта).

В общем случае создание и освоение новой техники — это непрерывный процесс последовательного преобразования одного и того же целевого объекта  $Z$ , представляемого на разных стадиях цикла «исследование — разработка — производство» в форме знания  $Z_1$ , модели  $Z_2$  и материально-вещественного продукта труда  $Z_3$ .

Этот процесс циклически повторяется (рис. 5.1).

*Научная подготовка производства (НПП)* — это совокупность взаимосвязанных процессов научного поиска и обоснований возможных направлений развития принципиально новой техники, технологии или продуктов. Поиск новых решений практически всегда предопределен несовершенством

известного продукта  $Z_3$ . Проведенная научная подготовка формирует определенное знание  $Z_1$  о новом продукте. Неопределенность общей цели  $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3\}$  уменьшается до норм, достаточных для развертывания конструкторских разработок —  $Z_{2к}$ , т.е.  $Z_3 \rightarrow Z_1 \rightarrow Z_{2к}$ .

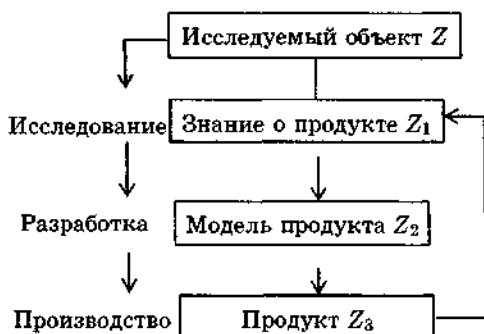


Рис. 5.1. Схема процесса создания и освоения нового продукта

*Конструкторская подготовка производства (КПП)* — это совокупность взаимосвязанных процессов оптимизации структуры и конструирования объекта. Последовательная реализация этих процессов повышает вероятность достижения конечной цели подготовки  $Z$  до норм, достаточных для разработки и применения наиболее рациональной технологии их изготовления —  $Z_{2т}$ , т.е.  $Z_1 \rightarrow Z_{2к} \rightarrow Z_{2т}$ .

*Технологическая подготовка производства (ТПП)* — это совокупность взаимосвязанных процессов технологического проектирования и оснащения производства. Осуществление этих процессов обеспечивает выбор и освоение наиболее рациональных способов реализации общей цели  $Z$  в конкретных производственных условиях —  $Z_{2о}$ , т.е.

$$Z_1 \rightarrow Z_{2к} \rightarrow Z_{2т} \rightarrow Z_{2о}$$

*Организационная подготовка и освоение производства (ОПОП)* — это совокупность взаимосвязанных процессов организации подготовки и освоения нового изделия, включая выбор методов и моделирование процессов перехода на



выпуск нового изделия, выполнение организационно-плановых расчетов, осуществление подготовки производства. В результате заканчивается модельная разработка объекта  $Z_2$  и начинается производство нового продукта  $Z_3$ , что в конечном счете определяет ранее поставленную общую цель подготовки производства, т.е.

$$Z_1 \rightarrow Z_{2к} \rightarrow Z_{2т} \rightarrow Z_{2о} \rightarrow Z_3.$$

Общая направленность системы подготовки производства должна сводиться, таким образом, к достижению в минимально допустимые сроки качественных и количественных характеристик нового продукта в соответствии с общественными потребностями с учетом ресурсных и других ограничений путем последовательного накопления знаний о нем и преобразования их в материально-вещественный результат  $Z_3$ .

Сказанное выше позволяет сформулировать общую цель системы подготовки производства. Главная цель системы состоит в обеспечении готовности производства к выпуску новой продукции определенного уровня качества и заданных объемов.

## 5.2. Оперативно-календарное и линейное планирование подготовки производства

Для эффективного функционирования системы подготовки производства требуется соответствующее управление, которое должно обеспечить взаимодействие и координацию всей совокупности элементов системы для достижения заданной цели. Цель планирования подготовки производства состоит в разработке программы действий по интеграции деятельности различных подразделений, направленной на разработку, освоение и создание новых конкурентоспособных продуктов.

Оперативно-календарное планирование непосредственно связано с организацией выполнения работ и включает в себя задачи объемного, календарного и оперативного планирования.

Блок *объемного планирования* содержит задачи установления перечня работ по этапам технической подготовки и подразделениям-исполнителям; расчета общего объема работ по каждому этапу конструкторской и технологической подготовки в принятых единицах величин; расчета объема работ в человеко-часах по отдельным подразделениям; выявления соответствия потребности в ресурсах, их наличия по каждому подразделению и разработки мероприятий по сбалансированию загрузки.

Блок *календарного планирования* включает задачи разработки нормативов для планирования технической подготовки; определения числа исполнителей и продолжительности выполнения по каждому виду работ; построения календарных графиков работы подразделений и установления сроков начала и окончания работ.

В блок *оперативного планирования* входят задачи разработки оперативных планов-заданий на месяц или неделю; оперативного учета исполнения работ; контроля и анализа фактического состояния работ в сопоставлении с заданными номенклатурой, объемами и сроками; принятия оперативных мер к ликвидации отставаний.

Особое место в информационном обеспечении технической подготовки производства занимают нормативы и нормы для ее организации и планирования. Среди них можно выделить: объемные нормативы (нормативы объема работ в натуральном выражении); нормативы трудоемкости этих работ и материальные нормативы.

Поскольку планы технической подготовки разрабатывают до конструкторской и технологической подготовки, т.е. до стадии проектирования конкретных изделий, то в качестве исходных нормативов, особенно для календарного планирования, используют удельные показатели.

Нормативы трудоемкости технической подготовки определяют для конструкторских работ, а также для проектирования технологических процессов и оснастки.

Трудовые и материальные нормативы устанавливаются на следующие измерители: число сборочных единиц в изделии; число оригинальных деталей в изделии; число операций

в технологическом процессе; одну сборочную единицу или деталь; число единиц технологического оснащения в расчете на одну деталь или операцию и др.

Когда отсутствует практический опыт выполнения работы или трудно заранее определить необходимое время, нормативы трудоемкости конструкторских работ определяют при помощи вероятностных методов. По мере накопления устойчивых данных о затратах труда конструкторов можно построить корреляционные зависимости трудоемкости проектирования по стадиям от степени новизны, сложности и других характеристик проекта.

Трудовые затраты на конструкторские работы рассчитывают по укрупненным и дифференцированным нормативам. Укрупненные нормативы устанавливаются для типового изделия и используются для предварительной оценки занятости конструкторского отдела в целом или ведущих подразделений. Дифференцированные нормативы определяют для входящей в изделие условной детали (узла, механизма) с целью нормирования труда и планирования работы конструкторов отдельных КБ. Пример нормативов трудоемкости конструкторских разработок на одну деталь приведен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

**Сводные нормативы трудоемкости  
конструкторских разработок  
по механической схеме прибора**

Вид работ	На одну деталь по группам сложности конструкций				
	I	II	III	IV	V
Эскизное проектирование	0,4	0,6	0,75	1,0	1,25
Техническое проектирование	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
Выполнение рабочих чертежей	2,5	3,5	4,5	6,0	7,0
Копировальные работы	0,75	0,85	1,0	1,1	1,25

Для разработки годовых и квартальных планов работ устанавливаются укрупненные нормативы трудоемкости на типовое изделие данного класса, дифференцированные по

стадиям или технологическим переделам. Трудоемкость разработки технологических процессов по этапам и видам выходной документации определяют аналогично.

К числу важнейших нормативов технической подготовки относится коэффициент технологической оснащенности  $K_{ос}$  — частное от деления числа специальной оснастки, необходимой для изготовления данного изделия, на число входящих в него оригинальных деталей.

Количество необходимого специального оснащения каждого вида по вновь проектируемому изделию определяют умножением примерного числа наименований деталей без крепежа, входящих в его состав, на коэффициент оснащенности. Для изделий опытного и единичного производства количество необходимого специнструмента и приспособлений принимают в пределах 3–5 % от количества, потребного для аналогичных изделий серийного производства. Все другие виды оснащения в опытном и единичном производстве не применяют.

Завершающим этапом в планировании технической подготовки производства является построение объемных, календарных и оперативных планов выполнения комплекса работ в целом и по отдельным этапам и подразделениям предприятия.

При наличии нормативов разработка для подразделений годовых, квартальных и месячных планов сводится к определению номенклатуры работ, их объема и проверке соответствия потребности в трудовых ресурсах их фактическому наличию.

Центральным блоком задач оперативно-календарного планирования является разработка комплекса календарных планов-графиков. Эти графики указывают этапы работ, объем, последовательность их выполнения, исполнителей, продолжительность и сроки.

На предприятиях составляют следующие планы:

- 1) сводный перспективный комплексный цикловой график технической подготовки и освоения производства новых изделий;
- 2) графики выполнения работ по КПП, ТПП и конструированию технологической оснастки;

3) план-график изготовления инструмента и технологической оснастки;

4) рабочий план-график подготовки производства нового прибора (комплекса) по каждому цеху.

Сводный цикловой график технической подготовки разрабатывает отдел планирования под руководством главного инженера на перспективу с учетом срока замены базовой модели прибора. График согласовывается с руководством организацией и далее является исходным для разработки всех других перечисленных выше частных графиков работы отдельных подразделений.

Продолжительность цикла работ  $j$ -го этапа проектирования конструкции, технологических процессов и оснащения определяют по формуле

$$T_{ц.п. j} = \frac{Q_j t_{рj}}{f P_{ш} K_{вj}},$$

где  $Q_j$  — объем работ  $j$ -го этапа в натуральных единицах (деталях, документах и др.);  $t_{рj}$  — норма трудоемкости работ  $j$ -го этапа, ч;  $f$  — продолжительность рабочего дня, ч;  $P_{ш}$  — число исполнителей, одновременно занятых работами  $j$ -го этапа, чел.;  $K_{вj}$  — средний планируемый коэффициент выполнения норм по  $j$ -му этапу работ.

Продолжительность цикла изготовления специальной оснастки определяют по формуле

$$T_{ц.п. j} = \frac{U_{оj} t_{оj} D_m}{K_{вj} F_{о.о}},$$

где  $U_{оj}$  — число единиц  $j$ -го вида специальной оснастки;  $t_{оj}$  — трудоемкость изготовления  $j$ -го вида оснастки, н/ч;  $F_{о.о}$  — объем времени, выделяемый инструментальным цехом в месячном фонде для изготовления опытного образца изделия, н/ч;  $D_m$  — число рабочих дней в месяце.

Построение календарных графиков позволяет увязать сроки начала и окончания работ по каждому объекту и этапу технической подготовки.

Линейные графики строят в масштабе принятого отрезка времени — года, квартала, месяца. При этом предусматри-

вают, где это возможно, параллельно-последовательное или параллельное выполнение работ (этапов). Пример частного ленточного графика технической подготовки прибора представлена в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Ленточный график технической подготовки прибора

Вид работ	Квартал									
	I		II		III		IV			
	Месяц									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	...	XII	
Разработка ТЗ										
Проектирование конструкции										
Разработка технологии										

Область применения линейных графиков ограничена сравнительно простыми объектами, содержащими не более 50 работ. При планировании технической подготовки сложных приборных комплексов применяют сетевые методы, позволяющие выявить все взаимосвязи работ и использовать для расчетов ЭВМ.

Совокупность построенных поузловых, а в ряде случаев подетальных графиков служит основой для увязки во времени работы подразделений технической подготовки производства и определения сроков выдачи ими соответствующей технической документации. Для этой цели применяют табличную форму задания работ для подразделений.

На этапе оперативного планирования для отдельных исполнителей разрабатывают оперативные задания на месяц (пятидневку). Данные учета позволяют контролировать ход разработок и сроки исполнения. На график под линиями плана другим цветом периодически наносят линию фактического исполнения. По всем выявляющимся отклонениям принимают оперативные меры по их локализации или ликвидации.

Составной частью мер по сокращению сроков создания и освоения новой продукции, повышению технико-организационного уровня производства является автоматизация технической подготовки производства.

### 5.3. Планирование с использованием сетевых графиков

В основу системы сетевого планирования и управления (СПУ) положена модель, описывающая объект в виде сетевого графика. Благодаря этому система и получила свое название — *система сетевого планирования и управления*.

Методы сетевого планирования и управления позволяют оптимизировать процесс создания новых продуктов как по времени, так и по стоимости. СПУ основано на построении графического изображения (сетевой модели) определенного комплекса работ, отражающего их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность, с последующей оптимизацией разработанного графика.

Сетевой график по сравнению с ленточным имеет ряд преимуществ, в частности: на нем широко просматриваются взаимосвязи между работами; легко вводятся ранее не предусмотренные работы; может быть легко выявлена технологическая последовательность работ (критический путь), можно определять резервы времени работ, не лежащих на критическом пути, что позволяет наиболее рационально распределить наличные людские, материальные и финансовые ресурсы; график дает возможность оптимизировать план предстоящих работ.

*Сетевой график* (сеть) представляет собой план работ по достижению конечной цели, т.е. созданию готового продукта.

Наиболее распространенный способ изображения плана работ — это сетевой график в терминах работ и событий.

Термин «работа» используется в сетевом графике в широком смысле слова и имеет следующие значения:

1) *действительная работа* — производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов (например, проектирование рабочих чертежей, изготовление деталей и т.д.);

2) *ожидание* — процесс, требующий затрат времени, но не требующий затрат ресурсов (например, охлаждение деталей после термообработки);

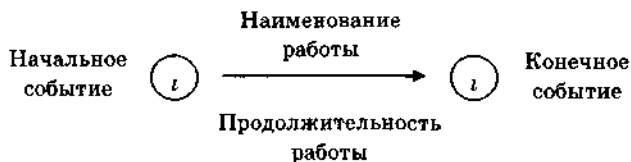
3) *зависимость (фиктивная работа)* — условный элемент, который вводится для отражения взаимосвязи между работами. Зависимость не требует ни затрат времени, ни ресурсов.

Действительная работа и ожидание изображаются в сети сплошными стрелками, а зависимость — пунктирными.

Термин «событие» обозначает результат свершения одной или нескольких работ, без чего невозможно начало последующих. События изображаются на графике кружками или другими геометрическими фигурами. Событие в отличие от работы не является процессом, оно не имеет длительности, так как совершается мгновенно и не сопровождается затратами времени и ресурсов.

При построении сетевых графиков необходимо соблюдать несколько весьма несложных логических правил:

- 1) график должен быть простым, без лишних пересечений;
- 2) стрелки (работы) должны быть направлены слева направо;
- 3) между двумя событиями может быть изображена только одна работа:

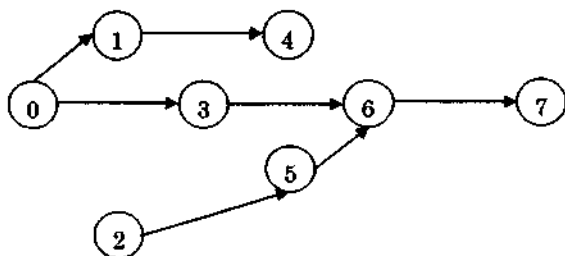


- 4) для параллельно выполняемых работ вводятся дополнительное событие и зависимость:

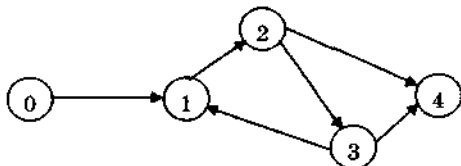




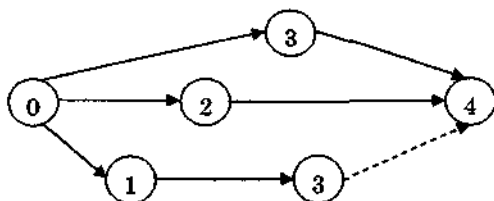
5) в сетевом графике не должно быть тупиков, т.е. событий, из которых не выходит ни одной работы (за исключением завершающих событий) или в которые не входит ни одна работа (за исключением исходных событий), например, на рисунке событие 4 является тупиковым, а в событие 2 не входит ни одна работа:



6) в сетевом графике не должно быть замкнутых контуров (на рисунке работы 1-2, 2-3, 3-1 образуют замкнутый контур):



7) в сетевом графике не должно быть событий, обозначенных одинаковыми кодами (на рисунке одинаково закодированы два события):



8) сетевой график должен кодироваться так, чтобы стрелка (работа) выходила из события, закодированного меньшим числовым значением, и входила в событие с большим числовым значением.

*Сетевая модель* — это графическое изображение технологической последовательности и связи событий, каждое из которых выражает и момент окончания входящей в него одной или нескольких работ.

Сетевая модель выражается множеством путей, каждый из которых образуется совокупностью связанных непрерывной последовательностью работ и событий. *Критический путь* — это полный путь максимальной продолжительности от исходного до завершающего события. Таким образом, продолжительность работ, лежащих на критическом пути, определяет общий цикл завершения всего комплекса работ, планируемых при помощи сетевой модели.

Сетевое планирование и управление включает семь этапов:

I — составление перечня работ, которые надлежит выполнить по объекту разработки для получения конечной цели;

II — установление топологии сети, т.е. четкой последовательности и взаимосвязи данной  $i$ -й, предшествующей ( $i-1$ )-й и последующей ( $i+1$ )-й работ;

III — построение сетевого графа или модели с помощью правил, определяющих в конечном счете контур взаимосвязанной совокупности работ и событий по данному этапу создания и освоения новой техники;

IV — определение продолжительности работ;

V — расчет параметров сети;

VI — анализ сети и оптимизация графа;

VII — функционирование сетевой модели.

Рассмотрим подробнее IV–VII этапы. Продолжительность работ (IV этап) определяют с учетом структуры сетевой модели. Сетевые модели могут иметь детерминированную, стохастическую и смешанную структуру. В *детерминированных* моделях все работы, их взаимосвязи, продолжительность и требования к ожидаемым конечным результатам работ строго определены. Если работы включены с некоторой вероятностью, структура сетевой модели носит случайный, стохастический характер. В *смешанных* моделях часть работ входит в сеть детерминированно, а часть — с некоторой вероятностью. В детерминированных моделях для планирования продолжительности работ пользуются установленными нормами времени, при их отсутствии используется система

вероятностных оценок. В таких случаях ожидаемое время выполнения работ определяют на основе трех экспертных оценок по формуле

$$t_{ож} = (t_{мин} + 4t_{н.в} + t_{макс})/6, \quad (5.1)$$

где  $t_{мин}$ ,  $t_{н.в}$ ,  $t_{макс}$  — минимально возможное, наиболее вероятное и максимальное время выполнения работ соответственно.

Дисперсия, или мера разброса, для принятого в СПУ закона распределения определяется по формуле

$$\sigma_{t_{ож}}^2 = \left( \frac{t_{макс} - t_{мин}}{6} \right)^2 = 0,028 (t_{макс} - t_{мин})^2. \quad (5.2)$$

Для двух оценок

$$t_{ож} = (3t_{мин} + 2t_{макс})/5; \quad (5.3)$$

$$\sigma_{t_{ож}}^2 = 0,04 (t_{макс} - t_{мин})^2. \quad (5.4)$$

На V этапе определяют основные параметры сети: критический путь  $T_{кр}$ ; сроки выполнения работ ранний  $T_{рj}$  и поздний  $T_{пj}$ ; сроки свершения  $i$ -го события; резервы времени событий  $R_i$ , работ  $R_{ij}$  и времени  $L$ -го пути  $R(L_s)$ .

Для расчета указанных параметров пользуются графическими и табличными методами, основанными на аналитических зависимостях. Расчеты также могут выполняться с помощью ЭВМ.

## 5.4. Методические указания, типовая задача с решением и задачи для решения

### Методические указания

*Графический* метод применяют в случаях, когда сетевая модель невелика и выражается 15–20 событиями. При этом соблюдается следующий порядок расчета основных параметров.

1. Ранний и поздний сроки свершения исходного события принимают равными нулю ( $T_{рj} = T_{пj} = 0$ ).

2. Осуществляют «проход» сети от исходного (0) события к завершающему (3) и последовательно определяют ранние сроки свершения конечных событий:

$$T_{pj} = \max(T_{pj} + t_{ij}),$$

т.е. ранний срок свершения любого конечного события  $T_{pj}$  определяется максимумом суммы раннего срока свершения начального события  $T_{pj}$  работы  $t_{ij}$  и ее продолжительности.

3. Поздний срок завершающего события принимают равным полученному значению его раннего срока свершения:  $T_{пj} = T_{pj}$ .

4. Осуществляют «проход» сетевого графика от завершающего события к исходному и последовательно определяют поздние сроки свершения начальных событий.

$$T_{пj} = \min(T_{пj} - t_{ij}),$$

т.е. поздний срок свершения предыдущего  $i$ -го события определяется минимумом разности между поздним сроком свершения конечного события  $T_{пj}$  работы  $t_{ij}$  и ее продолжительностью.

5. Выявляют и наносят на сетевую модель критический путь — наиболее протяженную по времени цепочку работ, ведущих от исходного события к завершающему.

6. Определяют резервы времени событий  $R$ , работ  $R_{ij}$  и  $L$ -го пути  $R(L_s)$ .

*Резерв времени события* — это промежуток времени, на который может быть отсрочено наступление этого события без нарушения сроков завершения разработки в целом. Резерв времени события  $R$  определяется зависимостью

$$R = T_{п} - T_{р}.$$

Очевидно, что для событий, лежащих на критическом пути,  $R=0$ . Работы, лежащие на не критических путях, располагают полным и свободным резервами.

*Полный резерв времени работы  $R_{пij}$*  — это максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность данной работы, не изменяя продолжительности критического пути:

$$R_{пij} = T_{пj} - T_{pj} - t_{ij}.$$

Свободный резерв времени работы  $R_{c_{ij}}$  — это максимальное количество времени, на которое можно увеличить продолжительность работы или отсрочить ее начало, не изменяя при этом ранних сроков начала последующих работ при условии, что начальное событие этой работы наступило в свой ранний срок:

$$R_{c_{ij}} = T_{pj} - T_{pi} - t_{ij}.$$

Резервы времени работы позволяют маневрировать сроками начала и окончания работ, их продолжительностью.

Резерв времени пути определяют по формуле

$$R(L_s) = t(L_{кр}) - t(L_s),$$

где  $t(L_{кр})$  и  $t(L_s)$  — соответственно длина критического и анализируемого пути.

Сетевая модель, рассчитанная графическим методом, изображена на рис. 5.2, результаты расчетов ее основных параметров занесены в табл. 5.3.

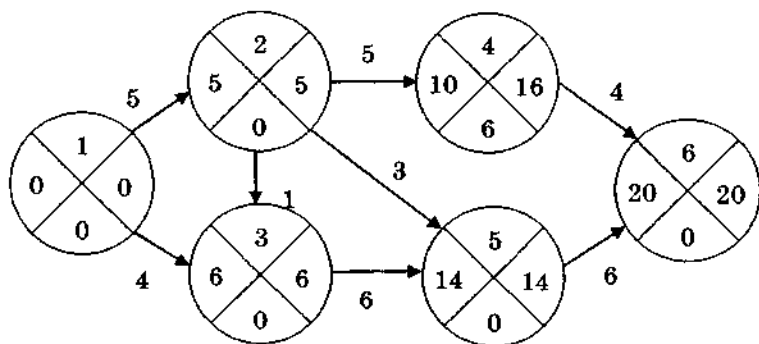


Рис. 5.2. Пример простой сетевой модели

Для больших сетевых моделей целесообразно использовать табличный метод расчета, позволяющий определить параметры модели непосредственно в таблице. В расчетную таблицу (табл. 5.4) заносят в определенном порядке все работы и их продолжительность. Затем рассчитывают параметры модели. Ниже рассмотрим порядок расчетов.

1. Чтобы найти ранний срок начала работы  $t_{p.шj}$  рассматривают все работы, входящие в начальное событие данной работы. Из значений, входящих в графу сроков раннего окончания входящих работ  $t_{p.оij}$ , выбирают максимальное значение, которое и переносят в графу сроков раннего начала данной работы  $t_{p.шj}$ . Раннее начало работ с начальным событием, являющимся в то же время исходным событием данной сетевой модели, принимается равным нулю, т.е.  $t_{p.шj} = 0$ .

Таблица 5.3

Расчет параметров сетевой модели графическим методом

$i$	$j$	$t_{ij}$	$T_{pj}$	$T_{шj}$	$R_j$	$T_{pi}$	$R_{шj}$	$R_{сij}$
1	2	5	5	5	0	0	0	0
1	3	4	6	6	0	0	2	2
2	3	1	6	6	0	5	0	0
2	4	5	10	16	6	5	6	0
2	5	3	14	14	0	5	6	6
3	5	8	14	14	0	6	0	0
4	6	4	20	20	0	10	6	6
5	6	6	20	20	0	14	0	0

Таблица 5.4

Расчет параметров сетевой модели табличным методом

Код работы		Продолжительность работы $t_{ij}$ , дни	Срок раннего		Срок позднего		Полный резерв времени $R_{пij}$ , дни
$i$	$j$		начала $t_{p.шj}$	окончания $t_{p.оij}$	начала $t_{п.шj}$	окончания $t_{п.оij}$	
1	2	5	0	5	0	5	0
1	3	4	0	4	2	6	2
2	3	1	5	6	5	6	0
2	4	5	5	10	11	14	6
2	5	3	5	8	11	14	6
3	5	8	6	14	6	14	0
4	6	4	10	14	16	20	6
5	6	6	14	20	14	20	0

2. Срок раннего окончания работы рассчитывают по формуле

$$t_{p.оij} = t_{p.ниj} + t_{ij}.$$

3. Для определения срока позднего окончания данной работы  $t_{п.оij}$  рассматривают все работы, выходящие из конечного события данной работы. Из значений, входящих в графу поздних начал выходящих работ  $t_{п.ниj}$ , выбирают минимальное значение, которое и переносят в графу позднего окончания данной работы. Расчет ведется снизу вверх. Срок позднего окончания работы с конечным событием, являющимся в то же время конечным событием данной сетевой модели, принимается равным сроку ее раннего окончания, т.е.  $t_{п.оij} = t_{p.оij}$ .

4. Срок позднего начала данной работы находят по формуле

$$t_{п.ниj} = t_{п.оij} - t_{ij}.$$

5. Полный резерв времени работы при табличном расчете определяют по формулам

$$R_{ниj} = t_{p.виj} - t_{п.ниj}, \quad R_{пij} = t_{п.оij} - t_{p.оij}.$$

На основе произведенного расчета параметров сети определяют критический путь сетевой модели и его продолжительность  $T_{кр}$ . Под критическим путем понимают максимально возможную продолжительность всех работ сетевого графика, у которого  $R_{ниj} = 0$ .

На VI этапе по результатам расчета параметров сетевой модели производят ее привязку к календарным датам, причем события фиксируют по ранним срокам их свершения. Затем на основе всестороннего анализа созданного графика предпринимают меры для его оптимизации во времени. Решают этот вопрос в зависимости от значения вероятности выполнения завершающего события графика  $P_k$  в директивный срок  $T_d$ .

Для определения вероятности  $P_k$  рассчитывают дисперсию работ, лежащих на критическом пути,  $\sigma_{ij}^2$  (см. формулы (5.1) или (5.3)) и значение аргумента функций нормального распределения вероятностей (функций Лапласа)

$$x = (T_d - T_{кр}) / \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_{ij}^2}, \quad (5.5)$$

где  $n$  — число работ, лежащих на критическом пути.

Функцию  $P_k$  можно найти по ее аргументу  $x$ , используя таблицу, приводимую во всех справочниках по математической статистике и в специальной литературе по СПУ. Если значение  $P_k$  лежит в пределах 0,35–0,65, то можно считать, что разработка уложится в директивный срок. При  $P_k < 0,35$  опасность нарушения заданного срока свершения завершающего события настолько велика, что необходимо повторное планирование с перераспределением ресурсов. При  $P_k > 0,65$  также целесообразно предпринять повторный расчет сетевого графика, так как на работах критического пути имеются избыточные ресурсы. Если значение  $P_k$  выходит за пределы указанных границ, сетевой график требует оптимизации для обеспечения большей вероятности совершения завершающего события в заданный срок, выравнивания загрузки работников, лучшего распределения ресурсов и т.д.

Сократить продолжительность критического пути можно следующим образом.

1. Изменить топологию сети. При этом следует проверить целесообразность установленного уровня детализации работ и в случае необходимости расчленить некоторые работы иным образом. Основная цель при этом заключается в увеличении числа параллельно выполняемых мелких работ.

2. Перераспределить ресурсы между работами сетевого графика. Часть ресурсов (рабочую силу, оборудование, финансовые средства и т.п.) снять с работ, не принадлежащих критическому пути и имеющих большие резервы времени, и распределить на работы критического пути.

3. Ужесточить оценки производительности работ.

Операции по отработке графиков вручную могут проводиться лишь для простых сетей, содержащих небольшое число работ и событий. Если же сеть содержит более сотни работ, просчет вариантов ведут при помощи компьютера.



Достоинства сетевого планирования и управления заключаются в возможности прогнозировать и оценивать последствия изменения плана, устанавливать частные сроки и оценивать состояние хода выполнения работ, координировать работу исполнителей, наиболее полно использовать ресурсы, предупреждать пропуск работ и др.

Существенным недостатком системы СПУ является то, что она не согласуется с действующей системой объемно-календарного планирования НИОКР, а также то, что наличие совокупности локальных сетевых графиков по отдельным темам многономенклатурной программы не обеспечивает их интеграции и достижения конечных результатов.

### Типовая задача с решением

**Задача 5.1.** Разработать план выполнения ОКР по созданию нового образца телевизора в виде сетевого графика на основе перечня работ и трудоемкости их выполнения, приведенных в табл. 5.5, гр. 1, 3–6.

Произвести расчет продолжительности каждой работы  $t_{ij}$ , исходя из заданной трудоемкости и установленной численности (см. табл. 5.5, гр. 5 и 6); построить сетевой график на данный комплекс работ; закодировать построенный график; рассчитать параметры полученного графика (наиболее ранние и наиболее поздние сроки свершения событий; наиболее ранние и наиболее поздние сроки начала и окончания работ; общие и частные резервы времени работ; продолжительность критического пути); произвести оптимизацию сетевого графика по параметру «время — ресурсы».

#### Решение

1. Продолжительность выполнения каждой работы  $t_{ij}$  определяем по формуле

$$t_{ij} = \frac{T_{ij}}{ч_{ij} K_B}, \quad (5.6)$$

где  $T_{ij}$  — трудоемкость работы  $t_{ij}$ , чел.-недель;  $ч_{ij}$  — численность исполнителей работы  $t_{ij}$ , чел.;  $K_B$  — коэффициент выполнения норм времени (принимается равным 1).

Таблица 5.5

## Перечень работ для выполнения ОКР

№ п/п	Код работ	Наименование работы	Номера предшествующих работ	Трудо-емкость, чел.-неделя	Численность исполнителей, чел.	Продолжительность выполнения работ, недель
1	2	3	4	5	6	7
1	0-1	Разработка технического задания	0	9	3	3
2	1-5	Патентный поиск	1	10	2	5
3	1-2	Выбор и расчет скелетной схемы	1	6	2	3
4	1-3	Разработка эскизного проекта	1	16	4	4
5	2-4	Разработка принципиальной схемы	3	12	4	3
6	4-5	Расчет принципиальной схемы и определение допусков на электронные параметры	5	8	4	2
7	3-5	Блочное проектирование макета нового телевизора	3,4	20	4	5
8	5-7	Разработка и расчет конструкторской документации для изготовления макета	2,6,7	24	6	4

Окончание табл. 5.5

№ п/п работ	Код работ	Наименование работы	Номера предшествующих работ	Трудоемкость, чел.-недель	Численность исполнителей, чел.	Продолжительность выполнения работ, недель
1	2	3	4	5	6	7
9	5-6	Проектирование технологии и специальной оснастки	2, 6, 7	20	4	5
10	6-7	Изготовление оснастки	9	30	6	5
11	2-7	Обработка данных расчета скелетной схемы и подготовка к макетированию	3	8	2	4
12	7-8	Изготовление макета нового телевизора	8, 10, 11	40	8	5
13	8-9	Испытание макета нового телевизора, изучение свойств и параметров, корректировка схем, расчетов, документации	12	15	5	3

Подставив в формулу (5.6) соответствующие данные по первой работе из табл. 5.5, получим

$$t_{01} = \frac{9}{3 \cdot 1} = 3 \text{ недели.}$$

Аналогично производим расчеты по всем остальным работам, а результаты заносим в гр.7 табл. 5.5.

2. Построение сетевого графика осуществляем на основании данных, приведенных в гр. 1, 3 и 4 табл. 5.5 на рис. 5.3.

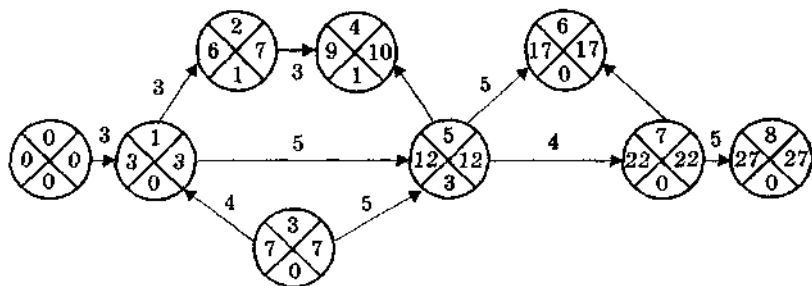


Рис. 5.3. Сетевой график на выполнение ОКР по созданию нового образца телевизора

3. Кодирование сетевого графика. Коды событий проставляем в возрастающем порядке от  $i$  до  $j$  (см. рис. 5.3), а также в гр. 2 табл. 5.5.

4. Расчет параметров сетевого графика.

Для пояснения методики расчета рассмотрим два метода:

- 1) расчет параметров сетевого графика на самом графике;
- 2) табличный метод расчета.

Первый метод предусматривает расчет следующих параметров:

- ранних сроков свершения событий  $t_i^P$ ;
- поздних сроков свершения событий  $t_i^N$ ;
- резервов времени свершения событий  $R_i$ .

Для расчета параметров сетевого графика по первому методу все события (кружки) делятся на четыре сектора (см. рис. 5.3). В верхних секторах проставляют коды

событий. В левые секторы в процессе расчета вписывают наиболее ранние сроки свершения событий  $t_i^P$ , а в правые — наиболее поздние сроки свершения событий  $t_i^H$ . В нижних секторах проставляют календарные даты, или резервы событий  $R_i$ .

Расчет наиболее ранних сроков свершения событий ведется слева направо, начиная с исходного события и заканчивая завершающим событием. Ранний срок свершения исходного события принимается равным нулю ( $t_1^P = 0$ ). Ранний срок свершения  $j$ -го события определяется суммированием продолжительности работы ( $t_{ij}$ ), ведущей к  $j$ -му событию, и раннего срока предшествующего ему  $i$ -го события:

$$t_j^P = t_i^P + t_{ij}.$$

Это при условии, если в  $j$ -е событие входит одна работа (например, для события 2  $t_2^P = 3 + 3 = 6$ ), а если  $j$ -му событию предшествует несколько работ, то определяют ранние сроки выполнения каждой работы и из них выбирают максимальный по абсолютной величине и записывают в левом секторе события:

$$t_j^P = \max t_{p.oij}.$$

Например,  $t_{p.o1-5} = 3+5 = 8$ ;  $t_{p.o3-5} = 7+5 = 12$ ;  $t_{p.o4-5} = 9+2 = 11$ . Из этих значений выбирают максимальное — 12 — и вписывают в левый сектор события 5. Аналогично расчет ведется до завершающего события.

Расчет наиболее поздних сроков свершения событий ведется справа налево, начиная с завершающего события и заканчивая исходным. Поздний срок свершения завершающего события принимается равным раннему сроку этого события ( $t_j^H = t_j^P$ ). Например,  $t_9^H = t_9^P = 30$ . Это значение записывают в правый сектор события.

Наиболее поздний срок свершения  $i$ -го события определяется как разность между сроком последующего  $j$ -го события, записанного в правом секторе, и продолжительностью работы, ведущей из  $i$ -го события к  $j$ -му событию, т.е.  $t_i^H = t_j^H - t_{ij}$ .

Это значение вписывают в правый сектор  $i$ -го события, если из этого события выходит одна работа, а если из  $i$ -го события выходит несколько работ, то выбирают минимальное значение и записывают в правый сектор  $i$ -го события, это и будет поздним сроком свершения  $i$ -го события.

Например, из события 2 выходят три работы с поздними сроками свершения событий:

$$t_{п.п (2-7)} = 22 - 4 = 18; \quad t_{п.п -4} = 10 - 3 = 7; \quad t_{п.п 2-3} = 7 - 0 = 7 .$$

Из трех значений выбирают минимальное, равное 7, и вписывают его в правый сектор события 2. Аналогично расчет ведется до исходного события.

Расчет резервов времени на свершение событий. Резерв времени  $i$ -го события определяется непосредственно на сетевом графике вычитанием величины раннего срока свершения  $i$ -го события из величины позднего срока свершения  $i$ -го события:

$$R_i = t_i^п - t_i^р.$$

Следует отметить, что все события, которые не имеют резервов времени, лежат на критическом пути, однако этого недостаточно, чтобы выделить работы, находящиеся на критическом пути.

Например, несмотря на то, что у работы (5-7) ранние и поздние сроки свершения событий равны, она не лежит на критическом пути. Для выделения критических работ необходимо, чтобы  $t_j^р - t_i^р = t_{ij}$ . Например, для работы (5-7):  $22 - 12 = 10$ , а  $t_{(5-7)} = 4$ , следовательно, данная работа имеет резерв и потому не является критической. Критический путь проходит по работам (0-1), (1-3), (3-5), (5-6), (6-7), (7-8), (8-9).

Второй метод расчета параметров сетевого графика (табличный) предусматривает расчет следующих параметров:

- наиболее ранних сроков начала работ  $t_{р.н.ij}$ ;
- наиболее ранних сроков окончания работ  $t_{р.о.ij}$ ;
- наиболее поздних сроков начала работ  $t_{п.н.ij}$ ;
- наиболее поздних сроков окончания работ  $t_{п.о.ij}$ ;
- общих резервов времени работ  $R_{ij}$ .

Все указанные параметры сетевого графика определяют-ся в табличной форме (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Расчет параметров сетевого графика табличным методом

Код		$t_{ij}$	$t_{p.нij}$	$t_{p.оij}$	$t_{п.нij}$	$t_{п.оij}$	$R_{ij}$
$i$	$j$						
1	2	3	4	5	6	7	8
0	1	3	0	3	0	3	0
1	2	3	3	6	4	7	1
1	3	4	3	7	3	7	0
1	5	5	3	8	7	12	4
2	3	0	6	6	7	7	1
2	4	3	6	9	7	10	1
2	7	4	6	10	18	22	12
3	5	5	7	12	7	12	0
4	5	2	9	11	10	12	1
5	6	5	12	17	12	17	0
5	7	4	12	16	18	22	6
6	7	5	17	22	17	22	0
7	8	5	22	27	22	27	0
8	9	3	27	30	27	30	0

Расчет параметров сетевого графика начинают с заполнения первых трех граф таблицы. В гр. 1 и 2 записывают коды событий строго по их возрастанию, а в гр. 3 проставляют продолжительность выполнения работ. Далее рассчитывают наиболее ранние сроки начала и окончания работ (см. табл. 5.6, гр. 4 и 5). Расчет ведется сверху вниз.

Для работ, опирающихся на исходное событие, наиболее раннее начало принимают равным нулю ( $t_{p.нij} = 0$ ) и проставляют в гр. 4 табл. 5.6. Ранний срок окончания работ получается в результате сложения  $t_{p.нij}$  и  $t_{ij}$  в каждой строке:  $t_{p.оij} = t_{p.нij} + t_{ij}$ . Полученный результат записывают в гр. 5 табл. 5.6.

Если начальному событию рассматриваемой работы предшествует несколько работ, то в качестве  $t_{p,ниj}$  выбирают наибольшее значение  $t_{p,оhj} = \max(t_{p,оhj})$ . Например,  $t_{p,н(5-6)} = 12$ , так как работе (5-6) предшествуют три работы: (1-5), (3-5) и (4-5), из которых работа (3-5) имеет максимальное раннее окончание, равное 12, а работы (1-5) и (4-5) соответственно имеют  $t_{p,оij}$ , равное 8 и 11.

Расчет наиболее поздних сроков начала и окончания работ ведется снизу вверх в гр. 6 и 7 табл. 5.6.

Для завершающего события наиболее ранний срок свершения равен наиболее позднему сроку и равен продолжительности критического пути:

$$t_{p,оjk} = t_{п,оjk} = t_{кр}.$$

Для нашего случая  $t_{p,о(8-9)} = t_{п,о(8-9)} = 30$ . Это значение записывают в гр. 7 табл. 5.6. Позднее начало определяется как разность между  $t_{п,оij}$  и ее продолжительностью, т.е.

$$t_{п,н(i-j)} = t_{п,оij} - t_{ij}.$$

Позднее окончание для каждой работы (i-j) определяется путем отыскания поздних начал работ — последующих за данной работой. Если за ней следует одна работа, то  $t_{п,ниj}$  будет являться  $t_{п,оij}$  для рассматриваемой работы и ее значение из гр. 6 переносят в гр. 7 табл. 5.6. Например, данная работа (5-7), за ней следует одна работа (7-8), у которой  $t_{п,н(7-8)} = 22$ , следовательно,  $t_{п,о(5-7)} = 22$ . Если за данной работой следует несколько работ, то выбирают минимальное значение позднего их начала. Например, за работой (4-5) следуют две работы: (5-6) и (5-7), т.е.  $t_{п,н(5-6)} = 12$  и  $t_{п,н(5-7)} = 18$ . Выбирают минимальное значение, равное 12, и переносят из гр. 6 в гр. 7 для работы (4-5), т.е.  $t_{п,о(4-5)} = 12$ .

Полный (общий) резерв времени работы  $t_{ij}$  определяют как разность между наиболее поздним (гр. 7) и наиболее ранним (гр. 5) окончанием работы  $t_{ij}$ , а результат записывают в гр. 8 табл. 5.6. Например,  $R_{1-5} = t_{п,о(1-5)} - t_{p,о(1-5)} = 12 - 8 - 4$ .

5. Оптимизация сетевого графика по параметру «время — ресурсы». Эта оптимизация производится эвристическим



методом. Сначала график оптимизируют по параметру «время», а затем, если он удовлетворяет длительности критического пути, — по ресурсам (людским, материальным и др.).

Существует несколько способов приведения графика в соответствие с заданными сроками по параметру «время», например пересмотр топологии сети, сокращение продолжительности работ, лежащих на критическом пути, и др.

В нашем случае  $t_{кр} = 30$  недель устраивает разработчика, и график пока не оптимизируется по параметру «время».

Оптимизация сетевого графика по параметру «людские ресурсы» сводится к расчету численности исполнителей по календарным периодам и приведению ее к заданным ограничениям. Для этого сетевой график наносят на календарную сетку (рис. 5.4, а), при этом работы изображаются стрелками в масштабе времени их свершения по наиболее ранним срокам, а резервы времени работ (частные резервы времени работ второго вида) изображают пунктирными линиями со стрелкой.

После построения графика в масштабе времени над стрелками (работами) проставляют число исполнителей, которые затем суммируют по календарным периодам, и результаты сравнивают с располагаемой численностью. Под сетевым графиком строят график загрузки людских ресурсов по плановым периодам (рис. 5.4, б). Если расчетные числа превышают располагаемую численность исполнителей в каком-либо периоде (в нашем случае располагаемая численность — 8 человек), то начало работ сдвигают на более ранние или более поздние сроки в пределах имеющихся резервов времени выполнения работ с таким расчетом, чтобы сумма людских ресурсов по календарным периодам не превышала наличную численность работников. В нашем случае имеются превышения численности в отдельные плановые периоды (см. рис. 5.4) и недогрузка исполнителей в отдельные недели.

В этой связи было перемещено начало выполнения отдельных работ в пределах имеющихся резервов времени. В частности, работа (1-5) перемещена на более раннее ее начало с изменением топологии сетевого графика; сроки начала ра-

бот (4-5) и (2-7) перемещены соответственно на величину их резервов; время выполнения работы (5-7) увеличено с 4 до 6 недель с сокращением численности исполнителей; срок выполнения завершающей работы (8-9) сокращен с 3 до 2 недель с увеличением численности исполнителей.

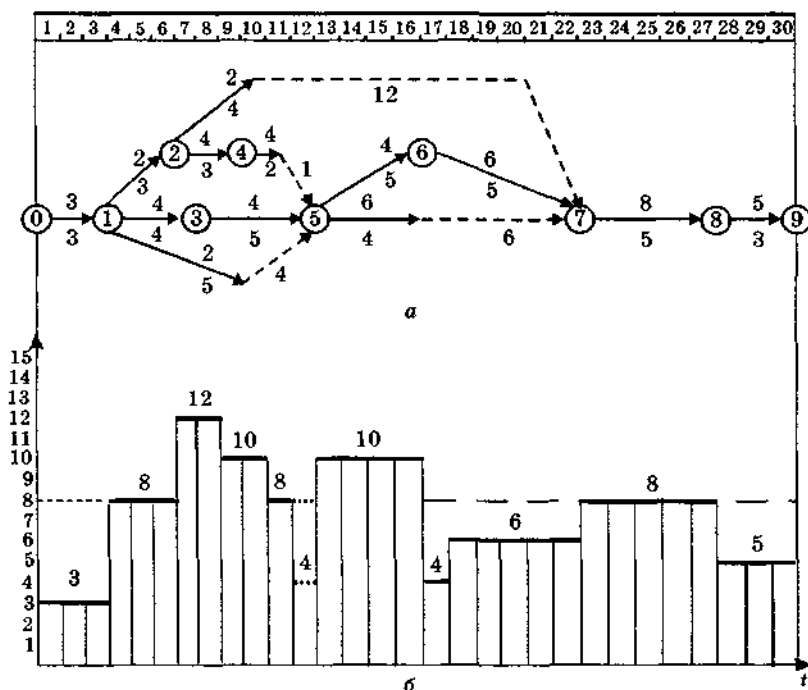


Рис. 5.4. Сетевой график и график движения людских ресурсов до оптимизации по параметру «время — ресурсы»

Сетевой график и график загрузки людских ресурсов после оптимизации представлены на рис. 5.5. Приоритет передвижения работ по оси времени отдавался работам с наибольшими резервами времени.

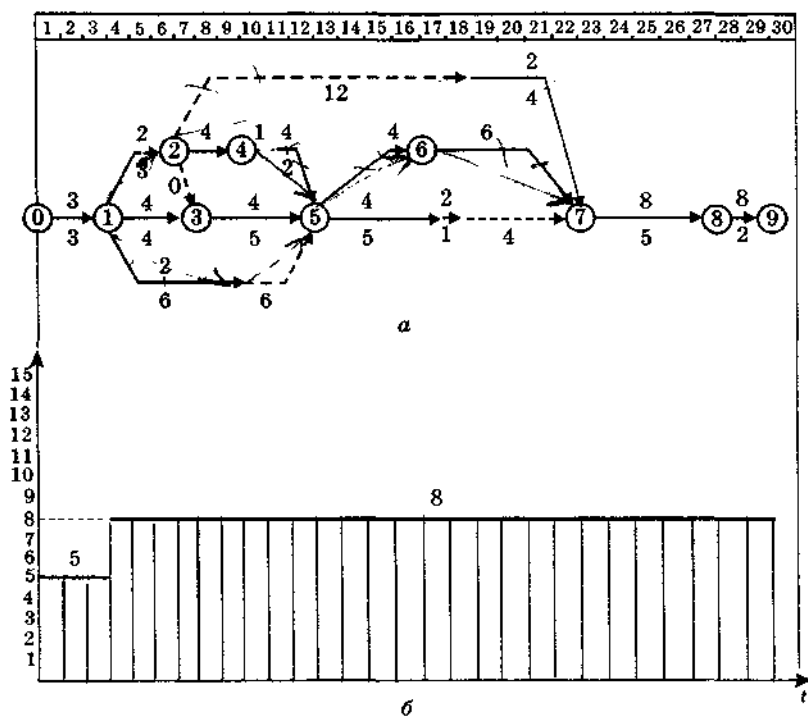


Рис. 5.5. Сетевой график движения людских ресурсов после оптимизации по параметру «время — ресурсы»

### Задачи для решения

**Задача 5.2.** Построить сетевой график по данным, приведенным в карточке-определителе (табл. 5.7), рассчитать его параметры: ранние и поздние сроки начала и окончания работ, резервы времени работ и событий, длительность критического пути. Провести оптимизацию сетевого графика по трудовым ресурсам и времени. Введено ограничение по числу конструкторов — 7 человек.

Таблица 5.7

## Карточка-определитель работ

№ п/п	Код работ*	Работа	Номер работы, предшествующей данной	Продолжительность выполнения работы, недель	Численность исполнителей, чел.
1	0-1	Разработка ТЗ на РТМ	0	1,5	2
2	1-2	Доработка и уточнение ТЗ на РТМ	1	3,5	3
3	1-4	Составление ТЗ на разработку АЛУ	1	1,0	2
4	1-3	Составление ТЗ на разработку электросхем	1	0,5	1
5	1-10	Разработка проектов стандартов	1	2,5	2
6	10-14	Выборка и уточнение проектов стандартов	5	4,0	2
7	8-9	Внесение изменений в макет АЛУ	10	1	1
8	2-14	Разработка технического проекта	2	4,5	5
9	4-6	Разработка конструкции АЛУ (проекта)	2,3	0,5	2
10	6-8	Изготовление макета АЛУ	9	2,0	3
11	3-5	Разработка электротехнических схем	4	1	2
12	5-7	Раскладка ТЭЗов	11	1,0	2
13	7-9	Изготовление ТЭЗов	12	0,5	2
14	9-11	Сборка ТЭЗов в макете АЛУ	13	0,5	2
15	11-12	Отладка макета АЛУ	14	1,5	2
16	12-13	Испытание макета АЛУ	15	1,5	2
17	13-14	Корректировка ТД по АЛУ	16	2,0	3
18	14-15	Передача ТИР заказчику	6, 8, 17	0,5	2

\* Заполняется после составления графика.

**Задача 5.3.** Построить сетевой график конструкторской подготовки производства нового изделия, выполняемой 12 конструкторами; рассчитать параметры сетевого графика; провести оптимизацию по параметру «время — ресурсы».

Исходные данные приведены в карточке-определителе работ и событий (табл. 5.8).

**Задача 5.4.** Даны работы А, Б, В, Г и Д. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно, начиная из одного события. Выполнение работы Г можно начать после окончания работ А и Б, а работы Д — после окончания работ Б и В. Построить график.

**Задача 5.5.** Даны работы А, Б, В, Г и Д. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно. Выполнение работы Г может начаться после окончания работ А, Б и В, а работы Д — после окончания работ Б и В. Построить график.

**Задача 5.6.** Даны работы А, Б, В, Г, Д и Е. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно. Выполнение работ Г и Д может начаться после окончания работ А и Б, а работы Е — после окончания работ В и Г. Построить график.

**Задача 5.7.** Даны работы А, Б, В, Г, Д и Е. Работы А, Б и В могут выполняться параллельно, начиная из одного события. Выполнение работы Г может начаться после окончания работ А и Б, работы Д — после окончания работы Б, а работы Е — после окончания работ Б и В. Построить график.

Таблица 5.8

## Карточка-определитель работ и событий

Код работ	Работа		$t_{ож}$ , неделя	Численность исполнителей	Код события	Событие
	$i$	$j$				
0 1	Разработка технического задания	Разработка технического задания	2	5	0	Задание на разработку технического проекта
0 2	Составление спецификации на изделие	Составление спецификации на изделие	1	3		
1 2	Размещение заказа на покупку комплектующих изделий	Размещение заказа на покупку комплектующих изделий	2	5	1	Техническое задание разработано
1 3	Разработка ТТР	Разработка ТТР	6	12		
2 7	Приемка комплектующих изделий	Приемка комплектующих изделий	1	3	2	Заказы на приемку комплектующих изделий приняты
3 4	Отливка заготовок	Отливка заготовок	3	3	3	ТТР разработан
3 5	Штамповка заготовок	Штамповка заготовок	2	2		
4 6	Обработка деталей	Обработка деталей	4	5	4	Отливка заготовок
5 7	Отделка деталей	Отделка деталей	1	2	5	Штамповка заготовок закончена
6 7	Отделка деталей	Отделка деталей	1	2	6	Обработка деталей закончена
7 8	Сборка опытного образца	Сборка опытного образца	6	10	7	Комплектность образца подготовлена
8 9	Испытание опытного образца изделия	Испытание опытного образца изделия	4	8	8	Опытный образец собран
9 10	Составление рабочего проекта	Составление рабочего проекта	3	10	9	Опытный образец испытан
					10	Рабочий проект составлен

## **6. Организация вспомогательных производств и обслуживающих хозяйств на предприятии**

### **6.1. Состав и содержание производственной инфраструктуры предприятия**

Производственная инфраструктура предприятия включает комплекс обслуживающих и вспомогательных производств, обеспечивающих основной производственный процесс сырьем, материалами, топливом, энергией, инструментом, оснасткой, а также поддерживающих технологическое и энергетическое оборудование в работоспособном состоянии.

Комплекс этих работ и составляет техническое обслуживание производства. Следовательно, состав подразделений технического обслуживания образует производственную инфраструктуру предприятия, включающую ремонтное, энергетическое, инструментальное, транспортное, снабженческо-складское хозяйства и др. Состав и масштабы этих подразделений предприятия определяются особенностями основного производства, типом и размерами предприятия и его внутренними и внешними производственными связями.

*Ремонтные цехи и службы* предприятия обеспечивают постоянную эксплуатационную готовность технологического оборудования путем ремонта и модернизации. Задачи этих цехов и служб заключаются в том, чтобы ремонт и модернизация оборудования выполнялись качественно и в установленные сроки при оптимальных затратах.

*Энергетические цехи и службы* обеспечивают предприятие всеми видами энергии, организуют рациональное ее использование, поддерживают электрооборудование и энергоустановки в постоянной эксплуатационной готовности, внедряют новое оборудование, осуществляют контроль за

выполнением правил эксплуатации энергоустановок в производственных цехах.

*Инструментальные цехи и службы* предприятия обеспечивают основное производство инструментом и оснасткой высокого качества при минимальных издержках на их изготовление и эксплуатацию. Основными задачами инструментального хозяйства являются бесперебойное обеспечение высококачественным инструментом всех цехов и рабочих мест; контроль за правильной эксплуатацией инструмента и сокращение его расхода; уменьшение затрат на изготовление, приобретение, хранение, ремонт и восстановление инструмента; поддержание минимально необходимых запасов инструмента.

*Транспортные, снабженческие и складские хозяйства, цехи и службы* обеспечивают своевременную поставку всех материальных ресурсов, их хранение и движение в процессе производства и др. От их работы зависят ритмичность работы предприятия и экономичное использование материальных ресурсов.

*Информационные службы* обеспечивают предприятие всеми видами связи и коммуникаций — компьютерной, телефонной, радиосвязью и т.п.

## 6.2. Организация ремонтного обслуживания на предприятии

Ремонтные службы и цехи являются важными объектами предприятия. Это связано с тем, что в процессе эксплуатации технологическое оборудование подвергается физическому и моральному износу и требует постоянного технического обслуживания. Работоспособность оборудования восстанавливается путем его ремонта.

*Ремонт* представляет собой совокупность технико-экономических и организационных мероприятий, связанных с поддержанием и частичным (или полным) восстановлением потребительной стоимости основных фондов (средств



производства) или предметов личного пользования. Согласно действующим стандартам ремонт — это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий или их составных частей.

Значение ремонта основных производственных фондов, повышение эффективности его организации определяется следующими важнейшими факторами:

- капитальный ремонт является одним из способов простого воспроизводства основных фондов;
- на ремонт основных фондов затрачиваются ежегодно огромные средства;
- ремонтом основных фондов в стране занята значительная часть трудовых ресурсов;
- затраты на ремонт основных фондов в себестоимости продукции достигают 6–14 %;
- простой техники в ремонте оказывает существенное влияние на конечные результаты деятельности предприятий и организаций;
- удельный вес неисправной техники в разных отраслях материального производства составляет от 3–5 % до 10–15 % и более — это приводит к большим потерям в виде недополученной продукции;
- в сфере ремонта занято более трети станочного парка страны. Средства, затрачиваемые на ремонт станка за время его работы, превышают стоимость нового в шесть с лишним раз;
- доля ручного труда на ремонте составляет 75–80 % против 30 % в машиностроении;
- ресурс отремонтированной техники не достигает проектных показателей.

В связи с этим задачи организации ремонта оборудования становятся весьма актуальными. Основными задачами ремонтного производства предприятия являются:

- поддержание технологического оборудования в постоянной эксплуатационной готовности и его обновление;
- увеличение сроков эксплуатации оборудования без ремонта;

— совершенствование организации и повышение качества ремонта оборудования;

— снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования.

Эти задачи решаются путем:

— технического обслуживания оборудования в процессе его эксплуатации в целях предупреждения прогрессирующего износа и аварий;

— своевременности качественного планово-предупредительного ремонта оборудования;

— модернизации устаревшего оборудования;

— повышения организационно-технического уровня ремонтного производства.

Ремонт основных фондов на крупных и средних промышленных предприятиях выполняют службы главного механика, главного энергетика, главного архитектора и т.п. Все эти службы образуют ремонтное производство предприятия. На небольших предприятиях, в зависимости от объема ремонтных работ, может создаваться единое ремонтное хозяйство. На небольших предприятиях все виды ремонта, модернизации оборудования и межремонтное обслуживание выполняют, как правило, ремонтно-механические цехи.

Выполнение ремонтных работ в заранее известные сроки способствует предупреждению прогрессивного изнашивания деталей оборудования в эксплуатации и сокращению потерь в производстве из-за неисправности и ремонта оборудования. Сроки указаны в инструктивных материалах по техническому обслуживанию и ремонту оборудования по отраслям промышленности. Эти материалы включают в себя комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества, предусмотренных в нормативной документации соответствующего производства той или иной отрасли.

В этих нормативных материалах содержатся основные положения о планово-предупредительном ремонте технологического и подъемно-транспортного оборудования

соответствующих отраслей. Сущность *системы планово-предупредительного ремонта* (системы ППР) заключается в том, что после работы оборудования в течение определенного числа часов вне зависимости от нагрузки и фактического состояния его останавливают для проведения запланированного ремонта. Система ППР призвана обеспечить:

- поддержание оборудования в работоспособном состоянии и предотвращение неожиданного выхода его из эксплуатации;
- возможность выполнения ремонтных работ по плану, согласованному с планом производства;
- своевременную подготовку необходимых для ремонта запасных частей и материалов;
- своевременную организацию технического обслуживания и ремонта оборудования;
- увеличение коэффициента технического использования оборудования за счет повышения качества ремонта и уменьшения простоя в ремонте.

*Система ППР* состоит из межремонтного технического обслуживания и ремонтных работ. *Межремонтное обслуживание* включает текущий уход за оборудованием, контроль за соблюдением правил эксплуатации, промывку отдельных узлов и агрегатов, смазку и смену масел, осмотры и проверку на точность, предупреждает преждевременный выход оборудования из строя. Текущий уход за оборудованием ведут рабочие во время перерывов в работе агрегатов. Он заключается в чистке станков, смазке, поддержании чистоты. Контролируют эти операции бригадиры и мастер, служба главного механика. Все операции выполняются по заранее составленным графикам.

*Ремонтные работы* включают проведение текущего (малого), среднего и капитального ремонта. Ремонтные работы проводятся по всем видам основных фондов.

*Текущим* называется минимальный по объему ремонт, при котором нормальная работа оборудования до очередного планового ремонта достигается заменой или восстановлением быстроизнашиваемых деталей и регулированием механизмов.

*Средний ремонт* сложнее — необходимо частично разобрать оборудование, заменить и восстановить изношенные детали. Выполняется без снятия оборудования с фундамента.

*Капитальный ремонт* — наибольший по объему и сложности, требует полной разборки и ремонта всех базовых деталей, замены изношенных деталей и узлов, восстановления части деталей, проверки их на точность. При необходимости модернизацию оборудования совмещают с очередным капитальным ремонтом.

Затраты на все виды ремонта финансируются за счет ремонтного фонда, который образуется на предприятии по нормативу за счет себестоимости продукции.

По экономической природе и источникам финансирования средний ремонт не отличается от капитального. Поэтому по некоторым видам оборудования и в ряде отраслей (химической, нефтехимической, резинотехнической) ремонтные работы включают только текущий и капитальный ремонт.

В основе составления плана ППР лежат нормативы и структура ремонтного цикла, предусмотренные единой системой ППР. В ней определены структура и продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межосмотровых периодов, категории сложности ремонта и нормы трудоемкости работ, расхода материалов. Ремонтные работы ведутся в строгой последовательности. Объем и порядок их очередности зависят от длительности службы отдельных деталей и узлов.

*Ремонтный цикл* — это время работы оборудования от начала ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта или между двумя капитальными ремонтами. Количество и последовательность входящих в цикл ремонтов и осмотров составляют *структуру* ремонтного цикла. *Межремонтным* периодом называется время работы оборудования между двумя плановыми ремонтами.

Единая система ППР предусматривает определенную структуру ремонтных циклов по группам оборудования с учетом назначения, сложности и условий эксплуатации. Так, для металлорежущих станков весом до 10 т структура ремонтного цикла имеет следующий вид:

К — О — М — О — М — О — С — О — М — О — М — О — С — О — М — О — М — О — К
--

где К — капитальный ремонт, С — средний ремонт, М — малый ремонт, О — осмотры. Данный цикл включает: капитальных ремонтов — 1, средних — 2, малых — 6 и осмотров — 9.

Для исчисления *трудоемкости* ремонтных работ все оборудование классифицируется на группы сложности в зависимости от сложности, конструктивных и технологических особенностей, размеров обрабатываемых деталей. В машиностроении в качестве ремонтной единицы принята 1/11 часть от затрат рабочего времени на ремонт токарно-винторезного станка 1К62. Этому станку присвоена 1-я группа ремонтной сложности.

В системе ППР установлены нормативы затрат труда, материалов, время нахождения оборудования в ремонте на ремонтную единицу (табл. 6.1). Введены также нормы обслуживания. Нормы простоя оборудования в ремонте зависят от вида ремонта и сменности работы бригады.

Таблица 6.1

Нормативы времени в часах на одну ремонтную единицу

Виды ремонта	Нормативы времени на выполнение ремонтных работ, ч						
	про- мыв- ка	проверка на точ- ность	осмот- ры	осмотры перед капре- ментом	ремонт		
					ма- лый	сред- ний	капи- таль- ный
Слесарные	0,35	0,4	0,75	1,0	4	16	23
Станочные	—	—	0,1	0,1	2	7	10
Прочие (окрасоч- ные, сва- рочные и др.)	—	—	—	—	0,1	0,5	2
Всего	0,35	0,4	0,85	1,1	6,1	23,5	35

Планирование ремонта оборудования осуществляется в следующей последовательности. Определяется общий объем ремонтных работ, составляются календарные графики его хода, рассчитываются трудоемкость, численность, производительность труда и фонд заработной платы работников, количество и стоимость необходимого оборудования, запчастей и материалов.

Годовой объем ремонтных работ по предприятию может быть рассчитан по видам ремонта в условных единицах и в нормативной трудоемкости (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Объем ремонтных работ по предприятию на \_\_\_\_\_ г.

Вид ремонта	Количество единиц оборудо- вания		Нормативы времени на ремонтную единицу, ч				Объем ремонт- ных работ, тыс.ч
	физи- ческих	ремон- тных	слесар- ные работы	станоч- ные работы	про- чие	всего	
Малый	100	8000	4	2	0,1	6,1	48,8
Средний	300	3000	16	7	0,5	23,5	70,5
Капи- тальный	200	100	23	10	2	35	35,0
Всего							154,3

Объем ремонтных работ определяется и по планово-расчетным ценам, исходя из цены на ремонтную единицу.

Планирование ремонтных работ во времени ведется путем составления плана-графика по каждому цеху. Планирование осуществляет отдел главного механика. Графики согласуются с начальниками цехов и утверждаются главным инженером. По каждому оборудованию план-график ремонта разрабатывается на основе вида и времени последнего ремонта, структуры ремонтного цикла, длительности межремонтного периода, групп ремонтной сложности и нормативов трудоемкости.

### 6.3. Организация энергетического обеспечения

Важное место на предприятии занимает обеспечение производства всеми видами энергии, водой, а также ремонт энергосетей и энергетического оборудования. Указанные функции выполняет энергетическое хозяйство предприятия.

Назовем основные специфические особенности энергохозяйства как системы, которые необходимо учитывать в производственном менеджменте.

1. Совпадение во времени и соразмерность процессов производства и потребления энергии. Это обуславливается тем, что, во-первых, невозможна выработка энергии «на склад», во-вторых, режим производства энергии в каждый момент зависит от режима потребления. Неразрывность во времени процессов производства и потребления энергии, в свою очередь, обуславливает:

— включение потребителей топлива и энергии в структуру систем энергоснабжения района местоположения предприятия;

— выбор производительности генерирующих установок и пропускной способности распределительных сетей, исходя из режима использования энергии всеми потребителями;

— оперативно-диспетчерское управление системами энерго- и топливоснабжения;

— создание резерва генерирующих мощностей, пропускной способности сетей и энергооборудования.

2. Широкая взаимозаменяемость отдельных установок, видов энергоресурсов и технологических процессов при производстве продукции (рис. 6.1). Следовательно, число вариантов взаимозаменяемости отдельных установок и видов энергоресурсов достаточно велико, что усложняет оптимизационные расчеты в энергохозяйстве промышленных предприятий.

3. Большое число связей энергохозяйства с подразделениями предприятия и системой энергоснабжения района местоположения предприятия:

— связи энергохозяйства с основным и вспомогательным производством по услугам — это материальные, денежные

и информационные связи, необходимые энергохозяйству для нормального функционирования и развития;

— ограничительные связи — ограничения, накладываемые предприятием на энергохозяйство по численности персонала, капитальным вложениям, материальным ресурсам и др. Ограничительные связи следует учитывать при развитии не только энергохозяйства, но и предприятия в целом, должны быть найдены оптимальные пропорции развития основного производства и энергохозяйства;

— связи энергохозяйства с основными показателями хозяйственной деятельности предприятия, позволяющие оценить взаимное влияние энергетики и экономики производства. Анализ этих связей предусматривает расчет *обобщенных энергоэкономических показателей* предприятия, из которых наиболее важны энерговооруженность труда, энергоемкость продукции, энергооснащенность основных производственных фондов.



Рис. 6.1. Взаимосвязь энергоресурсов, установок и процессов при выпуске продукции

#### 4. Связи энергохозяйства с основным производством по комплексному энерготехнологическому использованию



топлива и вторичных энергоресурсов. Необходимо учитывать при разработке планов энергоснабжения предприятия (энергетического баланса) мероприятия по рациональному использованию энергоресурсов и экономии топлива.

Производственный процесс в энергохозяйстве предприятия состоит из этапов производства, передачи, распределения и потребления. Потребляющие, преобразовательные и генерирующие установки связаны с сетями энергоснабжающих систем промышленного узла (района местоположения предприятия), а также между собой сетями и распределительными устройствами и образуют *систему энергоснабжения предприятия*.

Основными задачами энергетического хозяйства предприятия являются:

- бесперебойное снабжение предприятия всеми видами энергии при наименьших затратах;
- наиболее экономное расходование энергии;
- внедрение новейшей энергетической техники и наиболее полное использование мощности энергоустановок;
- повышение производительности труда и снижение себестоимости энергетической продукции;
- наблюдение и контроль за выполнением в технологических и других цехах правил эксплуатации энергетического оборудования;
- организация техосмотров и ремонта энергетического оборудования.

В производственном отношении энергохозяйство промышленного предприятия можно подразделить на общезаводские и цеховые хозяйства. *Общезаводское энергохозяйство* — генерирующие и преобразовательные установки, общезаводские энергосети, энергоприемники и распределительные сети зданий и помещений общезаводского назначения (склады, заводоуправление, столовые и др.). *Цеховое хозяйство* — энергоприемники производственных цехов, цеховые преобразовательные установки, внутрицеховые распределительные сети, отопительно-вентиляционные приборы.

Эксплуатация общезаводского энергохозяйства осуществляется специально организуемыми для этого *энергоцехами*,

которые по характеру работы следует подразделять на три основные группы:

эксплуатационные цехи — эксплуатационное обслуживание энергопотребляющего оборудования, сетей, генерирующих установок;

ремонтные цехи — ремонт и монтаж специализированного энергооборудования;

смешанные цехи — эксплуатационное обслуживание, ремонт и монтаж энергооборудования.

На предприятиях, энергоснабжение которых осуществляется по централизованной схеме, энергохозяйство включает в себя только энергоприемники, распределительные сети и преобразующие установки. По централизованной схеме электро- и тепловая энергия поступает от районной энергосистемы или от ТЭЦ смежных предприятий, а топливо — от соответствующих топливо-снабжающих организаций. В этом случае энергохозяйство может быть объединено в два цеха:

электрический — эксплуатация и ремонт электрооборудования и электрических сетей;

теплосиловой — эксплуатация и ремонт теплосилового оборудования, компрессорных и насосных установок, канализации, а также паровых, теплофикационных, водяных и воздушных сетей.

Производственная структура энергохозяйства предприятия в значительной степени определяет его организационную структуру управления. Главный энергетик осуществляет непосредственное административно-техническое руководство отделом главного энергетика (ОГЭ) и энергоцехами, техническое и методическое руководство службами цеховых энергетиков, надзор за эксплуатацией энергооборудования, энергоустановок и использованием энергоресурсов на предприятии.

На развитие энергохозяйства воздействует ряд факторов, отражающих изменения, которые происходят на предприятии и в его общезнергетической системе:

— рост энерговооруженности труда;

— повышение уровня энергоиспользования и, как следствие, сокращение расхода энергии и топлива на единицу продукции;

- увеличение доли энергии, расходуемой на силовые, высокотемпературные и физико-химические процессы;
- уменьшение доли энергии, расходуемой на средние и низкотемпературные процессы;
- увеличение доли электроэнергии в общем энергопотреблении предприятия;
- взаимозаменяемость энергоресурсов.

#### **6.4. Организация транспортного обслуживания на предприятии**

Деятельность современного промышленного предприятия требует повседневного перемещения большого объема различных грузов. Перевозку сырья, материалов, полуфабрикатов как внутри предприятия, так и за его пределами, отправку готовой продукции ведут транспортные хозяйства предприятия. Основные задачи транспортного хозяйства предприятия:

- наиболее быстрое передвижение предметов труда, топлива и готовой продукции в соответствии с требованиями производственного процесса;
- эффективное использование транспортных средств и труда транспортных рабочих;
- механизация и автоматизация транспортных и погрузочно-разгрузочных операций;
- снижение себестоимости транспортных операций;
- обеспечение строгой согласованности технологических и транспортных операций;
- постоянное поддержание транспортных средств в работоспособном состоянии.

Уровень функционирования транспортного хозяйства оказывает влияние на важнейшие показатели деятельности предприятия. На погрузочно-разгрузочных и транспортных операциях занято 30–40 % всех вспомогательных рабочих. Затраты на них составляют 5–8 % себестоимости выпускаемой продукции. Рациональная организация транспортных

операций способствует ритмичности производства, сокращению длительности цикла, росту производительности труда и снижению себестоимости продукции.

В этой связи в составе транспортного хозяйства крупного промышленного предприятия могут быть железнодорожный, речной, автотранспортный, авиационный, погрузочно-разгрузочный цехи (участки). Кроме этого, производственные подразделения предприятия могут иметь в своем составе внутрипроизводственный транспорт.

По виду и назначению транспорт подразделяется на железнодорожный, речной, автомобильный, авиационный, механический, трубопроводный, пневматический и др.

По характеру действия выделяют транспорт периодического и непрерывного действия.

По видам выполняемых работ различают межцеховой транспорт, выполняющий операции по перевозке грузов в пределах территории предприятия между цехами и складскими помещениями, и внутрицеховой транспорт, обеспечивающий перемещение предметов труда между рабочими местами, аппаратами по ходу технологического процесса.

Кроме того, к внутрицеховым транспортным средствам относятся средства, которые служат для перемещения грузов в горизонтальном и вертикальном направлениях. Их можно разделить на стационарные транспортные устройства и перемещающиеся транспортные средства.

К *стационарным* относятся транспортные устройства, с помощью которых продукты производства перемещаются по определенному горизонтальному, вертикальному или наклонному направлениям (конвейеры, трубопроводы, транспортеры различных видов). Стационарные устройства потребляют малое количество энергии, отличаются небольшими затратами на обслуживание и обладают большой надежностью и безопасностью.

К *передвижным* относятся транспортные средства, которые выполняют либо вертикальную транспортировку (подъемники), либо горизонтальное перемещение (тележки, электрокары, автомобили, автопогрузчики и др.).

Важное значение приобретают в настоящее время транспортные средства без водителя (безлюдные) и с дистанционным управлением.

Безлюдные транспортные системы хорошо подходят для рационализации логистических функций и могут использоваться как на частично механизированных, так и на полностью автоматизированных предприятиях. Совершенствование технологии и связь с центральной компьютерной системой обеспечивают их экономичность, большую гибкость и высокую степень использования. Безлюдные транспортные системы могут выполняться в виде тележек с собственным приводом и использоваться для внутрипроизводственного перемещения грузов всех видов.

Преимущества дистанционно управляемых транспортных систем должны рассматриваться наряду с присущими им недостатками: высокой стоимостью этих систем; проблемами с загрузкой и выгрузкой; низкой скоростью движения; привязкой к смонтированным путям; затруднительностью проезда в различных производственных ситуациях (например, узкие пути, высокие барьеры, неожиданные препятствия и др.).

Для того чтобы обоснованно выбрать рациональный вид транспортных средств, наиболее полно отвечающий требованиям конкретного производства, необходимо изучить грузооборот предприятия в целом, его отдельные грузовые потоки, а также ознакомиться с характером грузов и путями их транспортирования.

*Грузооборот (общий)* представляет суммарное количество грузов, перемещаемых на предприятии за определенный период времени (сутки, месяц, квартал, год). Он подразделяется на внутренний и внешний. *Внутренний* грузооборот включает перемещение грузов внутри предприятия, рассчитывается на основе утвержденных плановых заданий по выпуску продукции. *Внешний* грузооборот включает доставку материальных ценностей на предприятие и вывоз готовой продукции, рассчитывается на основе договоров, заключенных с поставщиками и потребителями.

Расчет грузооборота оформляется в виде шахматной ведомости, в которой указываются как отправители, так и полу-

чатели грузов. Она составляется по цехам и предприятию в целом (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Расчет внутреннего грузооборота на предприятии, тыс. т

Отправители	Получатели					
	Склад материалов	Заготовительный цех	Механический цех	Сборочный цех	Склад готовых изделий	Всего отпращено
Склад материалов		400	100	50	—	550
Заготовительный цех	50		350			400
Механический цех	50			400		450
Сборочный цех					450	450
Склад готовых изделий	—	—	—	—	—	—
Итого получено	100	400	450	450	450	1850

*Грузовой поток* — это количество грузов, перемещаемых за определенный период времени между отдельными погрузочно-разгрузочными пунктами. Грузопотоки рассчитываются, как правило, по ходу технологического процесса. За основу расчета принимают планы производственных цехов по выработке продукции за смену.

Грузопотоки являются базой для выбора наиболее целесообразного транспортного средства и разработки комплексной технологии перемещения грузов на предприятии, учитывающей неравномерность грузопотоков на основе маршрутизации перевозок сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции.

По данным грузооборота и грузопотоков вычисляются потребность транспортных средств по видам, численность транспортных рабочих, производительность их труда и фонд заработной платы, себестоимость транспортных работ, объем погрузочно-разгрузочных работ. Потребности в транспортных

средствах для межцеховых перевозок необходимо определять по каждому грузопотоку, исходя из объема перевозок и производительности транспортных средств.

Для сокращения холостых пробегов и простоев оборудования необходимо разработать маршруты движения транспорта. Существуют две системы внутривозовских маршрутов: кольцевая и маятниковая.

*Маятниковый вид перевозок* применяется для транспортирования грузов между двумя постоянными пунктами обслуживания. Он может быть:

односторонним — движение транспорта в одну сторону с грузом, а обратно порожняком;

двухсторонним — движение транспорта в оба конца нагруженным;

лучевым — движение транспорта с грузом из одного пункта веерообразно в несколько пунктов;

обратным — движение транспорта из ряда пунктов в один.

Двухсторонняя маятниковая система на предприятиях применяется редко.

*Кольцевая система* используется для обслуживания ряда пунктов, связанных последовательной передачей грузов от одного к другому.

Наиболее экономичными являются двухсторонняя маятниковая и кольцевая система обслуживания.

Транспортным хозяйством на крупных и средних предприятиях управляет *транспортный отдел*. Он планирует объем перевозок и погрузочно-разгрузочных работ, руководит эксплуатацией и ремонтом подвижного состава, организует ремонт путей сообщения, учитывает объем сделанного, анализирует результаты производственно-хозяйственной деятельности. В его подчинении имеются специализированные по видам транспортные средства, цехи — железнодорожный, автотранспортный, ремонтный и др.

Основными направлениями повышения эффективности отдачи транспортного хозяйства являются:

— механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных и транспортных операций;

— внедрение современного подъемно-транспортного оборудования, единых систем с автоматическим адресованием грузов, автоматических складов, сортирующих и выдающих грузы по специальной программе;

— широкое применение специальной тары и контейнеров;

— совершенствование планирования и управления внутризаводским транспортом на основе математических методов и электронно-вычислительной техники;

— организация централизованной доставки грузов внутри предприятия.

На основные наиболее трудоемкие в перемещении грузы или группы грузов разрабатываются транспортно-технологические карты, способствующие сокращению затрат на операции перемещения грузов — уменьшению трудоемкости транспортных и подъемно-транспортных работ, сокращению объема тяжелых ручных работ, повышению коэффициента загрузки оборудования.

Основным принципом построения транспортно-технологических карт является комплексная механизация процессов перемещения грузов от прибытия сырья на предприятие до вывоза готовой продукции. Исходные данные для разработки транспортно-технологических карт включают: вид и количество груза, вес, габариты и упаковку транспортной пачки, периодичность доставки, место погрузки и выгрузки, маршрут движения.

Технология транспортировки требует рационального решения следующих вопросов:

— выбор соответствующей площадки для погрузки, выгрузки и хранения грузов;

— выбор оборудования и оснастки для перемещения грузов, в том числе средств непрерывного транспорта (транспортеров, канатных дорог, пневмотранспорта и др.);

— выбор оптимальной транспортной партии;

— выбор маршрута и трассы перемещения груза;

— разработка нормативов и определение трудозатрат на перемещение грузов;

— технико-экономическое обоснование выбранной технологии.



При определении способов перемещения грузов и выборе транспортных и подъемно-транспортных средств необходимо учесть следующие факторы:

- состояние и перспективы развития производства;
- объем и характер производства;
- грузооборот;
- транспортно-технологические потоки и расстояние перемещения;
- объемы транспортных партий и транспортной пачки;
- транспортные свойства грузов;
- периодичность подачи грузов;
- технологическое назначение транспортной операции.

После подготовки всех материалов составляется транспортно-технологическая карта. По транспортно-технологическим картам устанавливается объем работ при разработке технико-экономических показателей, осуществляется оперативное планирование транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, комплектование рабочей силы, подготовка необходимых средств механизации, разработка трудовых и материальных нормативов.

## **6.5. Организация складского хозяйства на предприятии**

Складское хозяйство представляет собой важный объект производственного менеджмента. Основными задачами складского хозяйства являются:

- своевременное обеспечение производства сырьем, материалами, оборудованием, запасными частями, комплектующими изделиями;
- обеспечение сохранности материальных ценностей на складах;
- снижение затрат, связанных с осуществлением складских операций и содержанием складов;
- повышение производительности труда и улучшение условий труда рабочих, обслуживающих склады.

В процессе выполнения этих задач складское хозяйство осуществляет следующие функции:

- аккумулярование материальных ресурсов в объемах и номенклатуре, достаточных для устойчивой ритмичности процесса производства;
- надлежащее хранение и учет предметов труда и готовой продукции;
- планомерное, бесперебойное и комплектное снабжение цехов и участков материальными ресурсами;
- подготовка материалов к их непосредственному потреблению;
- отгрузка готовой продукции потребителям;
- различные виды выравнивания хранимых запасов готовой продукции.

Выравнивание по времени необходимо для тех отраслей, в которых функция времени и периодичности спроса не соответствует времени изготовления. Например, может возникнуть противоречие между изготовлением оптимальных партий и сезонными изменениями спроса (рис. 6.2).

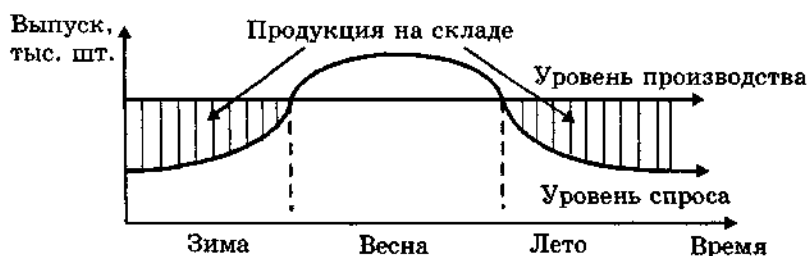


Рис. 6.2. Функция выравнивания спроса во времени

Выравнивание по количеству относится к предприятиям, имеющим серийное производство, которое, учитывая задачи экономии затрат, изготавливает большее количество продукции, чем это нужно, исходя из текущего спроса (рис. 6.3).

Выравнивание объемов требуется там, где местоположение производства не соответствует нахождению потребителя продукции. Это вызывает необходимость привлечения

транспортных средств, путь к потребителю может пролегать непосредственно или через промежуточный склад.



Рис. 6.3. Функция выравнивания спроса по количеству

Выравнивание ассортимента необходимо для предприятий, производящих широкий ассортимент, потребность в котором возникает в разные периоды времени или который изготавливается как собственными, так и сторонними предприятиями.

*Склады* являются одним из важнейших элементов системы складского хозяйства — это здания, сооружения и разнообразные устройства, предназначенные для приемки, размещения и хранения поступивших на них товаров, подготовки их к потреблению и отпуску потребителю. Объективная необходимость в специально обустроенных местах для содержания запасов существует на всех стадиях движения материального потока — от первичного источника сырья до конечного потребителя. Этим объясняется наличие большого количества разнообразных видов складов.

Склады на промышленных предприятиях имеют различные назначения, в частности:

- склады покупных комплектующих;
- склады материалов (сырья вспомогательного и производственного назначения);
- склады полуфабрикатов;
- промежуточные производственные склады;
- склады готовой продукции.

В системе распределения и сбыта продукции различают централизованные и децентрализованные склады. *Централизованные склады* — это большей частью заводские склады или так называемые центральные склады. *Децентрализованные склады* ориентированы с точки зрения их объемов на требования клиентов и количество хранимых товаров.

Склады классифицируются и по другим разнообразным признакам. В широком диапазоне варьируются размеры складов — от небольших помещений общей площадью в несколько сотен квадратных метров до складов-гигантов, занимающих площади в сотни тысяч квадратных метров.

Различаются склады и по высоте укладки грузов — в одних груз хранится не выше человеческого роста, в других необходимы специальные устройства, способные поднять и точно уложить груз в ячейку на высоте 24 м и более.

Склады могут иметь разные конструкции — размещаться в отдельных помещениях (закрытые); иметь только крышу или крышу и одну, две или три стены (полузакрытые). Некоторые грузы вообще хранятся вне помещений на специально оборудованных площадках — в открытых складах. В складе может создаваться и поддерживаться специальный режим, например температура, влажность.

Склад может предназначаться для хранения товаров одного предприятия (склад индивидуального пользования), а может на условиях лизинга сдаваться в аренду физическим или юридическим лицам (склад коллективного пользования, или склад-отель).

Различаются склады и по степени механизации складских операций: немеханизированные, механизированные, комплексно-механизированные, автоматизированные и автоматические.

Существенным признаком склада является возможность доставки и вывоза груза с помощью железнодорожного или водного транспорта. В соответствии с этим признаком различают пристанционные, или портовые, склады (расположенные на территории железнодорожной станции или порта), прирельсовые (имеющие подведенную железнодорожную ветку для подачи и уборки вагонов) и глубинные.

Складские операции можно условно свести к двум группам: собственно складские, или система складирования, (выгрузка и приемка поступающих грузов, размещение и хранение продукции, отпуск ее потребителям и т.п.); вспомогательные операции производственного характера (распаковка, сортировка, комплектование, сборка материалов и изделий, упаковка готовой продукции и т.д.).

Основные складские операции происходят в системе складирования. Состав и последовательность их выполнения представлены на рис. 6.4.

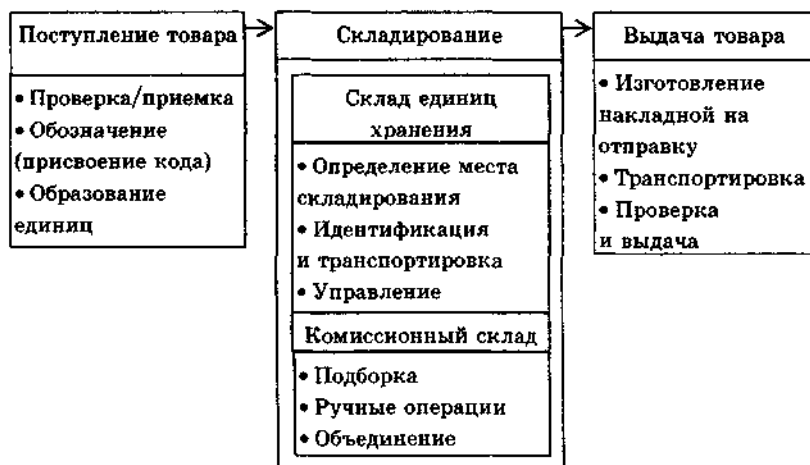


Рис. 6.4. Операции системы складирования

Работа складского хозяйства планируется. Цель планирования — обеспечение деятельности складского хозяйства в тесной взаимосвязи с работой всего предприятия. В качестве плановых и фактических показателей, характеризующих работу складского хозяйства, применяются следующие (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Показатели для планирования  
и оценки эффективности работы склада

№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1.	Готовность к поставке	Количество тотчас удовлетворенных запросов
		Общее число запросов
2.	Достаточность	Располагаемое количество
		Предусматриваемая потребность
3.	Связанный капитал	Средняя стоимость складского наличия
		Процент на капитал
4.	Доля затрат на складирование	Складские затраты
		Оборот
5.	Уровень потерь времени	Необходимое (требуемое) время
		Требуемое производство
6.	Квота ошибочных поставок	Число неполных (ошибочных) поставок
		Общее число поставок
7.	Частота оборота	Использование
		Наличие на складе
8.	Уровень использования площадей	Полезный объем склада
		Площадь, занятая складом
9.	Наличие на складе	Измеряется как среднее состояние в количественном, стоимостном выражении по видам или группам товаров
10.	Уровень использования объемов	Объем складировуемых товаров
		Полезный объем склада
11.	Использование за период времени	Измеряется количеством или в стоимостном выражении

## 6.6. Организация инструментального хозяйства

Организация инструментального хозяйства существенно влияет на качество продукции, равномерность работы участков, цехов и предприятия в целом, а также на экономическую эффективность производства. При современных темпах технического прогресса значение инструментального хозяйства возрастает, поскольку расходы на проектирование и изготовление технологического оснащения объектов новой техники достигают 80 % общего объема затрат на подготовку производства. Правильная организация инструментального хозяйства существенно влияет на ускорение цикла подготовки и освоения новых производств, а следовательно, и на сокращение затрат на подготовку.

Цель системы инструментального хозяйства — своевременное и бесперебойное снабжение цехов, участков и рабочих мест необходимым высококачественным инструментом. Критерием ее достижения является снижение до минимума расходов на изготовление, приобретение и эксплуатацию инструмента. Другие цели сводятся к обеспечению высокой эффективности технологии, организации изготовления, хранения, ремонта и восстановления инструмента; правильной эксплуатации и сокращению расхода инструмента; своевременному приобретению и поддержанию минимальных запасов инструмента.

Основными функциями системы инструментального хозяйства являются: планирование деятельности подразделений инструментального хозяйства; производство инструмента и технологического оснащения; закупка инструмента на стороне; хранение и выдача инструмента в цехи, на участки и рабочие места; восстановление изношенного инструмента.

Для выполнения указанных функций инструментальное хозяйство располагает соответствующими людскими и материальными ресурсами, техническими средствами и др.

Информационное обеспечение системы включает классификаторы инструмента, нормативы расхода инструмента, нормативы для планирования производства и закупки инст-

румента, планово-учетную документацию для планирования производства, организации хранения и выдачи инструмента.

Система инструментального хозяйства имеет двухуровневую организационную структуру (рис. 6.5). На верхнем уровне (предприятие) функционируют инструментальный отдел; инструментальные цехи, участки; центральный инструментальный склад (ЦИС); инструментальная группа при отделе материально-технического снабжения, обеспечивающая потребность в материалах для изготовления инструмента и оснащения непосредственно на предприятии, а также закупку их на стороне; участки восстановления инструмента. На нижнем уровне (в основных и вспомогательных цехах) создаются инструментально-раздаточные кладовые (ИРК); мастерские или участки централизованной заточки инструмента; участки текущего ремонта инструмента.

Задачей *инструментальных цехов и участков* является изготовление специального инструмента и оснащения, а также унифицированного стандартного инструмента по заводским нормалам. На крупных предприятиях организуются несколько специализированных инструментальных цехов (режущего и мерительного инструмента, штампов, приспособлений и прессформ и др.), а на средних — единый инструментальный цех с соответствующими участками. ЦИС обеспечивает прием инструмента, изготовленного на предприятии и приобретаемого на стороне, хранение и выдачу инструмента цехам. ИРК получают из ЦИС и хранят инструмент в необходимых для данного цеха количествах, а также организуют выдачу его на рабочие места.

Применительно к небольшим предприятиям рассмотренная схема построения инструментального хозяйства изменяется следующим образом: все инструментальное хозяйство подчиняется непосредственно главному технологу, вместо отдела инструментального хозяйства организуется бюро инструментального хозяйства (БИХ), вместо инструментального цеха создается участок, вместо бюро — соответствующие группы.



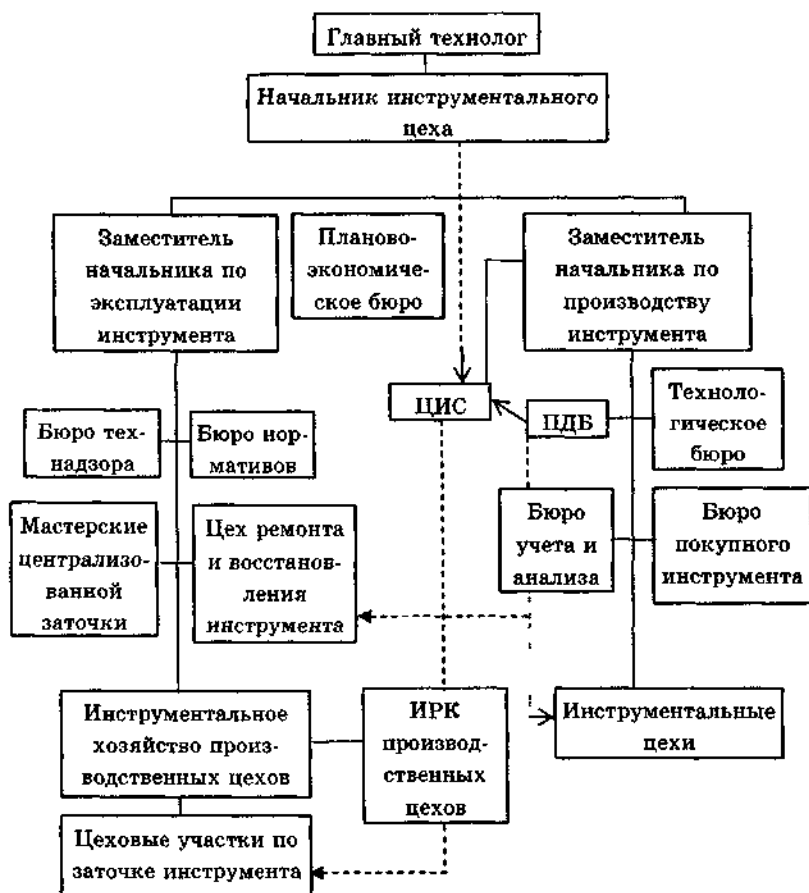


Рис. 6.5. Структура инструментального хозяйства крупного приборостроительного предприятия

К основным элементам нормативно-информационного обеспечения системы инструментального хозяйства относятся *классификация и индексация инструмента*, *нормирование расхода инструмента*. Наличие этого обеспечения является важной предпосылкой рациональной организации функцио-

нирования инструментального хозяйства. Классификация имеет целью группировку всего инструментального оснащения в соответствии с его производственно-технологическим назначением и конструктивными особенностями. Классификация и индексация служат для систематизации номенклатуры инструмента, достигающей на предприятиях десятков тысяч типоразмеров, и позволяют преодолеть трудности, связанные с планированием, организацией учета, выдачи и хранения инструмента.

Наиболее распространена классификация и индексация инструмента по трем признакам: характеру использования (стандартный, унифицированный и специальный инструмент); назначению (режущий, измерительный, слесарно-монтажный инструмент, штампы, приспособления, пресс-формы и др.); месту в производственном процессе (инструмент первого порядка, используемый для изготовления изделий основного производства, и второго порядка, применяемый для изготовления инструмента первого порядка).

Индексация сводится к присвоению каждому типоразмеру инструмента условного обозначения в соответствии с положением его в классификаторе. В настоящее время наибольшее применение получила десятичная цифровая система индексации: каждому иерархическому уровню группировки присваивают цифровые индексы от 0 до 9. Например, шифр инструмента 01.01.03 означает, что он относится к классу режущих, подклассу резцов, группе токарных, подгруппе подрезных инструментов. В ряде случаев применяют смешанную индексацию. В ней буквами обозначают классы и подклассы, а цифрами — остальную часть шифра. В нашем примере: РР 01.03.

Нормативы расхода инструмента необходимы для планирования производства и управления запасами инструмента. *Норма расхода инструмента* — это количество данного инструмента, требуемое для выполнения определенного объема работ. В массовом и крупносерийном производстве норму расхода инструмента устанавливают, исходя из объема работ на 1000 деталей, а в отдельных случаях — на 100, 10 или 1 деталь. Во всех других типах производства для

данной цели определяют объем работ на 1000 (или 100) станко-ч работы определенной группы оборудования.

Различают две группы методов расчета норм расхода инструмента: расчетно-технические и статистические.

*Расчетно-технические* методы подразделяются на точные и укрупненные. В общем виде норма расхода инструмента  $H_p$  в обоих случаях определяется по формуле

$$H_p = T_{п.и} / F_{э.и}, \quad (6.1)$$

где  $T_{п.и}$  — потребное время работы данного инструмента на определенный объем работ;  $F_{э.и}$  — эффективное время работы инструмента до его полного использования.

*Точные* методы применяются в массовом и крупносерийном производстве. Расчет норматива расхода данного типоразмера режущего инструмента на 1000 деталей ведут по формуле

$$H_p = \frac{1000 t_{\text{маш}} И}{60(L/l + 1) t_c (1 - K_{\text{куб}})}, \quad (6.2)$$

где  $t_{\text{маш}}$  — норма машинного времени обработки одной детали данным инструментом, мин;  $И$  — количество инструмента данного типоразмера, одновременно работающего на станке;  $L$  — допустимое стачивание рабочей грани инструмента до полного изнашивания, мм;  $l$  — толщина слоя, стачиваемого за одну переточку, мм;  $t_c$  — оптимальная стойкость инструмента между двумя переточками, ч;  $K_{\text{куб}}$  — коэффициент случайной убыли инструмента ( $K_{\text{куб}} = 0,05 \div 0,2$ ).

Из расчетно-технических методов укрупненного определения нормы расхода инструмента наиболее часто используется метод средней оснастки. Номенклатура инструмента в комплекте типовой оснастки соответствующей группы оборудования устанавливается по специальным нормативно-справочным таблицам. Норматив расхода каждого вида режущего инструмента на 1000 станко-ч работы данного оборудования определяют по формуле

$$H_p = \frac{1000 K_{\text{маш}} \beta}{60(L/l + 1) t_c (1 - K_{\text{куб}})}, \quad (6.3)$$

где  $K_{\text{маш}}$  — доля машинного времени в общем времени занятости оборудования данной группы;  $\beta$  — доля времени инструмента данного типоразмера в машинном времени работы всего комплекта типов оснастки конкретного станка.

*Статистический* метод установления средних норм расхода строится на основе анализа отчетных данных о фактическом расходе инструмента за один год или несколько лет  $Q_{\text{р.ф}}$ . При этом учитываются имевшие место неоправданные отклонения в расходе инструмента  $Q_{\text{р.ф}}$ , а также влияние намечаемых организационно-технических мероприятий по сокращению расхода данного инструмента, выражаемое коэффициентом  $y_{\text{р.н}}$  ( $y_{\text{р.н}} \leq 1$ ). Тогда

$$H_{\text{р}} = (Q_{\text{р.ф}} - Q_{\text{р.н}}) y_{\text{р.н}} / 1000. \quad (6.4)$$

## 6.7. Методические указания, типовые задачи с решениями и задачи для решения

### Организация ремонтного хозяйства

#### Методические указания

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

$$T_{\text{м.ц}} = 24000 \beta_{\text{п}} \beta_{\text{м}} \beta_{\text{у}} \beta_{\text{т}}, \quad (6.5)$$

где 24000 — нормативный ремонтный цикл, станко-ч;  $\beta_{\text{п}}$  — коэффициент, учитывающий тип производства. Для массового и крупносерийного  $\beta_{\text{п}} = 1$ , для серийного — 1,3, мелкосерийного и единичного — 1,5;  $\beta_{\text{м}}$  — коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала. При обработке конструкционных сталей  $\beta_{\text{м}} = 1$ , чугуна и бронзы — 0,8, высокопрочных сталей — 0,7;  $\beta_{\text{у}}$  — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации оборудования. При нормальных условиях работы в механических цехах  $\beta_{\text{у}} = 1$ , в запыленных цехах и с повышенной влажностью — 0,7;  $\beta_{\text{т}}$  — коэффициент, отражающий группу станков. Для легких и средних станков  $\beta_{\text{т}} = 1$ .

Длительность межремонтного периода рассчитывается по формуле

$$t_{\text{мр}} = \frac{T_{\text{м.ц}}}{\Pi_{\text{с}} + \Pi_{\text{т}} + 1}, \quad (6.6)$$

где  $\Pi_{\text{с}}$  и  $\Pi_{\text{т}}$  — соответственно число средних и текущих (малых) ремонтов в течение межремонтного цикла.

Длительность межосмотрового периода для станков определяется по формуле

$$t_{\text{мо}} = \frac{T_{\text{м.ц}}}{\Pi_{\text{с}} + \Pi_{\text{т}} + \Pi_{\text{о}} + 1}, \quad (6.7)$$

где  $\Pi_{\text{о}}$  — число осмотров в течение межремонтного цикла.

В общем случае длительность межремонтного цикла может быть определена по формулам

$$T_{\text{м.ц}} = t_{\text{мр}} (1 + \Pi_{\text{с}} + \Pi_{\text{т}}) \quad (6.8)$$

или

$$T_{\text{м.ц}} = t_{\text{мр}} (1 + \Pi_{\text{с}} + \Pi_{\text{т}} + \Pi_{\text{о}}). \quad (6.9)$$

Общий годовой объем ремонтных работ определяется по формуле

$$T_{\text{рем}}^{\text{общ}} = \frac{T_{\text{к}}\Pi_{\text{к}} + T_{\text{с}}\Pi_{\text{с}} + T_{\text{т}}\Pi_{\text{т}} + T_{\text{о}}\Pi_{\text{о}}}{T_{\text{м.ц}}} \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{пр}i}, \quad (6.10)$$

где  $C_{\text{пр}i}$  — число единиц оборудования  $i$ -го наименования, шт.;  $T_{\text{к}}$ ,  $T_{\text{с}}$ ,  $T_{\text{т}}$ ,  $T_{\text{о}}$  — суммарная трудоемкость соответственно капитального, среднего, текущего ремонтов и осмотров на одну единицу ремонтной сложности, н/ч;  $R_i$  — количество единиц ремонтной сложности  $i$ -й единицы оборудования (механической части), р.е.

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

Годовой объем работ по межремонтному обслуживанию определяется по формуле

$$T_{\text{обсл}} = \frac{F_3 K_{\text{см}}}{H_{\text{об}}} \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{пр}i}, \quad (6.11)$$

где  $K_{\text{см}}$  — число смен работы обслуживаемого оборудования;  $F_3$  — годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего, ч;  $H_{\text{об}}$  — норма обслуживания ремонтных единиц при выполнении станочных ( $H_{\text{об.ст}}$ ), слесарных ( $H_{\text{об.сл}}$ ), смазочных ( $H_{\text{об.см}}$ ) и шорных ( $H_{\text{об.ш}}$ ) работ на одного рабочего в смену.

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

$$P_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{рем}}^{\text{сл}}}{F_3 K_{\text{в}}}; \quad (6.12)$$

$$P_{\text{сл}} = \frac{T_{\text{обсл}}^{\text{сл}}}{F_3 K_{\text{в}}}, \quad (6.13)$$

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

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

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

$$C_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{рем}}^{\text{ст}} + T_{\text{обсл}}^{\text{ст}}}{F_3 K_{\text{см}} K_{\text{в}}}. \quad (6.14)$$

Потребность цеха в материалах для ремонта определяется по формуле

$$Q = \lambda N_{\text{р}} (\sum R_{\text{к}} + L \sum R_{\text{с}} + B \sum R_{\text{т}}), \quad (6.15)$$

где  $\lambda$  — коэффициент, учитывающий расход материала на осмотры и межремонтное обслуживание;  $N_{\text{р}}$  — норма

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

Норма запаса однотипных деталей для группы однотипного оборудования определяется по формуле

$$N_a = C_{пр} D_d \frac{T_{ц}}{t_{сд}} R_c, \quad (6.16)$$

где  $t_{сд}$  — срок службы деталей, дней;  $D_d$  — число одного наименования деталей для данного типа оборудования, шт.;  $T_{ц}$  — длительность цикла изготовления партии однотипных деталей или получения партии деталей со стороны, дней;  $R_c$  — коэффициент снижения запаса однотипных деталей, зависящий от их количества в одномодельных агрегатах (принимается по практическим данным службы главного механика предприятия).

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

### Типовая задача с решением

**Задача 6.1.** В механообрабатывающем цехе установлены 44 металлорежущих станка (табл. 6.5). Режим работы цеха двухсменный. Продолжительность смены — 8 ч. Условия работы оборудования нормальные. Обрабатываются конструкционные стали, следовательно, все коэффициенты  $\beta_p, \beta_m, \beta_y, \beta_r$ , учитывающие соответственно тип производства, свойства обрабатываемого материала, условия эксплуатации, характеристику станков, принимаются равными единице. Нормативное время работы станка в течение межремонтного цикла  $A = 24000$  ч. Структура межремонтного цикла для установленных станков имеет вид

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

Таблица 6.5

Состав станочного парка в цехе

№ п/п	Оборудование	Модель или марка	Категория ремонтной сложности (механическая часть)	Установленная мощность $W_y$ , кВт	Оптовая цена единицы оборудования Ц <sub>об</sub> , руб.
1	Токарно-винторезные станки	1К62	11,0	10,0	3650
		1К62Б	12,5	11,0	6000
		1К62Д	14,5	11,5	6500
		1М63М	13,0	18,5	8290
		1М63Б	14,0	15,0	7870
		1М65	16,5	22,0	11160
2	Полуавтоматы токарно-револьверные	1М42Б	17,5	13,0	14500
		1А124М	14,5	12,5	12300
		1А136МЦ	14,0	13,0	15300
3	Автоматы токарно- револьверные одношпиндельные	1Г140П	17,5	7,1	15500
		1Д112	18,0	5,5	2450
		1Е125	15,5	11,0	9500
4	Полуавтоматы токарные многошпиндельные	1Б265НП-8К	50,0	30,0	54100
		1Б290НП-6К	41,0	30,0	66300
5	Горизонтально- фрезерные станки	6Н13Ц	14,0	13,0	15000
		6Т82Г-1	12,5	7,5	6365
		6Р83Г	11,0	7,0	6300
		6Т83Г-1	11,5	7,5	729
6	Вертикально- фрезерные станки	692Р-1	12,5	2,2	5000
		ГФ2380	13,0	11,0	14000
7	Вертикально- сверлильные станки	2С132	9,5	4,0	4570
		2Г125	4,5	3,5	3470
		2Н135-1	6,0	4,0	4750
		КД-26	5,5	1,6	8250



Окончание табл. 6.5

№ п/п	Оборудование	Модель или марка	Категория ремонтной сложности (механическая часть)	Установленная мощность $W$ , кВт	Оптовая цена единицы оборудования $C_{об}$ , руб.
8	Радиально-сверлиль- ные станки	2К52	7,0	4,5	3950
		2М55	20,0	5,5	4750
		2А576	17,5	7,5	18200
9	Круглошлифовальные станки	3У10В	15,5	2,1	12400
		3У10А	19,5	2,5	13750
		3М195	38,5	30,0	38900
10	Плоскошлифовальные станки	3Е711В-1	15,0	4,0	7129
		3Е711ВФ-1	17,5	10,0	14500
11	Внутришлифовальные станки	3К225В	17,5	2,5	9870
		3К225А	16,5	2,5	11860
		3К227В	12,5	4,5	14430
12	Универсально- заточные станки	3Е642	10,0	3,0	4450
		3Е642Е	12,5	3,0	6750
13	Горизонтально- расточные станки	2620В	28	10,2	20800
		2620Г	18	10,2	19730
14	Протяжные станки	7Б64	17,5	11,0	17924
		7Б67	24,5	40,0	29970
15	Отрезные станки	8Г662	16,0	3,2	8500
		8Г681	17,5	18,1	13170
		8Б66	8,0	2,5	3610
	Итого	44 станка	694	448,2	578058

Нормы времени для выполнения ремонтных работ представлены в табл. 6.6. Годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего составляет 1835 ч. Нормы обслуживания на одного рабочего в смену по межремонтному обслуживанию составляют:  $N_{об.ст} = 1650$  р.е.;  $N_{об.сл} = 500$  р.е.;  $N_{об.см} = 1000$  р.е.;  $N_{об.ш} = 3390$  р.е.

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

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

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

Таблица 6.6

Нормы времени для выполнения  
ремонтных работ на 1 ремонтную единицу  
для технологического оборудования, н/ч

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

### Решение

1. Длительность межремонтного цикла определяем по формуле (6.5):

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

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

2. Длительность межремонтного периода рассчитываем по формуле (6.6):

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

3. Длительность периода между осмотрами станков определяем по формуле (6.7):

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

4. Расчет среднегодовой трудоемкости ремонтных работ общей и по видам (слесарным, станочным и прочим работам). Вначале определяем общую трудоемкость по формуле (6.10):

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

Затем по этой же формуле рассчитываем трудоемкость по видам работ:

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

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

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

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

5. Среднегодовую трудоемкость работ по межремонтному обслуживанию определяем по формуле (6.11) по видам работ:

$$\text{слесарные: } T_{\text{обсл}}^{\text{сл}} = \frac{1835 \cdot 2}{500} \cdot 694 = 5094 \text{ ч;}$$

$$\text{станочные: } T_{\text{обсл}}^{\text{ст}} = \frac{1835 \cdot 2}{1650} \cdot 694 = 1544 \text{ ч;}$$

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

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

Общий годовой объем работ по межремонтному обслуживанию составляет

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

6. Численность рабочих  $P_{\text{рем}}$ , необходимых для ремонта оборудования, определяем, исходя из соответствующей трудоемкости, годового эффективного фонда времени работы одного рабочего  $F$ , и коэффициента выполнения нормы времени  $K_v$ , равного 1,1, по формуле (6.12):

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

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

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

Общее количество ремонтных рабочих

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

Количество рабочих, необходимых для межремонтного обслуживания оборудования по видам работ, определяем по формуле (6.13):

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

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

$$\text{смазчиков: } P_{\text{см}} = \frac{2547}{1835 \cdot 1,1} = 1,2 = 1 \text{ чел.};$$

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

Общее количество рабочих, необходимых для обслуживания оборудования:

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

7. Число станков, необходимых для выполнения станочных работ для ремонтов и межремонтного обслуживания оборудования, определяем по формуле (6.14):

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

8. Потребность цеха в материалах для ремонтных нужд рассчитываем по формуле (6.15):

при ежегодном капитальном ремонте 10 % станков

$$\sum R_{\text{к}} = 0,1 \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{пр}i} = 0,1 \cdot 694 = 69,4 \text{ р.е.};$$

при ежегодном среднем ремонте 25 % станков

$$\sum R_{\text{с}} = 0,25 \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{пр}i} = 0,25 \cdot 694 = 173,5 \text{ р.е.};$$

при ежегодном текущем ремонте 100 % станков

$$\sum R_{\text{т}} = 1 \sum_{i=1}^m R_i C_{\text{пр}i} = 1 \cdot 694 = 694 \text{ р.е.}$$

Подставив полученные данные в формулу (6.15), получим величину потребности цеха в материалах для ремонтных нужд

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

Аналогично рассчитываем потребность в других материалах.

9. Величину установленной мощности оборудования принимаем по табл. 6.5

$$W_y = 448,2 \text{ кВт.}$$

10. Балансовую стоимость оборудования рассчитываем по формуле

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

где  $K_{тр}$  — коэффициент, учитывающий затраты предприятия на транспортировку, монтаж и пусконаладочные работы,  $K_{тр} = 1,15$ ;  $\Pi_{об i}$  — оптовая цена единицы  $i$ -го вида оборудования (см. табл. 6.5).

### Задачи для решения

**Задача 6.2.** Длительность межремонтного цикла составляет 9 лет. Структура межремонтного цикла включает, кроме одного капитального ремонта, два средних, ряд текущих (малых) ремонтов и периодических осмотров. Длительность межремонтного периода  $t_{мр} = 1$  год, а время между осмотрами оборудования — 6 мес. Определить число малых (текущих) ремонтов и осмотров, используя формулы (6.8) и (6.9).

**Задача 6.3.** На заводе установлено 650 единиц оборудования. Средняя ремонтная сложность единицы оборудования — 11,3 р.е. Нормы времени для выполнения ремонтных работ приведены в табл. 6.6. Станки легкие и средние. Условия работы оборудования нормальные, тип производства — серийный. Род обрабатываемого материала — конструкционные стали. Структура межремонтного цикла установленного оборудования имеет вид

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

Годовой эффективный фонд времени работы одного ремонтного рабочего — 1835 ч. Годовой эффективный фонд времени работы станка — 1800 ч. Режим работы — двухсменный. Нормы обслуживания на одного рабочего в смену по межремонтному обслуживанию составляют:  $H_{об ст} = 1650$  р.е.;  $H_{об сл} = 500$  р.е.;  $H_{об пр} = 3000$  р.е.

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

Определить длительность межремонтного цикла, межремонтного и межосмотрового периодов, объем ремонтных

и межремонтных работ, численность рабочих по видам работ (слесарным, станочным и пр.) для выполнения ремонтных работ и межремонтного обслуживания, число станков для ремонтно-механического цеха общее и исходя из типажа ремонтно-механического цеха, установленного по Единой системе ППР (табл. 6.7).

На заводе применяется централизованная форма организации ремонта.

Таблица 6.7

Состав оборудования в ремонтно-механическом цехе

Группы станков	Доля группы станков, %	Количество единиц
Токарные и револьверные	45	
Расточные	4	
Универсальные горизонтально-фрезерные	8	
Зуборезные	7	
Шлифовальные	11	
Строгальные	8	
Вертикально-сверлильные	7	
Радикально-сверлильные	2	
Прочие	8	
Итого	100	

**Задача 6.4.** На предприятии насчитывается 520 единиц технологического оборудования. Средняя ремонтная сложность единицы оборудования составляет 13,7 р.е. Структура межремонтного цикла включает один капитальный ремонт, три средних и четыре текущих (малых) ремонтов и ряд периодических осмотров. Длительность межремонтного периода — 1 год, а межосмотрового периода — 3 мес. Нормы времени для выполнения ремонтных работ приведены в табл. 6.5. Годовой эффективный фонд времени работы одного рабочего-ремонтника — 1830 ч.

Определить число осмотров, суммарное число ремонтных единиц, трудоемкость ремонтных работ по видам (слесарные, станочные и пр.), численность ремонтных рабочих, если сле-

сари выполняют нормы выработки на 130 %, станочники — на 140 %, а рабочие работают повременно.

**Задача 6.5.** На участке установлено 16 токарно-револьверных станков одной модели. Длительность межремонтного периода — 9 мес. В структуре межремонтного цикла кроме капитального ремонта имеются два средних и пять текущих (малых) ремонтов. При среднем и капитальном ремонтах на станке заменяют по две втулки. Длительность цикла изготовления двух втулок — 2 мес. Коэффициент снижения числа запасных втулок — 0,9.

Определить длительность межремонтного цикла по формуле (6.8), срок службы сменной втулки (исходя из длительности межремонтного цикла и числа капитальных и средних ремонтов) и норму запаса сменных втулок по формуле (6.16).

## Организация энергетического хозяйства

### Методические указания

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

$$Q_{\text{пн}} = \frac{qN}{K_3}, \quad (6.17)$$

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

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

$$Q_{\text{от}} = \frac{q_{\text{т}} t_{\text{о}} F_3 V_{\text{зд}}}{1000 K_{\text{у}} \eta_{\text{к}}}, \quad (6.18)$$

где  $q_{\text{т}}$  — норма расхода тепла на  $1\text{м}^3$  здания при разности между наружной и внутренней температурами в  $10^\circ\text{C}$ ,



ккал/ч ( $1 \text{ ккал} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ );  $t_0$  — разность между наружной и внутренней температурами отопительного периода, °С;  $F_d$  — продолжительность отопительного периода, ч;  $V_{зд}$  — объем здания (по наружному его объему),  $\text{м}^3$ ;  $K_y$  — теплота сгорания условного топлива (7000 ккал/кг);  $\eta_k$  — коэффициент полезного действия котельной установки,  $\eta_k = 0,75$ .

Расход электроэнергии для производственных целей (плавка, термообработка, сварка и т.д.) рассчитывается по формуле

$$P_{эл} = \frac{W_y F_3 K_3 K_0}{K_c \eta_d}, \quad (6.19)$$

где  $W_y$  — суммарная установленная мощность электромоторов оборудования, кВт;  $F_3$  — эффективный фонд времени работы потребителей электроэнергии за плановый период (месяц, квартал, год), ч;  $K_3$  — коэффициент загрузки оборудования;  $K_0$  — средний коэффициент одновременной работы потребителей электроэнергии;  $K_c$  — коэффициент полезного действия питающей сети;  $\eta_d$  — коэффициент полезного действия установленных электромоторов.

Расход электроэнергии для производственных целей можно определить также по формулам

$$P_{эл} = W_y \eta_c F_3; \quad (6.20)$$

$$P_{эл} = F_3 \sum_{i=1}^m W_y \cos \varphi K_m, \quad (6.21)$$

где  $\eta_c$  — коэффициент спроса потребителей электроэнергии;  $\cos \varphi$  — коэффициент мощности установленных двигателей;  $K_m$  — коэффициент машинного времени электроприемников (машинное время работы оборудования).

Коэффициент спроса потребителей электроэнергии определяется по формуле

$$\eta_c = \frac{K_3 K_0}{K_c \eta_d}. \quad (6.22)$$

Расход электроэнергии для освещения помещений рассчитывается по формулам (по количеству лампочек и площади помещения соответственно)

$$P'_{эл} = \frac{C_{св} P_{ср} F_3 K_0}{1000}; \quad (6.23)$$

$$P'_{эл} = \frac{h S F_3}{1000}, \quad (6.24)$$

где  $C_{св}$  — число светильников (лампочек) на участке, в цехе, на предприятии, шт.;  $P_{ср}$  — средняя мощность одной лампочки, Вт;  $h$  — норма освещения 1 м<sup>3</sup> площади по ГОСТу, Вт;  $S$  — площадь здания, м<sup>2</sup>.

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

Расход пара для отопления здания определяется по формуле

$$Q_{п} = \frac{q_{п} t_0 F_D V_{зд}}{1000i}, \quad (6.25)$$

где  $q_{п}$  — расход пара на 1 м<sup>3</sup> объема здания при разности между наружной и внутренней температурами 1 °С;  $i$  — теплосодержание пара (принимается 540 ккал/кг).

Расход сжатого воздуха для производственных целей определяется по формуле

$$Q_{в} = k \sum_{i=1}^m d K_{и} K_3 F_3, \quad (6.26)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха в трубопроводах и местах неплотного их соединения,  $k = 1,5$ ;  $d$  — расход сжатого воздуха при непрерывной работе воздухоприемника во времени;  $K_{и}$  — коэффициент использования воздухоприемника во времени;  $m$  — число наименований воздухоприемников.

Расход воды для производственных целей можно определить по нормативам, исходя из часового расхода. Например, часовой расход воды на промывку деталей в баках составляет 200 л. Для некоторых производственных целей (для

охлаждающих жидкостей) количество воды определяется по формуле

$$Q_{\text{вод}} = \frac{q_{\text{в}} C_{\text{пр}} F_3 K_3}{1000}, \quad (6.27)$$

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

### Типовые задачи с решениями

**Задача 6.6.** По механическому цеху мощность установленного оборудования — 448,2 кВт; средний коэффициент полезного действия электромоторов  $h_{\text{д}} = 0,9$ ; средний коэффициент загрузки оборудования  $K_{\text{з}} = 0,8$ ; средний коэффициент одновременной работы оборудования  $K_{\text{о}} = 0,7$ ; коэффициент полезного действия питающей электрической сети  $K_{\text{с}} = 0,96$ ; плановый коэффициент спроса потребителей электроэнергии по цеху  $h_{\text{с}} = 0,6$ . Режим работы цеха — двухсменный по 8 ч. Потери времени на плановые ремонты составляют 5%. Определить экономию (перерасход) силовой электроэнергии по цеху за год.

#### Решение

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

$$F_{\text{н}} = F_{\text{к}} - F_{\text{п}} = 365 - 111 = 254 \text{ дня,}$$

или

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

где  $F_{\text{к}}$ ,  $F_{\text{п}}$ ,  $F_{\text{н}}^{\text{пр}}$ ,  $F_{\text{н}}^{\text{п}}$  — соответственно число календарных, выходных и праздничных, предпраздничных и полных дней ( $F_{\text{к}} = 365$  дней,  $F_{\text{п}} = 111$ ,  $F_{\text{н}}^{\text{пр}} = 5$ ,  $F_{\text{н}}^{\text{п}} = 249$  дней);  $t_{\text{см}}$  и  $t_{\text{см}}^{\text{пр}}$  — продолжительность полной и предпраздничной рабочей смены.

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} K_{\text{п.о}} K_{\text{см}} = 2027 \cdot 0,95 \cdot 2 = 3851 \text{ ч,}$$

где  $K_{\text{п.о}}$  — коэффициент, учитывающий простои оборудования.

2. Величину планового потребления силовой электроэнергии определяем по формуле (6.20):

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

3. Величину фактического потребления силовой электроэнергии рассчитываем по формуле (6.19):

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

4. Таким образом, перерасход силовой электроэнергии составит

$$P = P_{эл}^{\Phi} - P_{эл}^{пл} = 1118715 - 1035611 = 83104 \text{ кВт ч.}$$

**Задача 6.7.** Определить потребность в силовой электроэнергии для участка механического цеха за год на основе данных, приведенных в табл. 6.8.

Таблица 6.8

Состав оборудования участка

Станки	Установленная мощность моторов, кВт	Сos φ, электромоторов	Коэффициент машинного времени работы станка $K_m$
Токарно-винторезные	40	0,8	0,7
Токарно-револьверные	36	0,7	0,8
Вертикально-фрезерные	25	0,8	0,8
Горизонтально-фрезерные	15	0,8	0,8
Вертикально-сверлильные	20	0,6	0,7
Радиально-сверлильные	18	0,6	0,4
Круглошлифовальные	20	0,7	0,7
Плоскошлифовальные	24	0,8	0,7
Шлифовально-полировальные	12	0,6	0,6
Зуборезные	18	0,7	0,6

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

*Решение*

1. Рассчитываем эффективный фонд времени работы оборудования:

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

2. Величину потребности в силовой электроэнергии за год определяем по формуле (6.21):

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

**Задача 6.8.** Определить расход воды на приготовление охлаждающей эмульсии для металлорежущего инструмента по механическому цеху за год. Вода используется на 40 станках, средний часовой расход на один станок составляет 1,3 л. Средний коэффициент загрузки станков — 0,8. Режим работы цеха — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в году — 255. Потери времени на плановые ремонты составляют 5 %.

*Решение*

1. Эффективный фонд работы оборудования составляет

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

2. Величину потребности воды для приготовления охлаждающей эмульсии определяем по формуле (6.27):

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

**Задачи для решения**

**Задача 6.9.** Определить потребность в осветительной электроэнергии для механического цеха, если в нем установлено 50 люминесцентных светильников, средняя мощность каждого из которых 100 Вт. Время горения светильников в сутки — 15 ч. Коэффициент одновременного горения светильников — 0,75. Число рабочих дней в месяце — 22 дня.

**Задача 6.10.** Определить расход пара на отопление здания механического цеха, имеющего объем  $V_{зд} = 8000 \text{ м}^3$ . Норма расхода пара  $q_{п} = 0,5 \text{ ккал/ч}$  на  $1 \text{ м}^3$  объема здания. Средняя наружная температура за отопительный период  $t_{н} = -50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Внутренняя температура в здании цеха за отопительный период поддерживается на уровне  $t_{вн} = +18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Отопительный период в Республике Беларусь  $F_c = 200$  дней.

**Задача 6.11.** Определить потребность цеха в сжатом воздухе за месяц для 35 станков. Среднечасовой расход сжатого воздуха на одном станке —  $10 \text{ м}^3$ . Коэффициент утечки сжатого воздуха — 1,5. Коэффициент использования станков во времени — 0,85, а по мощности — 0,75. Режим работы оборудования цеха — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Число рабочих дней в месяце — 21. Потери времени на плановые ремонты составляют 6 %.

## Организация транспортного хозяйства

### Методические указания

Схема маршрутов межцеховых перевозок устанавливается на основе шахматной ведомости, которая дает наглядную картину грузооборота и служит основой для расчета количества транспортных средств (см. табл. 6.9).

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

Число транспортных средств прерывного действия (автомобилей, авто- и электрокаров, робоэлектрокаров и т.д.), необходимых для межцеховых перевозок, может быть определено по одной из нижеследующих формул.

Для маятниковых перевозок:

при одностороннем маршруте движения

$$K_{т.с} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_3 K_{см}} 60 \left( \frac{2L}{V_{ср}} + t_3 + t_p \right); \quad (6.28)$$

при двустороннем маршруте движения

$$K_{т.с} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_3 K_{см}} 60 \left[ \frac{2L}{V_{ср}} + 2(t_3 + t_p) \right], \quad (6.29)$$

где  $N_j$  — количество изделий  $j$ -го типоразмера (наименования), перевозимых в течение расчетного периода, шт.;  $Q_{штj}$  — масса единицы изделия  $j$ -го типоразмера, кг;  $K_{ис}$  — коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства;  $q$  — грузоподъемность единицы транспортного средства;  $F_3$  — эффективный фонд времени работы единицы транспортного средства для односменного режима, ч;  $K_{см}$  — число рабочих смен в сутки;  $L$  — расстояние между двумя пунктами маршрута, м;  $V_{ср}$  — средняя скорость движения транспортного средства, м/мин;  $t_3$  и  $t_p$  — соответственно время на одну погрузочную и разгрузочную операции за каждый рейс, мин;  $n$  — номенклатура транспортируемых изделий.

Для кольцевых перевозок:

с нарастающим грузопотоком

$$K_{т.с} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_3 K_{см}} 60 \left( \frac{L'}{V_{ср}} + k_{пр} t_3 + t_p \right); \quad (6.30)$$

с затухающим грузопотоком

$$K_{т.с} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_3 K_{см}} 60 \left( \frac{L'}{V_{ср}} + t_3 + k_{пр} t_p \right); \quad (6.31)$$

с равномерным грузопотоком

$$K_{т.с} = \frac{\sum_{j=1}^n N_j Q_{штj}}{q K_{ис} F_3 K_{см} 60} \left[ \frac{L'}{V_{ср}} + k_{пр} (t_3 + t_p) \right], \quad (6.32)$$

где  $L'$  — длина всего кольцевого маршрута, м;  $k_{пр}$  — число погрузочно-разгрузочных пунктов.

Таблица 6.9

Шахматная ведомость грузопотока

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

Масса груза, перевозимого за смену, определяется по формуле

$$Q_{см} = \frac{Q_{г}}{D_p K_{см} k_n}, \quad (6.33)$$

где  $Q_{г}$  — годовой грузооборот на данном маршруте, кг (т);  $D_p$  — число рабочих дней в году;  $k_n$  — коэффициент неравномерности перевозок,  $k_n = 0,85$ .

Время пробега транспортного средства по заданному маршруту определяется по формуле

$$T_{проб} = L/V_{ср}. \quad (6.34)$$



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

$$T_p = 2T_{\text{проб}} + t_a + t_p. \quad (6.35)$$

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

$$P = \frac{t_{\text{см}} K_{\text{см}} k_b}{T_p}, \quad (6.36)$$

где  $k_b$  — коэффициент использования фонда времени работы транспортного средства.

Масса груза, перевозимого за один рейс, определяется по формуле

$$\Pi = Q_{\text{см}} / P. \quad (6.37)$$

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

$$K_{\text{шт}} = \frac{Q_c l_0}{3,6 Q_{\text{шт}} V t_{\text{см}} K_{\text{см}} k_b}; \quad (6.38)$$

для сыпучих грузов

$$K_c = \frac{Q_c}{3,6 q_{\text{п}} V t_{\text{см}} K_{\text{см}} k_b}, \quad (6.39)$$

где  $Q_c$  — суммарный транспортируемый груз в течение суток, кг;  $l_0$  — шаг конвейера (расстояние между двумя изделиями), м; 3,6 — постоянный коэффициент;  $Q_{\text{шт}}$  — масса (вес) одного транспортируемого изделия, кг;  $V$  — скорость движения конвейера, м/с;  $q_{\text{п}}$  — нагрузка (масса груза) на  $1 \text{ м}^2$  конвейера, кг.

Число грузовых крюков на подвесном конвейере рассчитывается по формуле

$$A_k = \frac{N_c L_p}{n_n V t_{\text{см}} K_{\text{см}} k_b}, \quad (6.40)$$

где  $N_c$  — количество транспортируемых изделий в течение суток, шт.;  $L_p$  — длина рабочей части конвейера, м;  $n_n$  — количество изделий, навешиваемых на один крюк, шт.

Число электрокаров определяется по формуле

$$K_{\text{эк}} = \frac{T_p N_c}{t_{\text{см}} K_{\text{см}} k_b}. \quad (6.41)$$

Требуемое число электро- и автокаров для внутрицеховых перевозок определяется укрупненно по формуле

$$K_{\text{т.с}} = \frac{Q_{\text{см}} (k_n + 1)}{q K_{\text{ис}} t_{\text{см}} k_b} \left( \frac{2L}{V_{\text{ср}}} + t_a + t_p \right), \quad (6.42)$$

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

Часовая пропускная способность конвейера рассчитывается по формулам:

при перемещении сыпучих грузов

$$q_{\text{ч}} = 3,6 q_{\text{м}} V; \quad (6.43)$$

при перемещении штучных грузов на подвесном круговом конвейере

$$q_{\text{ч}} = 3,6 Q_{\text{шт}} V / l_0; \quad (6.44)$$

при перемещении штучных грузов в специальной таре по  $p$  штук на поточной линии цеха

$$q_{\text{ч}} = 3,6 Q_{\text{шт}} p V / l_0, \quad (6.45)$$

где  $q_{\text{м}}$  — масса груза, приходящегося на 1 м длины конвейера, кг/м;  $p$  — величина транспортной партии, шт.

### Типовые задачи с решениями

**Задача 6.12.** Согласно шахматной ведомости (см. табл. 6.8) на завод со станции железной дороги необходимо перевезти 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. Число рабочих дней в году — 255. Режим работы — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Потери времени на плановые ремонты автомашин составляют 4%. Коэффициент использования грузоподъемности автомашины — 0,8.

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

*Решение*

1. Время пробега автомобиля в одну сторону рассчитываем по формуле (6.34):

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

2. Длительность одного рейса определяем по формуле (6.35):

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

3. Эффективный фонд времени работы единицы транспортного средства составляет

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

4. Необходимое число автомашин определяем по формуле (6.28):

$$K_{\text{т.с}} = \frac{10000}{5 \cdot 0,8 \cdot 1958 \cdot 2 \cdot 60} \left( \frac{2 \cdot 5600 \cdot 60}{42000} + 40 + 25 \right) = 0,81 \approx 1 \text{ машина.}$$

5. Число рейсов, совершаемых транспортными средствами за сутки, рассчитываем по формуле (6.36):

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

6. Массу груза, перевозимого за одни сутки, определяем, исходя из формулы (6.33):

$$Q_c = \frac{Q_u}{D_p k_n} = \frac{10000}{255 \cdot 0,85} = 46 \text{ т.}$$

7. Производительность автомашины рассчитываем по формуле (6.37):

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

8. Коэффициент загрузки транспортных средств рассчитываем, исходя из формулы (4.13):

$$K_{\text{з.т.с}} = K_{\text{т.с.расч}} / K_{\text{т.с.пр}} = 0,81 / 1 = 0,81.$$

**Задача 6.13.** Суточный грузооборот двух цехов  $Q = 14$  т. Маршрут пробега автокара двусторонний. Средняя скорость движения автокара по маршруту  $V_{cp} = 60$  м/мин. Грузоподъемность автокара  $q = 1$  т. Расстояние между цехами  $L = 300$  м. Время погрузки-разгрузки автокара в первом цехе  $t_1 = 16$  мин и во втором  $t_2 = 18$  мин. Коэффициент использования грузоподъемности автокара  $k_{ис} = 0,8$ ; коэффициент использования времени работы автокара  $k_b = 0,85$ . Режим работы автокара — двухсменный. Определить необходимое число автокаров и производительность автокара за один рейс.

*Решение*

1. Время работы автокара по маршруту в одну сторону определяем по формуле (6.34):

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

2. Длительность одного рейса рассчитываем по формуле (6.35):

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

3. Необходимое число транспортных средств определяем по формуле (6.29):

$$K_{т.с} = \frac{Q_{шт}}{q F_s K_{ис} K_{см}} \left( \frac{2L}{V_{ср}} + t_3 + t_p \right) = \frac{14}{1 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 2 \cdot 60} \times \\ \times \left( \frac{2 \cdot 300}{60} + 16 + 18 \right) = 0,94 \approx 1 \text{ автокар.}$$

4. Число рейсов, совершаемых транспортными средствами за сутки, определяем по формуле (6.36):

$$P = \frac{480 \cdot 2 \cdot 0,85}{44} = 18,5 \approx 19 \text{ рейсов.}$$

5. Производительность автокара рассчитываем по формуле (6.37):

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

**Задача 6.14.** Ежедневный завоз из центрального склада завода 10 т металлов в пять цехов производится электрокаром грузоподъемностью 1 т. Кольцевой маршрут с затухающим грузопотоком составляет 1000 м. Скорость движения

электрокара — 40 м/мин. Время погрузки каждого электрокара на складе — 10 мин, разгрузки в каждом цехе — 5 мин (в среднем). Склад работает в одну смену. Коэффициент использования времени работы электрокара — 0,85, средний коэффициент использования номинальной грузоподъемности — 0,8. Определить необходимое количество электрокаров и средний коэффициент их загрузки, число рейсов за смену.

*Решение*

1. Необходимое количество электрокаров определяем, исходя из формулы (6.31):

$$K_{т.с} = \frac{Q_{шт}}{qF_0 K_{ис} K_{ис} 60} \left( \frac{L'}{V_{ср}} + t_3 + k_{пр} t_p \right) = \frac{10}{1 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 60} \times \left( \frac{1000}{40} + 10 + 5 \cdot 5 \right) = 1,95 \approx 2 \text{ автокара.}$$

2. Коэффициент загрузки транспортных средств рассчитываем, исходя из формулы (4.13):

$$K_{з.т.с} = K_{т.с.расч} / K_{т.с.пр} = 1,95/2 = 0,98.$$

3. Число рейсов за смену определяем, исходя из формул (6.35) и (6.36):

$$P = \frac{t_{см} K_{см} k_B}{\frac{L}{V_{ср}} + t_3 + k_{пр} t_p} = \frac{8 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 0,85}{\frac{1000}{40} + 10 + 5 \cdot 5} = 6,8 \approx 7 \text{ рейсов.}$$

**Задача 6.15.** Доставка деталей из цехов (литейного, механикообрабатывающего и термического) в сборочный осуществляется электрокаром номинальной грузоподъемностью 1 т. Суточный грузооборот — 15 т. Колбцевой маршрут с возрастающим грузопотоком составляет 1200 м. Скорость движения электрокара — 40 м/мин. Погрузка в каждом из цехов в среднем составляет 5 мин, а разгрузка в сборочном цехе — 15 мин. Режим работы цехов — двухсменный. Коэффициент использования номинальной грузоподъемности — 0,8, коэффициент использования времени работы электрокара — 0,85. Определить необходимое количество транспорт-

ных средств, коэффициент их загрузки и число рейсов за сутки.

*Решение*

1. Необходимое количество электрокаров определяем по формуле (6.30):

$$K_{т.с} = \frac{15}{1 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,85 \cdot 60} \left( \frac{1200}{40} + 3 \cdot 5 + 15 \right) = 1,38 \approx 2 \text{ электрокара.}$$

2. Коэффициент загрузки оборудования рассчитываем, исходя из формулы (4.13):

$$K_{з.т.с} = K_{т.с.расч} / K_{т.с.пр} = 1,38 / 2 = 0,69.$$

3. Число рейсов за сутки определяем, исходя из формул (6.35) и (6.36):

$$P = \frac{t_{см} K_{см} k_v}{\frac{L}{V_{ср}} + k_{тр} t_z + t_p} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 0,85}{\frac{1200}{40} + 3 \cdot 5 + 15} = 13,6 \approx 14 \text{ рейсов.}$$

**Задача 6.16.** Электромостовой кран механосборочного цеха за смену транспортирует 28 изделий. На погрузку и разгрузку одного изделия требуется 10 мин. Кран движется со скоростью 30 м/мин. Протяженность трассы крана — 80 м. Коэффициент использования фонда времени работы крана — 0,9. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Определить необходимое количество кранов и коэффициент их загрузки.

*Решение*

1. Время одного рейса рассчитываем, исходя из формулы (6.35):

$$T_p = \frac{2L}{v_{с.р}} + t_{з.р} = \frac{2 \cdot 80}{30} + 10 = 15,3 \text{ мин.}$$

2. Необходимое число кранов определяем по формуле (6.41):

$$K_{экр} = \frac{15,3 \cdot 28}{8 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,99 \approx 1 \text{ электрокар.}$$

3. Коэффициент загрузки крана составляет

$$K_{з.э.к} = K_{эк.расч} / K_{эк.пр} = 0,99/1 = 0,99.$$

**Задача 6.17.** Подача деталей на сборку осуществляется напольным конвейером. Суточный грузопоток составляет 36,2 т при массе одной детали (в среднем) 2 кг. Шаг конвейера — 0,75 м. Скорость движения конвейера — 0,25 м/с. Режим работы цеха — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Потери рабочего времени на плановые ремонты составляют 5 %. Определить необходимое количество конвейеров и их пропускную способность.

*Решение*

1. Необходимое число конвейеров определяем по формуле (6.38):

$$K_{ш} = \frac{36,2 \cdot 0,75}{3,6 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,95} = 0,99 \approx 1 \text{ конвейер.}$$

2. Пропускную способность конвейера рассчитываем по формуле (6.45):

$$q_{ч} = 3,6 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \frac{0,25}{0,75} = 2,4 \text{ т/ч.}$$

**Задача 6.18.** Подвесной транспортный конвейер подает ежедневно для механообработки 432 заготовки. Масса одной заготовки (средняя) — 5 кг. Конвейер движется со скоростью 3 м/мин. Длина рабочей ветви конвейера — 78 м. На каждый грузовой крюк навешивают по две заготовки. Режим работы — односменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Коэффициент использования фонда времени работы конвейера — 0,9. Определить число грузовых крюков конвейера, его шаг и часовую производительность.

*Решение*

1. Число грузовых крюков на конвейере определяем по формуле (6.40):

$$A_{к} = \frac{432 \cdot 78}{2 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 60} = 13 \text{ крюков.}$$

2. Такт поточной линии рассчитываем по формуле (4.4):

$$r = \frac{F_3}{N_3} = \frac{8 \ 60 \ 0,9}{432} = 1 \text{ мин/шт.}$$

3. Ритм поточной линии определяем по формуле (4.5):

$$R = rp = 1 \ 2 = 2 \text{ мин/партию.}$$

4. Шаг конвейера определяем, исходя из формулы (4.15):

$$l_0 = VR = 3 \ 2 = 6 \text{ м.}$$

5. Пропускную способность конвейера рассчитываем по формулам

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

или

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

### Задачи для решения

**Задача 6.19.** Суточный выпуск деталей на механическом участке составляет 80 шт. Каждая деталь транспортируется электромостовым краном на расстояние 75 м. Скорость движения крана — 40 м/мин. На каждую деталь массой 30 кг при ее погрузке и разгрузке производится по 4 операции, каждая длительностью по 3 мин. Режим работы участка — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Время, затрачиваемое на плановые ремонты, составляет 15%. Определить время, затрачиваемое на один рейс крана, число электрокранов и их часовую производительность.

**Задача 6.20.** Месячный грузооборот между двумя цехами составляет 50 т. Заготовки поступают из заготовительного цеха в механообрабатывающий на автокарах номинальной грузоподъемностью 1 т, которые движутся со скоростью 40 м/мин. На погрузку заготовок в заготовительном цехе необходимо 10 мин, а на их разгрузку в механообрабатывающем — 6 мин. Расстояние между цехами — 500 м. Коэффициент использования грузоподъемности автокара — 0,75,



коэффициент использования фонда времени — 0,9. Режим работы — двухсменный. Число рабочих дней в месяце — 21. Определить необходимое количество автокаров, число ежедневных рейсов и часовую производительность автокара.

**Задача 6.21.** Сменный грузооборот механического и термического цехов составляет 10 т. Маршрут движения электрокаров между цехами — маятниковый двусторонний. Расстояние между цехами — 600 м. Номинальная грузоподъемность электрокара — 1 т, скорость его движения 40 м/мин. Погрузка деталей в каждом цехе требует 10 мин, а разгрузка — 6 мин. Длительность смены — 8 ч. Коэффициент использования грузоподъемности — 0,8, коэффициент использования фонда времени — 0,9. Определить необходимое число электрокаров, коэффициент их загрузки и число рейсов каждого электрокара за смену.

**Задача 6.22.** Центральный инструментальный склад каждые два дня снабжает инструментом шесть цехов завода. Завоз инструментов суммарной массой 2 т производится на электрокарах, грузоподъемность каждого из которых 1 т. Маршрут движения — кольцевой с затухающим грузопотоком протяженностью 1500 м. Скорость движения электрокаров — 50 м/мин. На сортировку и погрузку инструмента в инструментальном складе требуется 30 мин, а на разгрузку в каждом цехе затрачивается (в среднем) 6 мин. Коэффициент использования номинальной грузоподъемности электрокара — 0,7; коэффициент использования фонда времени работы электрокаров — 0,85. Режим работы склада — односменный. Определить необходимое число электрокаров, число рейсов и коэффициент загрузки электрокаров.

**Задача 6.23.** В сборочный цех поступают детали и мелкие сборочные единицы из четырех цехов завода на электрокарах номинальной грузоподъемностью 1 т. Маршрут — кольцевой с возрастающим грузопотоком протяженностью 1,5 км. Суммарный суточный грузооборот — 20 т. Скорость движения электрокара — 50 м/мин. Время погрузки в каждом цехе (в среднем) составляет 8 мин, а время разгрузки

в сборочном цехе — 20 мин. Режим работы электрокаров — двухсменный. Продолжительность смены — 8 ч. Коэффициент использования фонда времени работы электрокаров — 0,9, коэффициент использования номинальной грузоподъемности — 0,8. Определить необходимое число электрокаров, коэффициент их загрузки, число ежедневных рейсов, производительность одного рейса.

**Задача 6.24.** Сборка изделия А производится на напольных конвейерах. Пропускная способность конвейера 16 т/сутки при работе в две смены с двумя регламентированными перерывами по 10 мин в каждую смену. Средняя масса изделия 6 кг. Скорость движения конвейера — 0,3 м/с. Шаг конвейера — 1 м. Определить необходимое число конвейеров и коэффициент их загрузки, часовую пропускную способность конвейера.

**Задача 6.25.** Формовочная смесь в литейном цехе подается конвейером, движущимся со скоростью 0,25 м/с. Суточный объем подаваемой смеси составляет 65 т. Средняя плотность смеси — 1,4 т/м<sup>3</sup>. Ширина ленты конвейера — 35 см. Высота нагружаемой смеси — 10 см. Режим работы конвейера — односменный, продолжительность смены — 7 ч. Коэффициент использования фонда времени — 0,85. Определить необходимое число конвейеров и коэффициент их загрузки.

## Организация складского хозяйства

### Методические указания

Общая площадь склада определяется по формуле

$$S = S_{\text{пол}} / K_{\text{исп}}, \quad (6.46)$$

где  $S_{\text{пол}}$  — полезная площадь склада, непосредственно занятая хранимыми материалами, м<sup>2</sup>;  $K_{\text{исп}}$  — коэффициент использования площади склада, учитывающий вспомогательную площадь для проездов, приема и выдачи материалов, весов, шкафов, стола кладовщика и т.д.

Полезная площадь рассчитывается в зависимости от способа хранения материалов по следующим формулам:

при напольном хранении в штабелях

$$S_{\text{пол}} = Z_{\text{max}}/q_g; \quad (6.47)$$

при хранении в стеллажах

$$S_{\text{пол}} = S_{\text{ст}}n_{\text{ст}}, \quad (6.48)$$

где  $Z_{\text{max}}$  — величина максимального складского запаса материалов, определяемого по формуле  $Z_{\text{max}} = Q_{\text{кв}} + Q_{\text{с}}T_{\text{с}}$ ;  $q_g$  — допустимая масса груза на  $1 \text{ м}^2$  площади пола (согласно справочным данным), т (кг);  $S_{\text{ст}}$  — площадь, занимаемая одним стеллажом,  $\text{м}^2$ ;  $n_{\text{ст}}$  — расчетное количество стеллажей, определяемое по выражению

$$n_{\text{ст}} = \frac{Z_{\text{max}}}{V_0 k_{\text{зп}} q_y}; \quad (6.49)$$

$$V_0 = abh, \quad (6.50)$$

где  $V_0$  — объем стеллажа,  $\text{м}^3$  ( $\text{см}^3$ );  $k_{\text{зп}}$  — коэффициент заполнения объема стеллажа;  $q_y$  — плотность хранимого материала,  $\text{т}/\text{м}^3$  ( $\text{г}/\text{см}^3$ );  $a$ ,  $b$  и  $h$  — соответственно длина, ширина и высота стеллажа, м.

Принятое количество стеллажей устанавливается после проверки соответствия их числа допустимой нагрузке по формуле

$$n_{\text{ст.пр}} = \frac{Z_{\text{max}}}{S_{\text{ст}} q_g}. \quad (6.51)$$

### Типовые задачи с решениями

**Задача 6.26.** Токарные резцы хранятся на инструментальном складе в клеточных стеллажах. Размеры двустороннего стеллажа  $1,2 \times 4$  м, высота — 2 м. Годовой расход резцов достигает  $N = 100$  тыс. шт. Средние размеры токарного резца  $30 \times 30$  мм длиной 250 мм при плотности стали  $8 \text{ г}/\text{см}^3$ . Инструмент поступает ежеквартально партиями со специализированного завода. Страховой запас установлен 20 дней. Коэффициент заполнения стеллажей по объему — 0,3. Вспо-

могательная площадь составляет 50 % общей площади склада. Склад работает 250 дней в году. Допустимая масса груза на 1 м<sup>2</sup> площади пола — 2 т. Определить необходимую складскую площадь для хранения токарных резцов.

*Решение*

1. Среднюю массу одного резца рассчитываем по формуле

$$Q_{\text{шт}} = \frac{a'b'h'q_y}{1000 \cdot 1000} = \frac{30 \cdot 30 \cdot 250 \cdot 8}{1000 \cdot 1000} = 1,8 \text{ кг,}$$

где  $a'$  и  $b'$  — средние торцовые размеры резца, мм;  $h'$  — средняя длина резца, мм;  $q_y$  — плотность стали, из которой изготовлены токарные резцы, г/см<sup>3</sup>.

2. Общую массу токарных резцов в объеме их годового расхода определяем по формуле

$$Q_{\Gamma} = Q_{\text{шт}} N = 1,8 \cdot 100\,000 = 180\,000 \text{ кг.}$$

3. Среднесуточную потребность в токарных резцах определяем по формуле

$$Q_{\text{с}} = Q_{\Gamma} / D_{\text{р}} = 180\,000 : 250 = 720 \text{ кг,}$$

где  $D_{\text{р}}$  — число рабочих дней в году.

4. Объем квартальных поставок токарных резцов составляет

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\Gamma} / 4 = 180\,000 : 4 = 45\,000 \text{ кг.}$$

5. Максимальный запас токарных резцов на складе определяем по формуле

$$Z_{\text{max}} = Q_{\text{кв}} + Q_{\text{с}} T_{\text{с}} = 45\,000 + 720 \cdot 20 = 59\,400 \text{ кг.}$$

6. Объем стеллажа рассчитываем по формуле (6.50):

$$V_0 = 1,2 \cdot 4 \cdot 2 = 9,6 \text{ м}^3.$$

7. Необходимое число стеллажей для хранения максимального запаса резцов определяем по формуле (6.49):

$$n_{\text{ст р}} = \frac{59\,400}{9,6 \cdot 0,3 \cdot 8 \cdot 1000} = 2,6 \approx 3 \text{ стеллажа.}$$

8. Полезную площадь, занимаемую стеллажами, определяем по формуле (6.48):

$$S_{\text{пол}} = 1,2 \cdot 4 \cdot 3 = 14,4 \text{ м}^2.$$

9. Проверку соответствия принятого числа стеллажей допустимой нагрузке осуществляем по формуле (6.51):

$$n_{\text{ст.пр}} = \frac{59\,400}{1,2 \cdot 4 \cdot 2000} = 6 \text{ стеллажей.}$$

Проверка соответствия принятого числа стеллажей расчетному показывает, что для хранения такого объема материальных ценностей необходимо иметь 6 стеллажей, следовательно,  $S_{\text{пол}} = 28,8 \text{ м}^2$ .

10. Общую площадь склада, необходимую для хранения токарных резцов, определяем по формуле (6.46):

$$S = \frac{1,2 \cdot 4 \cdot 6}{0,5} = 57,6 \text{ м}^2.$$

**Задача 6.27.** Годовая программа выпуска изделия А составляет 50 тыс. шт. На изготовление единицы изделия требуется 800 г меди, которая поступает на завод ежеквартально. Страховой (минимальный) запас меди установлен на 20 дней. Склад работает в течение года 255 дней. Хранение меди на складе напольное (в штабелях). Допустимая масса груза на  $1 \text{ м}^2$  площади пола — 2 т. Определить общую площадь склада, если коэффициент ее использования составляет 0,65.

*Решение*

1. Годовую потребность в меди рассчитываем по формуле

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{шт}} N = 0,8 \cdot 50\,000 = 40\,000 \text{ кг.}$$

2. Среднесуточную потребность предприятия в меди определяем по формуле

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{г}} / D_{\text{р}} = 40\,000 / 255 = 156,9 \text{ кг.}$$

3. Объем квартальных поставок меди составляет

$$Q_{\text{кв}} = Q_{\text{г}} / 4 = 40\,000 / 4 = 10\,000 \text{ кг.}$$

4. Максимальный запас меди на складе определяем по формуле (6.67):

$$Z_{\text{мах}} = 10\,000 + 156,9 \cdot 20 = 13\,138 \text{ кг.}$$

5. Полезную площадь склада рассчитываем по формуле (6.47):

$$S_{\text{пол}} = 13138 : 2000 = 6,57 \text{ м}^2.$$

6. Общую площадь склада определяем по формуле (6.46):

$$S = 6,57 : 0,65 = 10,1 \text{ м}^2.$$

### Задачи для решения

**Задача 6.28.** Завод потребляет в год 60 т листового свинца (плотность  $11,4 \text{ кг/дм}^3$ ), который поступает на завод через каждые 2 мес. Гарантийный запас свинца — 20 дней. Склад работает 255 дней в году. Листы свинца хранятся на полочных стеллажах размером  $1,8 \times 1,5$  м и высотой 2 м. Коэффициент заполнения стеллажей по объему — 0,5. Допустимая масса груза на  $1 \text{ м}^2$  площади пола — 2 т. Определить необходимую общую площадь склада, если коэффициент ее использования равен 0,7.

**Задача 6.29.** Годовой расход черных металлов на заводе составляет 500 т. Металл поступает периодически в течение года шесть раз. Страховой запас — 15 дней. Склад работает 260 дней в году. Хранение металла на складе — напольное. Допустимая масса груза на  $1 \text{ м}^2$  площади пола — 2 т. Определить необходимую общую площадь склада, если коэффициент ее использования равен 0,7.

**Задача 6.30.** В центральном инструментальном складе строгальные резцы хранятся на клеточных двусторонних стеллажах размером  $1,2 \times 4$  и высотой 1,8 м. Средние размеры резца —  $35 \times 35$  мм, длина — 300 мм. Плотность материала резца —  $7,8 \text{ г/см}^3$ . Годовой расход резцов принят 50 тыс. шт. Инструментальный склад снабжается резцами ежеквартально. Гарантийный запас инструмента составляет 15 дней. Коэффициент заполнения стеллажей по объему — 0,4. Склад работает 260 дней в году. Допустимая масса груза на  $1 \text{ м}^2$  площади пола — 1,8 т. Определить необходимую площадь для хранения строгальных резцов, если вспомогательные площади составляют 40 % общей площади.

**Задача 6.31.** Годовой расход листовой стали на заводе составляет 380 т. Сталь поступает на завод ежеквартально партиями и хранится на центральном складе. Страховой (резервный) запас предусмотрен в размере 15-дневной потребности. Стальные листы (плотность  $7,8 \text{ кг/дм}^3$ ) хранятся на полочных стеллажах размером  $1,82 \times 1,5$ , высотой 2 м. Объем стеллажей используется на 65 %. Определить расчетное и принятое количество стеллажей, если склад работает 260 дней в году, а допускаемая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  пола составляет 2 т.

## Организация инструментального хозяйства

### Методические указания

Расход режущего инструмента определенного типоразмера рассчитывается по формуле

$$K_p = \frac{N t_m n_n}{60 T_{\text{изн}} (1 - R)}, \quad (6.52)$$

где  $N$  — число деталей, обрабатываемых данным инструментом по годовой программе, шт.;  $t_m$  — машинное время на 1 деталиеоперацию, мин;  $n_n$  — число инструментов, одновременно работающих на станке, шт.;  $T_{\text{изн}}$  — машинное время работы инструмента до полного износа, ч;  $R$  — коэффициент преждевременного износа инструмента, принимается  $R = 0,05$ .

Машинное время работы инструмента до полного износа определяется по формуле

$$T_{\text{изн}} = \left( \frac{L}{l} + 1 \right) t_{\text{ст}}, \quad (6.53)$$

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

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

$$K_p = \frac{NH_p}{n_p}, \quad (6.54)$$

где  $H_p$  — норма расхода инструмента на расчетную единицу;  $n_p$  — число деталей, принятое за расчетную единицу, шт.

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

$$K_p = \frac{F_s K_m K_{уц}}{T_{изн}(1-R)}, \quad (6.55)$$

где  $K_m$  — коэффициент машинного времени;  $K_{уц}$  — коэффициент участия данного инструмента в обработке деталей.

Потребность в мерительном инструменте рассчитывается по формуле

$$K_{м.и} = \frac{Na_v n_{в.к}}{n_{пр.и}(1-R)}, \quad (6.56)$$

где  $a_v$  — число измерений на одну деталь;  $n_{в.к}$  — выборочность контроля, дес. долей;  $n_{пр.и}$  — количество измерений, выдерживаемых данным инструментом до полного износа.

Для калибров и скоб норма износа определяется по формуле

$$n_{пр.и} = Va_g Ba_p, \quad (6.57)$$

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

Величина потребности матриц штампа определяется по формуле

$$K_{ш} = \frac{N}{n_{ш}}, \quad (6.58)$$

где  $n_{ш}$  — норма износа матрицы штампа.

$$n_{ш} = \left( \frac{L}{l} + 1 \right) Uk_{ш}, \quad (6.59)$$

где  $L$  — величина допустимого стачивания матрицы, мм;  $U$  — число ударов между двумя переточками;  $l$  — средний



слой металла, снимаемого при переточке, мм;  $k_{ш}$  — коэффициент, учитывающий снижение стойкости штампа после переточки.

Размер цехового оборотного фонда инструмента определяется по формуле

$$Z_{ц} = Z_{р.м} + Z_{р.з} + Z_{к}, \quad (6.60)$$

где  $Z_{р.м}$  — количество инструментов, находящихся на рабочих местах, шт.;  $Z_{р.з}$  — количество режущих инструментов, находящихся в заточке и на восстановлении, шт.;  $Z_{к}$  — количество режущих инструментов, находящихся в инструментально-раздаточных кладовых, шт.

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

$$Z_{р.м} = \frac{T_{м}}{T_{с}} C_{пр} n_{н} + C_{пр} (1 + k_{з}), \quad (6.61)$$

где  $T_{м}$  — период между подачами инструмента к рабочим местам, ч;  $T_{с}$  — период между сменами инструмента на станке, ч;  $n_{н}$  — число инструментов, одновременно применяемых на одном рабочем месте;  $k_{з}$  — коэффициент резервного запаса инструмента на каждом рабочем месте (как правило,  $k_{з} = 1$ , а на многолезцовых станках  $k_{з} = 2 \dots 4$ ).

Периодичность смены инструмента определяется по формуле

$$T_{с} = \frac{t_{шт}}{t_{м}} t_{ст}, \quad (6.62)$$

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

Количество инструментов, находящихся в заточке, рассчитывается по формуле

$$Z_{р.з} = \frac{T_{з}}{T_{м}} C_{пр} n_{н}, \quad (6.63)$$

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

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

$$Z_k = Q_p t_n (1 + k_3), \quad (6.64)$$

где  $Q_p$  — среднесуточный расход инструментов за период между очередными поступлениями их из центрального инструментального склада, шт.,  $Q_p = K_p/360$ ;  $k_3$  — коэффициент резервного (страхового) запаса инструмента в инструментально-раздаточной кладовой, принимается  $k_3 = 0,1$ ;  $t_n$  — период между поставками инструмента из центрального инструментального склада в инструментально-раздаточную кладовую цеха, как правило, поставки производят два раза в месяц, т.е.  $t_n = 15$  дней.

Норма запаса инструментов на центральном инструментальном складе устанавливается в соответствии с системой «минимум-максимум» (рис. 6.6).

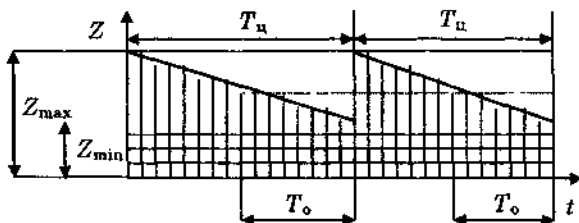


Рис. 6.6. График изменения запаса инструментов на центральном инструментальном складе по системе «минимум-максимум»

По этой системе создаются три нормы запаса:

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

$$Z_{\min} = Z_{\text{стр}}; \quad (6.65)$$

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

$$Z_{т.з} = Z_{\min} + T_0 Q_p, \quad (6.66)$$

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

3) максимальная норма запаса достигается в момент поступления заказа инструмента и определяется по формуле

$$Z_{\max} = Z_{\min} + T_{ц} Q_p, \quad (6.67)$$

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

### Типовая задача с решением

**Задача 6.32.** Годовая программа обрабатываемых ступенчатых шлифовых валиков  $N = 500$  тыс. шт. Режим работы цеха — двухсменный. Эффективный фонд работы оборудования в одну смену  $F_э = 1975$  ч. Материал заготовки — сталь 20Х. Технологический процесс механической обработки валиков представлен в табл. 6.10.

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

#### Решение

1. Машинное время работы инструмента до полного его износа определяем по формуле (6.53), подставив в нее данные из табл. 6.11 по первому резцу:

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим типоразмерам режущего инструмента, а результаты сводим в табл. 6.11.

Таблица 6.10  
Технологический процесс механической обработки валиков

Содержание операции	Оборудование	Инструмент		Время, мин	
		режущий	измерительный	$t_m$	$t_{шт}$
Обточить начисто: передний суппорт — наружный диаметр с 90 до 87, с 75 до 72 и с 60 до 57 мм; задний суппорт — подрезать торцы с 90 до 57, с 72 до 25 и с 57 до 25 мм	Токарный многорезцовый станок  То же	Резцы проходные черновые 16×25 (3 шт.)	Скобы: 87 <sup>-0,5</sup> ; 72 <sup>-0,5</sup> ; 57 <sup>-0,5</sup>	1,85	3,64
		Резцы подрезные черновые 16×25 (4 шт.)	Скоба: 152 <sup>-0,5</sup>	1,96	3,48
Обточить начисто: передний суппорт — наружный диаметр с 87 до 85, с 72 до 70 и с 57 до 55 мм; задний суппорт — подрезать торцы с 85 до 55, с 85 до 70 и с 55 до 25 мм	То же  То же	Резцы проходные чистовые (3 шт.)	Скобы: 85 <sup>-0,2</sup> ; 70 <sup>-0,2</sup> ; 55 <sup>-0,2</sup>	1,43	2,47
		Резцы подрезные чистовые 16×25 (4 шт.)	Скоба 150 <sup>-0,2</sup>	1,35	2,53
Шлифовать ступень диаметром 85 мм	Круглошлифовальный станок	Шлифовальный круг	Скоба: 85 <sup>-0,1</sup>	1,82	2,64
Фрезеровать шлицы на ступени диаметром 85 мм	Фрезерный станок	Фреза червячная 90 мм	Проходной калибр	7,38	12,42

Таблица 6.11

Расчет времени работы инструмента  
до полного износа по всем типоразмерам

Инструмент	L, мм	l, мм	L/l+1	t <sub>ст</sub> , ч	T <sub>изн</sub> , ч
Резец проходной черновой	5,1	0,7	8	2,4	19
Резец подрезной черновой	2,8	0,4	8	2,4	19
Резец проходной чистовой	5,1	0,7	8	2,4	19
Резец подрезной чистовой	2,8	0,4	8	2,4	19
Шлифовальный круг	25	1,0	26	1,0	26
Фреза червячная	7,3	0,6	13	4,0	52

2. Требуемое количество режущих инструментов рассчитываем по формуле (6.52), подставив в нее данные из табл. 6.12 по проходным резцам черновой обработки:

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим типоразмерам режущего инструмента, а результаты сводим в табл. 6.12.

3. Нормы износа для скоб и калибров проходных определяем по формуле (6.57), подставив в нее соответствующие данные из табл. 6.13 по скобе 87<sup>-0,5</sup>:

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам и типоразмерам измерительного инструмента, а результаты сводим в табл. 6.13.

4. Требуемое количество измерительных инструментов рассчитываем по формуле (6.56), подставив в нее соответствующие данные из табл. 6.14 по скобе 87<sup>-0,5</sup>:

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

Таблица 6.12

Расчет потребности режущих инструментов  
всех типоразмеров

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

Таблица 6.13

Расчет нормы износа измерительного инструмента\*

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

\* Нормативы износа инструментов  $A_d$  и  $B$  принимаются по справочникам.

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам и типоразмерам измерительного инструмента, а результаты сводим в табл. 6.14.

5. Число рабочих мест на каждой операции определяем по формуле (4.12), подставив в нее соответствующие данные по первой операции (обточить начерно передний суппорт) из табл. 6.15:

$$C_{пр} = \frac{Nt_{шт}}{F_s K_{см} 60} = \frac{500000 \cdot 3,64}{1975 \cdot 2 \cdot 60} = 8 \text{ рабочих мест.}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим операциям, а результаты сводим в табл. 6.15.

6. Продолжительность периода между съемами инструмента со станка определяем по формуле (6.62), подставляя в нее соответствующие данные по резцам проходным черновым на первой операции из табл. 6.16:

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 6.14.

Таблица 6.14

Расчет потребного количества измерительных инструментов каждого типоразмера

Измерительный инструмент	$a_v$ , шт.	$n_{в.к}$	$n_{пр.и}$ , шт.	$K_M$ , шт.
Скобы:				
87 <sup>-0,5</sup>	5	0,3	36820	22
72 <sup>-0,5</sup>	4	0,2	36820	12
57 <sup>-0,5</sup>	3	0,2	36820	9
152 <sup>-0,5</sup>	2	0,1	36820	4
85 <sup>-0,2</sup>	4	0,3	36820	17
70 <sup>-0,2</sup>	5	0,2	36820	14
55 <sup>-0,2</sup>	4	0,2	36820	12
150 <sup>-0,2</sup>	2	0,1	36820	4
85 <sup>-0,1</sup>	4	0,5	36820	28
Калибры проходные для шлицов	1	0,7	15120	24

Таблица 6.15

Расчет числа рабочих мест

Содержание операции	Оборудование	$t_{шт}$ , мин	$C_{пр}$
1. Обточить начерно: передний суппорт задний суппорт	Токарный много- резцовый станок	3,64 3,48	8 7
2. Обточить начисто: передний суппорт задний суппорт	То же	2,47 2,53	5 6
3. Шлифовать ступень диаметром 85 мм	Круглошлифо- вальный станок	2,64	6
4. Фрезеровать шлицы на ступени диаметром 85 мм	Фрезерный станок	12,42	26
Итого			58

7. Количество инструментов, находящихся на рабочих местах, рассчитываем по формуле (6.61), подставляя в нее

соответствующие данные по резцам проходным черновым на первой операции из табл. 6.17:

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 6.17.

Таблица 6.16

Расчет периодичности съема инструментов со станков

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

Таблица 6.17

Расчет количества инструментов на рабочих местах

Инструмент	$T_m$ , ч	$T_c$ , ч	$C_{пр}^{пн}$ , шт.	$C_{пр}$ , шт.	$N_{в}$ , шт.	$(1+k_2)$	$Z_{p,m}$ , шт.
Резец проходной черновой	8	5	24	8	3	3	62
Резец проходной чистовой	4	4	15	5	3	4	35
Резец подрезной черновой	8	4	28	7	4	3	77
Резец подрезной чистовой	4	5	24	6	4	4	43
Шлифовальный круг	4	2	6	6	1	2	24
Фреза червячная шлицевая	8	7	26	26	1	2	82



8. Количество инструментов, находящихся в ремонте, заточке и на проверке, определяем по формуле (6.64), подставляя в нее данные из табл. 6.18 для инструментов всех видов, цикл заточки у которых равен 8 ч, а для фрезы червячной — 16 ч:

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 6.18.

9. Количество инструментов, находящихся в инструментально-раздаточной кладовой, рассчитываем по формуле (6.64), подставляя в нее соответствующие данные по резцам проходным черновым из табл. 6.19:

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

Таблица 6.18

Расчет количества инструментов в заточке, ремонте и на проверке

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 6.19.

Таблица 6.19

Расчет количества инструментов  
в инструментально-раздаточной кладовой

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

10. Цеховой оборотный фонд режущего инструмента рассчитываем по формуле (6.60), подставляя в нее соответствующие данные по резцам проходным черновым из табл. 6.17–6.19:

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

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам инструментов, а результаты сводим в табл. 6.20.

Таблица 6.20

Расчет цехового оборотного запаса инструмента

Инструмент	$Z_{p,m}$ , шт.	$Z_{p,z}$ , шт.	$Z_k$ , шт.	$Z_{ц}$ , шт.
Резец проходной черновой	62	24	118	204
Резец проходной чистовой	35	30	91	156
Резец подрезной черновой	77	28	165	270
Резец подрезной чистовой	43	48	102	193
Шлифовальный круг	24	12	128	64
Фреза червячная шлицевая	82	52	158	192

## 7. Оперативное управление производством

### 7.1. Задачи и содержание

#### оперативного управления производством

Основное содержание оперативного управления производством состоит в конкретизации плана выпуска продукции во времени и пространстве, непрерывном контроле и регулировании хода его выполнения. Иначе говоря, оперативное управление устанавливает, когда и где должны совершаться операции по изготовлению деталей, сборке изделий, производству полуфабрикатов.

В системе оперативного управления традиционно выделяют несколько фаз: планирование, учет, контроль, анализ и регулирование. Последние четыре фазы часто объединяют в функцию *диспетчирования* (рис. 7.1).

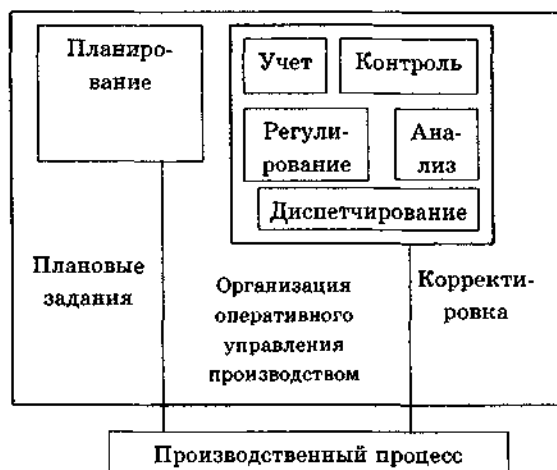


Рис. 7.1. Схема оперативного управления производством

Одной из главных функций оперативного управления является планирование. Оперативное планирование конкретизирует и обеспечивает своевременное выполнение заданий, установленных текущим планом, при этом уточняются объем и номенклатура продукции, подлежащей изготовлению в заданный период. Для каждого цеха и его подразделений устанавливаются месячные и декадные графики, производственные программы.

Задача *оперативного контроля* — сопоставление фактических параметров технологии и продукции, данных о ходе производства с нормативными величинами. Оперативный контроль реализуется на основе информации, полученной в результате оперативного учета, обеспечивающего своевременное, полное и достоверное отражение хода выполнения работ и операций, движения заготовок, деталей и изделий по каждому производственному подразделению предприятия. Оперативный анализ предназначен для своевременной оценки непрерывно изменяющегося хода производства. Объектами анализа могут быть работа оборудования и рабочих, состояние запасов материалов, незавершенного производства и т.д.

В результате анализа выявляются причины отклонения хода производства от запланированного, предлагаются организационно-технические мероприятия по их ликвидации.

Завершающий этап оперативного управления — *регулирование хода производственного* процесса на основе результатов контроля и анализа. Необходимость такого регулирования обусловлена отклонениями фактического хода производства от планового либо внесением корректировок в первоначальный план.

Рассмотрим подробнее каждую фазу оперативного управления.

*Оперативное планирование* является заключительным звеном системы планирования на предприятии и первой фазой в системе оперативного управления. Основная цель оперативного планирования — обеспечение слаженной, четкой и сопряженной работы всех подразделений предприятия,

необходимой для качественного и своевременного выполнения плановых заданий по выпуску продукции. Эта цель достигается путем согласованного и ритмичного хода производства, бесперебойной работой всех подразделений, равномерной загрузкой оборудования, сокращением производственных циклов и размеров незавершенного производства.

В процессе планирования показатели текущего плана предприятия детализируются в пространственном разрезе (по производствам, цехам, участкам) и во времени (устанавливаются плановые задания предприятию и производственным подразделениям). Планы доводятся до непосредственных исполнителей, а затем организуется процесс их выполнения. Таким образом, каждое производственное подразделение получает свой календарный план. Все планы согласованы между собой, но если в силу каких-либо причин одно из подразделений отклонится от плана, производственная система перейдет в неустойчивое состояние. Постоянный контроль за отклонениями и ликвидация их последствий являются функциями *диспетчирования*.

Основными элементами системы оперативного планирования являются планово-учетная единица, планово-учетные периоды, календарно-плановые нормативы, состав и методика расчета календарно-плановых нормативов, порядок установления производственных заданий.

Обязательным условием эффективного функционирования системы оперативного планирования производством является наличие обоснованной нормативной базы, куда входят, в частности:

календарно-плановые нормативы — продолжительность производственного цикла, размер партии и величина опережения, периодичность запуска продукции в производство, величина заделов и др.;

нормы материалоемкости — расход сырья и полуфабрикатов, материалов на единицу продукции;

нормы использования производственных мощностей — производительность оборудования, коэффициент сменности;

нормы материальной обеспеченности производства — нормы технологических, внутрицеховых и межцеховых заделов, нормы запасов сырья, полуфабрикатов.

По сфере действия оперативное планирование подразделяется на межцеховое и внутрицеховое.

## 7.2. Межцеховое и внутрицеховое оперативное планирование. Диспетчирование производства

Задачами *межцехового оперативного планирования* являются:

- определение исходных данных для расчета заданий;
- составление месячных заданий и календарных планов производства для цехов и предприятия в целом;
- составление внутримесячных заданий.

При составлении оперативных производственных программ используются следующие данные:

- годовая и квартальная программы (если есть);
- портфель заказов и договоры на поставку продукции;
- прогноз сбыта;
- календарно-плановые нормативы: размеры партий и периодичность их запуска, продолжительность производственного цикла, размеры заделов;
- нормы трудоемкости;
- результаты расчета загрузки и производительности оборудования и производственных площадей;
- результаты технико-экономического анализа работы цехов за предшествующий период времени.

В системе оперативно-производственного планирования важную роль играет расчет наиболее рациональной загрузки оборудования и производственных площадей. Очень часто эта проблема рассматривается в усеченном виде — проводится проверка соответствия оперативного задания мощности цеха. Другая, не менее важная задача — обоснование наилучшей загрузки оборудования — требует многовариантных

расчетов, и ее трудно осуществить без использования вычислительной техники.

В процессе *внутрицехового планирования* составляются оперативные месячные планы участков, смен и рабочих бригад; задания и календарные планы участков, смен, рабочих бригад на короткие отрезки времени (декаду, неделю и т.д.); суточные сменные задания для участков, смен, бригад и рабочих мест.

Основными задачами *внутрицехового планирования* при массовом и крупносерийном производстве являются:

— проверка соответствия месячного плана-задания по выпуску продукции производственной мощности, выделяемым на месяц ресурсам сырья, возможностям поставщиков полуфабрикатов;

— разработка задания отделениям, сменам;

— разработка календарного плана выпуска продукции;

— организация контроля и учета выполнения заданий цехами, отделениями, смешанными бригадами.

Для межцехового планирования и контроля за ходом выполнения планов могут использоваться различные графики — линейный, сетевые и др.

*Диспетчирование* — это система непрерывного контроля и оперативного регулирования хода производства с целью обеспечения выполнения плана в соответствии с разработанным календарным графиком. Диспетчирование представляет собой заключительный этап оперативного управления производством, его цель — оперативное руководство работой всех подразделений предприятия, занимающихся производственно-хозяйственной деятельностью. В соответствии с этим в диспетчирование включаются следующие виды работ:

— непрерывный учет и сбор информации о ходе выполнения календарных графиков производства;

— выявление отклонений от установленных плановых заданий и анализ их причин;

— принятие оперативных мер по устранению и дальнейшему предупреждению отклонений от плана;

— координация текущих работ взаимосвязанных звеньев производства для обеспечения четкого ритма производства в соответствии с календарным графиком;

— руководство оперативной подготовкой производства.

Основой для диспетчерского контроля и регулирования является своевременная и точная оперативная информация о ходе производственного процесса, возникающих неполадках и перебоях в работе отдельных подразделений. От качества, своевременности и объема информации зависит принятие оптимальных решений. Оперативный учет на предприятии строится в соответствии с применяемыми формами оперативного планирования, т.е. определяется, в первую очередь, типом и характером производства. В условиях усложнения производственного процесса возрастают требования к оптимальности оперативных решений, а значит, и к информации, на основе которой они формируются.

Диспетчерская система контроля и регулирования должна иметь предупредительный характер, что выражается в прогнозировании возможности появления отклонений от плана в условиях изменения поставок и качества сырья, выхода из строя оборудования, появления брака и т.д.

Система оперативного управления производством играет роль главного приемника и источника информации для всех основных служб предприятия (рис. 7.2). Вся текущая работа по диспетчерскому руководству производством в масштабе предприятия лежит на персонале центрального диспетчерского бюро (сменных диспетчерах и операторах), находящегося в подчинении главного диспетчера предприятия.

Организационное построение диспетчерского аппарата зависит от типа, характера и масштаба производства, производственной структуры предприятия. На крупном предприятии диспетчерская служба может быть подчинена директору по производству. В планово-диспетчерском отделе предприятия, как правило, находится центральное диспетчерское бюро, возглавляемое главным диспетчером. В его ведении находятся диспетчерские группы, которые осуществляют взаимодействие с различными структурными подразделениями по обеспечению ритмичного хода производства.





Рис. 7.2. Укрупненная схема связи службы оперативного управления производством с другими службами предприятия

На основании данных оперативного управления производством осуществляется оперативное управление всей производственно-хозяйственной деятельностью предприятия.

### 7.3. Оперативное планирование серийного и массового производства

#### Серийное производство

В условиях серийного производства, как правило, применяется покомpleктная система оперативного планирования.

Планово-учетной единицей в этом случае является не производственный заказ на изделие в целом, как в позаказной системе, а комплект деталей, входящих в изделие. Разновидностями планово-учетной единицы в данном случае могут быть: узловой комплект, групповой комплект, машино- и сутко-комплект.

*Узловой комплект* объединяет детали, образующие технологический узел. Запуск в производство планируется таким образом, чтобы завершить изготовление всех деталей узла к моменту сдачи всего комплекта на узловую сборку. Система с такой планово-учетной единицей используется в основном в мелкосерийном и среднесерийном производствах.

*Групповой комплект* формируется из деталей разных конструктивных узлов, но имеющих одинаковый или схожий технологический маршрут. При этом используются однотипные оборудование и оснастка, одинаковая периодичность запуска-выпуска или очередность подачи на сборку деталей. Система эффективно применяется в производстве с устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, как правило, при среднесерийном типе производства.

*Машино-комплект* формируется по каждому цеху из заготовок или узлов изделия конкретного наименования, которые изготавливаются в данном цехе. Например, в машино-комплект по кузнечному цеху входят все детали штамповки для конкретного изделия. Система с такой планово-учетной единицей применяется практически при всех типах производства, кроме массового.

Разновидностью данной планово-учетной единицы является условный машино-комплект. Он включает детали, входящие во все изделия, предусмотренные производственной

программой завода, в размере суточной потребности в них. За основу условного комплекта принимается изделие, имеющее наибольший удельный вес в программе завода и выпускаемое в течение всего планового периода.

При отсутствии в производственной программе изделия, имеющего преобладающий вес, в качестве планово-учетной единицы применяется *сутко-комплект*, который включает детали всех наименований для всех изделий, подлежащих изготовлению в плановом периоде из расчета среднесуточной потребности в них.

Преимущество покомплектной системы планирования перед другими заключается в том, что цех-поставщик в определенный срок обязан сдать цеху-потребителю все детали, входящие в данный комплект.

За планово-учетный период в данной системе принимают неделю или сутки.

Основными календарно-плановыми нормативами являются:

- 1) размеры серии выпускаемых изделий;
- 2) размеры партии обрабатываемых деталей, сборки узлов;
- 3) периодичность (ритмичность) запуска-выпуска деталей, узлов;
- 4) длительность производственного цикла обработки партии деталей, сборки узлов;
- 5) время опережения запуска-выпуска партии деталей, узлов, изделий;
- 6) величина уровня заделов;
- 7) нормативные планы-графики (цикловые графики и стандарт-планы).

Планово-учетными документами являются цикловые графики и задания на установленный период времени.

## Массовое производство

В условиях массового производства, как правило, применяют подетальную систему оперативного планирования.

Номенклатура на таких предприятиях узкая, объемы выпуска большие и стабильные, производство осуществляется преимущественно поточными методами.

Основной формой движения предметов труда в данном случае является параллельный поток. Заготовки, детали, сборочные единицы или собираемые изделия в основном передаются с операции на операцию или с одной поточной линии на другую не партиями, а по каждому экземпляру предметов труда, т.е. поштучно или небольшими транспортными партиями. Поэтому движение отдельных предметов труда или небольшой партии их по всему циклу производства должно быть регламентировано во времени, а перемещение от операции к операции на линии определено тактом (ритмом) потока.

За поточной линией, как правило, закрепляют изготовление одной детали или сборочной единицы.

Основной планово-учетной единицей по заводу является изделие, а по цехам — каждая отдельная деталь, сборочная единица.

За планово-учетный период в данной системе принимают сутки, смену или час.

Основными календарно-плановыми нормативами являются: такт (ритм) поточной линии; длительность технологического и производственного циклов; внутрелинейные и межлинейные заделы; число рабочих мест и коэффициенты их загрузки; другие календарно-плановые нормативы в зависимости от применяемой поточной линии (см. гл. 4).

Планово-учетными документами являются графики работы поточных линий (стандарт-планы).

## 7.4. Зарубежный опыт оперативного управления производством

Как уже отмечалось, одной из основных функций оперативного управления производством является координация деятельности производственных подразделений во времени, чтобы продукция изготавливалась в заданном количестве в заданное время. Однако это не всегда удается, что приводит к неэффективному использованию ресурсов. Чтобы обеспечить непрерывность производственного процесса, приходится создавать задел, позволяющий определенное время продолжать производство. Однако постоянное поддержание большого запаса имеет свои недостатки — большие накладные расходы.

Полагаться в такой ситуации на методы централизованного планирования, определяющего производственные графики сразу для всех стадий процесса производства, не всегда можно. Но существует и другая система, обеспечивающая оперативное регулирование количества произведенной продукции на каждой стадии производства, — так называемая система «точно вовремя».

*Система «точно вовремя» (система «Канбан»)* была впервые разработана и применена на практике в японской автомобильной компании «Тойота». На первый взгляд, принципы системы «точно вовремя» находятся в противоречии с традиционными принципами организации производства. Суть системы сводится к отказу от производства крупными партиями и созданию непрерывного многопредметного производства. При этом снабжение осуществляется малыми партиями и, по существу, превращается в поштучное.

Смысл работы по системе «точно вовремя» состоит в том, чтобы на всех фазах производственного цикла требуемый полуфабрикат к месту последующей производственной операции поступал именно тогда, когда это нужно. Система ориентирована на то, чтобы производить готовые изделия и поставлять их только в тот момент, когда этого требует торговая сеть, поставлять продукт на следующий этап производственного процесса, когда он там требуется.

Система «точно вовремя» является в какой-то мере «вытягивающей» — то есть такой, когда участки, расположенные на последующих этапах производственного цикла, как бы вытягивают необходимую им продукцию с предыдущего участка. Традиционная система календарного планирования, напротив, является «толкающей» системой, поскольку изготовленные на предыдущих участках изделия «выталкиваются» на последующие вне зависимости от того, есть ли в них потребность или нет.

Система «точно вовремя» в силу объективных причин получила более широкое распространение в Японии, но ее принципы могут с успехом применяться в любой другой стране. Японская система предусматривает выполнение производственных заказов не по неделям, а по дням и даже часам. При этом диспетчирование выполняют сами рабочие. Для этого может использоваться *специальная карточка* — «Канбан». Система «точно вовремя» предусматривает уменьшение размера партии, сокращение задела, практическую ликвидацию незавершенного производства, сведение к минимуму объема товарно-материальных запасов.

Учитывая, что целью любого производства является получение прибыли посредством реализации товара на рынке, рассмотрим возможности системы адаптироваться к колебаниям рыночного спроса.

Рассмотрим действие этого механизма на примере компании «Тойота».

Конечной целью системы управления производством является получение прибыли. Одним из путей повышения прибыли является сокращение издержек, которое может быть достигнуто за счет устранения потерь от излишних производственных запасов. Эта цель достигается с помощью организации производства «точно вовремя». На рынке эта концепция будет реализовываться в том случае, если поставлять пользующуюся спросом продукцию только в объемах, которые можно продать. Этого можно добиться, организовав производство, способное быстро приспосабливаться к изменениям спроса. В результате могут быть ликвидированы излишние запасы готовой продукции.

В компании «Тойота» методы, которые применяются для приспособления производства к постоянно меняющемуся спросу, называются *выравниванием производства*. Вместо того чтобы производить единственный вид продукции огромными партиями, производится весь спектр модификаций продукции в соответствии с запросами потребителей. Поэтому производство отвечает потребностям сегодняшнего дня, а складские запасы сведены до минимума.

Рассмотрим две стадии выравнивания производства (рис. 7.3). На первой стадии представлено приспособление к изменениям месячного спроса в течение года, а на второй — приспособление к ежедневным изменениям спроса в течение месяца. Первое достигается на основе месячного планирования производства и подготовки оперативных производственных планов, в которых указаны среднесуточные уровни выпуска на каждом производственном участке завода. Эти планы основаны на трехмесячном и месячном прогнозах спроса.

*Месячные производственные планы* составляются в два этапа. На первом этапе, за два месяца до планируемого, определяются модели, модификации и объемы выпуска. На втором этапе, за месяц до планируемого, составляется более подробный план. Эта справочная и директивная информация в те же сроки доводится до поставщиков.

На основании месячного производственного плана составляются *суточные производственные графики*. Полученные графики передаются в производственные подразделения, где на их основе осуществляется расчет потребностей в трудовых ресурсах, определяются основные нормы и составляются операционные карты. Суточные производственные графики составляются только для подразделения, выпускающего готовую продукцию. Это наиболее важный принцип, характеризующий всю систему производства компании «Тойота». В других системах управления производством каждый участок получает свой собственный производственный график, подготовленный центральным плановым отделом.

Как правило, оборудование на предприятиях использует-ся не на полную мощность, и существует резерв, который

вступает в работу только в момент увеличения спроса. Для увеличения суточного объема выпуска продукции используются следующие методы:

- наем временных рабочих;
- повышение интенсивности труда;
- использование сверхурочных работ;
- перемещение рабочих с других участков и др.



Рис. 7.3. Схема выравнивания производства с изменением спроса на продукцию



С другой стороны, значительно труднее приспособиться к падению спроса, но и это возможно. В период продолжительного падения спроса часть рабочих приходится увольнять. Но если период сокращения объема производства небольшой, то можно обойтись и без этой меры. Вот некоторые примеры подобных мероприятий:

- предоставление внеочередных оплачиваемых отпусков;
- перевод рабочих на другие линии и участки;
- сокращение сверхурочных работ;
- проведение совещаний кружков качества;
- отработка операций по переналадке оборудования;
- проведение профилактических и ремонтных работ;
- совершенствование оборудования и инструмента;
- изготовление комплектных изделий, ранее закупаемых у поставщиков.

На следующей стадии ежедневного управления производством основную роль в выравнивании играет система «Канбан», поскольку оперативное управление эффективнее при «вытягивании» комплектующих деталей с предыдущих участков. При использовании системы «Канбан» производство всех комплектующих изделий осуществляется по мере выпуска готовой продукции. Механизм определения объемов комплектующих деталей будет рассмотрен далее. Но спрос на продукцию меняется ежедневно, и это тоже находит отражение в организации производственного процесса по системе «Канбан».

Рассмотрим подробнее механизм реагирования производства на изменения спроса на продукцию.

За семь суток до начала новой декады на фирму поступает заказ от торгового посредника на производство автомобилей с разбивкой на модели в стандартном исполнении, то есть таких автомобилей, которые можно продать на рынке большими партиями. Эти данные используются для составления уточненных суточных производственных графиков. Другими словами, декадные заказы основываются на последнем прогнозе торгового посредника, поэтому компания может уточнить свой средний объем выпуска при подготовке новых суточных графиков производства.

Ежедневно от торговых агентов по всей стране поступают суточные заказы. Фактически торговый агент основывает свой заказ на реальном количестве заказов клиентов, поэтому все суточные заказы соответствуют спросу.

Суточный заказ, в отличие от декадного, составлен с учетом индивидуального потребителя. Здесь находят полное отражение предпочтения клиентов в оформлении и дополнительном оборудовании автомобиля. По существу, это индивидуальный заказ, но фирма все равно берется за его выполнение. Этот автомобиль сойдет с конвейера через четыре дня. Компания пользуется системой суточных заказов для уточнения своих декадных заказов и организации производства и поставок по этим уточненным заказам.

ЭВМ компании группирует заказы торговых агентов по моделям и модификациям автомобилей. Эта информация становится известна за три дня до выпуска заказанных автомобилей; таким образом предприятие своевременно уведомляется о фактическом объеме продукции, которая может быть сразу же реализована.

С учетом всей информации составляются производственные графики для главного сборочного конвейера. Такие графики ежедневно поступают на производство не ранее чем за двое суток до того, как заказанный автомобиль должен сойти с конвейера.

Постоянные колебания объемов выпуска различных моделей и модификаций вызывают колебания потребностей в комплектующих изделиях. Система «Канбан» представляет собой механизм, способный удовлетворить спрос в момент его возникновения.

Более подробно рассмотрим систему «Канбан» — механизм оперативного управления производством.

Система «Канбан» является информационной системой, которая позволяет осуществлять производство необходимой продукции в нужном количестве и в нужное время на каждом этапе производства как на заводах фирмы, так и на заводах фирм-поставщиков. «Канбан» — сопроводительная карточка в прямоугольном пластиковом конверте. В основном используется два вида карточек: карточки отбора и карточки производственного заказа.

В карточках отбора указывается вид и количество изделий, которые должны поступить с предыдущего участка; в карточке производственного заказа — вид и количество продукции, которая должна быть изготовлена на предшествующей технологической стадии.

Рассмотрим механизм использования карточек «Канбан» в производстве.

Водитель автопогрузчика прибывает к месту складирования деталей на предшествующем участке, у него имеется необходимое количество карточек отбора и пустые контейнеры. Водитель отправляется на склад только в том случае, если на его пункте отбора скопилось установленное количество карточек, присланных через диспетчера, или наступило установленное время поездки. Когда водитель забирает детали, он снимает карточки заказа, прикрепленные к каждому контейнеру. Водитель оставляет карточки заказа и пустые контейнеры на пункте сбора карточек данного производства. Снятые карточки заказа заменяются на карточки отбора. При этом карточки должны соответствовать друг другу.

Когда начинается обработка доставленных с предыдущего участка изделий, карточки отбора с освобождающихся контейнеров должны быть доставлены на пункт сбора этих карточек данного участка.

На предыдущем участке привезенные водителем карточки заказа забираются с приемного пункта в строго определенное время и оставляются на пункте сбора карточек заказа этого участка в последовательности, в какой их снимал водитель с контейнеров с готовой продукцией на месте складирования. Производство деталей на предыдущем участке ведется в соответствии с последовательностью получения этих карточек заказа.

Карточки «Канбан» сопровождают изготавливаемые на предшествующем участке изделия на всех технологических стадиях участка.

После изготовления деталь (изделие) вместе с карточкой заказа помещают на месте складирования, чтобы водитель погрузчика с предыдущего участка вновь смог бы забрать ее в установленное время.

Движение карточек «Канбан» должно быть непрерывным на всех стадиях. В результате каждый производственный участок будет получать все необходимые детали в нужное время в требуемом количестве, и таким образом будет воплощен в жизнь идеальный вариант системы «точно вовремя». Цепочка двигающихся таким образом карточек «Канбан» будет способствовать сбалансированности производственных процессов на всех стадиях производственного процесса — от склада сырья, или даже фирмы-поставщика, до склада готовой продукции.

Система «Канбан», кроме всего прочего, помогает повысить качество продукции, поскольку уменьшает вероятность появления брака на любом из этапов.

## 7.5. Методические указания, типовые задачи с решениями и задачи для решения

### Оперативное планирование серийного производства

#### Методические указания

Минимальный размер партии при работе на оборудовании, требующем значительного времени на переналадку, определяется по формуле

$$n_{\min} = \frac{t_{п.з}}{t_{шт} a_{об}}, \quad (7.1)$$

где  $t_{п.з}$  — подготовительно-заключительное время, мин;  $t_{шт}$  — норма штучного времени (с учетом выполнения норм), мин;  $a_{об}$  — допустимые потери времени на переналадку оборудования, %.

При работе на оборудовании, не требующем значительного времени на переналадку, минимальный размер партии

$$n_{\min} = t_{см} / t_{шт}, \quad (7.2)$$

где  $t_{см}$  — продолжительность смены, мин;  $t_{шт}$  — норма штучного времени (минимальная из всех выполняемых операций), мин.

Периодичность запуска-выпуска партии деталей определяется по формуле

$$R_{з.в} = n_{\min} / N_{\text{срд}}, \quad (7.3)$$

где  $N_{\text{срд}}$  — среднедневная потребность деталей, которую рассчитывают по формуле

$$N_{\text{срд}} = N_{\text{м}} / D_{\text{р}}, \quad (7.4)$$

где  $N_{\text{м}}$  — месячный выпуск изделий, шт.;  $D_{\text{р}}$  — число рабочих дней в месяце.

Оптимальный размер партии деталей определяется по формуле

$$n_{\text{н}} = R_{з.в}^2 N_{\text{срд}}. \quad (7.5)$$

Требуемое количество станков на месячную программу выпуска деталей рассчитывается по формуле

$$C_{\text{р}} = \frac{N_{\text{м}} \sum_{i=1}^m t_i + t_{\text{п.з}} m}{60 F_3 K_{\text{в}}}, \quad (7.6)$$

где  $m$  — число запусков партий деталей в производство;  $F_3$  — месячный эффективный фонд времени работы одного станка, определяемый по формуле

$$F_3 = K_{\text{см}} t_{\text{см}} D_{\text{р}} \left( 1 - \frac{a_{\text{р.об}}}{100} \right).$$

Длительность производственного цикла партии деталей определяется по формуле

$$T_{\text{ци}} = \left[ n_i \sum_{i=1}^m t_{\text{шт}i} / C_{\text{пр}i} + \sum_{i=1}^m t_{\text{п.з}} + (m-1)t_{\text{мо}} \right] K_{\text{пар}}, \quad (7.7)$$

где  $n_i$  — оптимальный размер партии деталей  $i$ -го наименования;  $t_{\text{шт}i}$  — норма штучного времени обработки детали  $i$ -го наименования на соответствующей операции, мин;  $C_{\text{пр}i}$  — принятое количество станков  $i$ -го наименования, шт.;  $m$  — число операций по обработке деталей  $i$ -го наименования;  $t_{\text{мо}}$  — межоперационное пролеживание деталей, мин;  $K_{\text{пар}}$  — коэффициент параллельности.

Различают общее и частное опережения запуска-выпуска. Под *общим опережением запуска* понимают время со дня запуска в производство партии деталей в первом ходу технологического процесса цеха и до момента окончания сборки готовых изделий, состоящих из деталей этой партии. *Опережение выпуска* меньше опережения запуска на величину длительности производственного цикла в данном цехе. Под *частным опережением* понимают время между запуском-выпуском партии деталей в предыдущем цехе и запуском-выпуском этой же партии в последующем цехе.

Величина опережения состоит из двух элементов — времени технологического опережения и времени резервного опережения.

*Время технологического опережения* определяется продолжительностью производственного цикла обработки деталей в данном цехе. Если по ходу технологического процесса величина партии не изменяется или уменьшается в кратное число раз, то время технологического опережения равно суммарной длительности производственного цикла во всех цехах:

$$T_{т.о} = \sum_{i=1}^{K_{ц}} T_{ци}, \quad (7.8)$$

где  $K_{ц}$  — число цехов, в которых обрабатывается данная партия деталей.

*Время резервного опережения* предусматривается между смежными цехами на случай возможной задержки выпуска очередной партии в предыдущем цехе. Величина такого опережения устанавливается равной 3–5 календарным дням.

Технологическое опережение определяется и пооперационно. Для этого необходимо рассчитать длительность цикла обработки партии деталей по операциям по формуле

$$T_{ц.опi} = \frac{n_{н}t + t_{п.з}}{60}. \quad (7.9)$$

*Цикловые заделы* — это внутрицеховые, в частности технологические, транспортные, оборотные и страховые заделы, а *складские* — это заделы, создаваемые между цехами.

Величина технологического задела в механообрабатывающем цехе определяется по формуле

$$Z_m = n_n T_{ц.опт} / R_{з.в}^n, \quad (7.10)$$

где  $n_n$  — оптимальный размер партии деталей, шт.;  $T_{ц.опт}$  — длительность цикла обработки партии деталей  $i$ -го наименования на рабочем месте, смен;  $R_{з.в}^n$  — принятая периодичность запуска-выпуска деталей, смен.

Величина страхового задела в механообрабатывающем цехе рассчитывается по формуле

$$Z_{стр.а} = t_{мо} N_m / T_{пл}, \quad (7.11)$$

где  $t_{мо}$  — время ожидания партии деталей между выпуском ее на предыдущем месте и запуском на последующее рабочее место, смен;  $N_m$  — программа выпуска деталей в планируемом периоде, шт.;  $T_{пл}$  — плановый период времени, смен.

*Оборотный межоперационный* задел возникает, если детали от одного рабочего места к другому передаются различными по размеру партиями. В нашей задаче детали передаются неизменными партиями, следовательно, оборотный задел не создается.

Величина *транспортного* задела устанавливается в зависимости от вида транспортных средств. Предположим, что изделия перевозятся принятыми партиями.

*Складской* задел состоит из страхового и оборотного. Средняя величина оборотного задела определяется по формуле

$$Z_{об} = (n_n^{об} - n_n^{сб}) / 2, \quad (7.12)$$

где  $n_n^{об}$  и  $n_n^{сб}$  — соответственно оптимальный размер партии деталей в механообрабатывающем (подающем) цехе и сборочном (потребляющем) цехе, шт.

## Типовая задача с решением

### Задача 7.1

Рассчитать минимальный размер партии деталей и периодичность запуска-выпуска этой партии в обработку. Определить оптимальный размер партии и потребное количество станков для обработки деталей *a, б, в, г, д, е* изделия А, месячный выпуск которого в сборочном цехе составляет 1000 шт. Число рабочих дней в месяце — 20. Режим работы механообрабатывающего цеха — двухсменный, сборочного — односменный, продолжительность рабочей смены — 8 ч. Время на плановые ремонты и переналадку оборудования составляет 6 % от номинального фонда времени. Рассчитать длительность производственного цикла обработки партии деталей в механообрабатывающем цехе, если межоперационное пролеживание партий деталей составляет 1 смену. Рассчитать длительность операционного цикла, опережение запуска-выпуска партии деталей между смежными цехами и технологическое опережение между смежными операциями в механообрабатывающем цехе. Определить величину цикловых заделов в механообрабатывающем цехе и складских заделов между механообрабатывающим и сборочным цехами. Составить календарный план-график работы механообрабатывающего цеха.

Страховой задел между смежными цехами равен однодневной потребности деталей для сборки изделия А.

Состав операций технологического процесса обработки деталей и нормы штучного времени приведены в табл. 7.1, а группировка комплекта деталей по однородности внутрицеховых технологических маршрутов и очередность их прохождения в цехе механической обработки деталей — в табл. 7.2.

### Решение

1. Расчет минимального размера партии деталей. Для определения размера партии может быть использован метод постепенного подбора, согласно которому сначала определяют минимально допустимый размер партии, а затем его корректируют, руководствуясь конкретными производственными условиями.



Таблица 7.1  
Состав операций и нормы штучного времени  
обработки деталей

Операция	Норма штучного времени детали $t$ , мин						Подготовительно- заключительное время $t_{п.з}$	Допустимые потери времени на переналадку оборудования $a_{об}$ , %
	$a$	$b$	$v$	$z$	$d$	$e$		
Фрезерная	6	10	25	2	6	6	20	4
Сверлильная	10	3	6	2	4	4	20	4
Шлифовальная	4	2	6	3	2	2	20	4
Строгальная	—	4	10	—	2	2	20	4
Зуборезная	—	9	9	—	—	—	60	5
Токарная	—	—	—	8	4	2	20	4

Таблица 7.2  
Группировка комплекта деталей МС-4М4  
по однородности технологического маршрута  
прохождения по участку

Наименование деталей, имеющих одинаковый технологический маршрут	Маршрут обработки деталей по участку механической обработки деталей
$a$	С(2,6) - Ф(1,6) - Ш(1,1)
$b$	Ф(2,6) - С(0,8) - Ст(1,1) - З(2,5) - Ш(0,6)
$v$	Ф(6,6) - С(1,6) - Ст(2,6) - З(2,5) - Ш(1,6)
$d$	Ф(3,2) - С(2,1) - Т(2,1) - Ст(1,1) - Ш(1,1)
$e$	Ф(3,2) - С(2,1) - Т(1,1) - Ст(1,1) - Ш(1,1)
$z$	Т(4,2) - С(1,1) - Ф(1,1) - Ш(1,6)

*Примечания.* 1. Условные обозначения: Ф — фрезерный, С — сверлильный, Ш — шлифовальный, Ст — строгальный, З — зуборезный, Т — токарный станки.

2. В скобках после расчета проставляется длительность обработки партии деталей в сменах.

Минимальный размер партии определяется двумя способами в зависимости от характера оборудования, на котором обрабатываются детали.

**Первый способ.** Для обработки деталей применяется оборудование, требующее значительного времени на переналадку. Применительно к нашей задаче этому требованию отвечает зуборезная операция, для выполнения которой требуется 60 мин подготовительно-заключительного времени. В данном случае для выполнения деталей *b* и *в* минимальный размер партии определяется по формуле (7.1).

**Второй способ.** Для обработки деталей применяется оборудование, не требующее значительного времени на переналадку. Применительно к нашей задаче этому требованию отвечают все остальные операции технологического процесса, требующие 20 мин подготовительно-заключительного времени. В данном случае для деталей *a*, *г*, *д* и *е* минимальный размер партии рассчитываем по формуле (7.2).

Расчет минимального размера партии деталей ведем в табличной форме (для деталей *b* и *в* применяем первый способ, а для всех остальных — второй способ). Результаты расчета сводим в гр. 2 и 3 табл. 7.3.

2. Периодичность запуска-выпуска партии деталей определяем по формуле (7.3).

Подставив в формулу (7.4) соответствующие данные, получим

$$N_{\text{срд}} = 1000 : 20 = 50 \text{ шт.}$$

Подставляем в формулу (7.3) соответствующие данные по детали *a* и получаем периодичность запуска-выпуска для этой детали

$$R_{\text{аз.в}} = 120 : 50 = 2,4 \text{ дня.}$$

Аналогично проводим расчет по всем деталям в табличной форме (см. табл. 7.3, гр. 5), а в гр. 6 проставляем удобноплалируемые ритмы.

3. Оптимальный размер партии деталей определяем по формуле (7.5).

Для детали *a* оптимальный размер партии

$$n_{\text{н}} = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ шт.}$$

Таблица 7.3  
Расчет минимального размера партии деталей

Де- таль	Расчетный минимальный размер партии деталей $n_{\text{мин}}$ , шт.		Кратность минимального размера партии деталей $N_{\text{м}} : n_{\text{мин}}$ заданию $N_{\text{м}} : n_{\text{мин}}$	Периодичность запуска деталей, раб. дней		Принятый размер партии деталей $n_{\text{п}}$
	1-й способ	2-й способ		расчетная $R_{\text{р.а.в}}$	принятая $R_{\text{р.а.в}}$	
1	2	3	4	5	6	7
a	—	480 : 4 = 120	1000 : 120 = 8,3	2,4	2,5	125
б	$60 : 90 \cdot 0,05 = 133$	—	$1000 : 133 = 7,5$	2,66	2,5	125
в	$60 : 90 \cdot 0,05 = 133$	—	$1000 : 133 = 7,5$	2,66	2,5	125
г	—	480 : 4 = 120	1000 : 240 = 4,2	4,8	5,0	250
д	—	480 : 4 = 120	1000 : 240 = 4,2	4,8	5,0	250
е	—	480 : 4 = 120	1000 : 240 = 4,2	4,8	5,0	250

Аналогично ведем расчет по всем остальным деталям в табличной форме (см. табл. 7.3, гр. 7).

4. Определяем количество партий деталей в месяц:

по деталям  $a, б, в$

$$n = N_m : n_n = 1000 : 125 = 8 \text{ партий};$$

по деталям  $г, д, е$

$$n = 1000 : 250 = 4 \text{ партии.}$$

5. Требуемое количество станков на месячную программу выпуска деталей рассчитываем по формуле (7.6).

Эффективный фонд времени работы одного станка

$$F_s = 2 \cdot 8 \cdot 20 \left( 1 - \frac{6}{100} \right) = 301 \text{ ч.}$$

Подставив в формулу (7.6) соответствующие значения по фрезерным станкам, получим

$$C_p^{\text{ф}} = \frac{1000 (6 + 10 + 25 + 2 + 6 + 6) + 20 \cdot 6}{60 \cdot 301 \cdot 1} = 3,05 \approx 3 \text{ станка.}$$

Аналогично выполняем расчеты и по другим видам оборудования. Результаты этих расчетов сводим в табл. 7.4.

6. Длительность производственного цикла партии деталей определяем по формуле (7.7).

Подставляя в формулу (7.7) соответствующие данные, получаем величины длительностей производственных циклов обработки партий деталей всех наименований:

$$T_{\text{ц}a} = \left[ 125 \left( \frac{6}{3} + \frac{10}{2} + \frac{4}{1} \right) + 3 \cdot 20 + (3 - 1) \cdot 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= [125 \cdot 11 + 3 \cdot 20 + 2 \cdot 480] \cdot 0,01 = 24 \text{ ч или } 3 \text{ смены};$$

$$T_{\text{ц}б} = \left[ 125 \left( \frac{10}{3} + \frac{3}{2} + \frac{2}{1} + \frac{4}{1} + \frac{9}{1} \right) + 4 \cdot 20 + 60 + (5 - 1) \cdot 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= [125 \cdot 19,83 + 140 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 24,8 \text{ ч или } 3,1 \text{ смены};$$

$$T_{\text{ц}в} = \left[ 125 \left( \frac{25}{3} + \frac{6}{2} + \frac{6}{1} + \frac{10}{1} + \frac{9}{1} \right) + 4 \cdot 20 + 60 + (5 - 1) \cdot 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= [125 \cdot 36,33 + 140 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 66,0 \text{ ч или } 8,2 \text{ смены};$$

Таблица 7.4  
Расчет потребного количества станков и их загрузки

Оборудование (станки)	Штучное время по деталям							$t_{п.з}$ , мин	Число запусков в месяц	Количество станков		Коэффициент загрузки обору- дования $K_3$
	$t$ , мин									$C_p$	$C_{пр}$	
	$a$	$b$	$e$	$z$	$\partial$	$e$						
Фрезерные	6	10	25	2	6	6	6	20	6	3,05	3	1,02
Сверлильные	10	3	6	2	4	4	4	20	6	1,61	2	0,80
Шлифовальные	4	2	6	3	2	2	2	20	6	1,06	1	1,02
Строгальные	—	4	10	—	2	2	2	20	4	1,00	1	1,00
Зуборезные	—	9	9	—	—	—	—	60	2	1,00	1	1,00
Токарные	—	—	—	—	4	2	2	20	3	0,77	1	0,77
Итого	20	28	56	15	18	16	16	—	—	8,49	9	0,94

$$T_{п.з} = \left[ 250 \left( \frac{2}{3} + \frac{2}{2} + \frac{3}{1} + \frac{8}{1} \right) + 4 \cdot 20 + (4 - 1) \cdot 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= [250 \cdot 12,67 + 80 + 3 \cdot 480] \cdot 0,01 = 46,9 \text{ ч или } 5,9 \text{ смены};$$

$$T_{п.д} = \left[ 250 \left( \frac{6}{3} + \frac{4}{2} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} + \frac{4}{1} \right) + 5 \cdot 20 + (5 - 1) \cdot 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= [250 \cdot 12 + 100 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 50,2 \text{ ч или } 6,3 \text{ смены};$$

$$T_{п.е} = \left[ 250 \left( \frac{6}{3} + \frac{4}{2} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} \right) + 5 \cdot 20 + (5 - 1) \cdot 480 \right] \frac{0,6}{60} =$$

$$= [250 \cdot 10 + 100 + 4 \cdot 480] \cdot 0,01 = 45,2 \text{ ч или } 5,7 \text{ смены}.$$

#### 7. Расчет опережений запуска-выпуска партии деталей.

В нашей задаче известна только длительность производственного цикла по всем партиям деталей, обрабатываемым в механическом цехе. Поэтому прежде всего необходимо выбрать максимальную периодичность запуска-выпуска. По расчету она составляет 5 дней (см. табл. 7.3). В сборочный цех детали поступают из механического цеха партиями по 250 шт., из которых будет собрано 250 изделий за 5 дней, так как суточная производительность цеха равна 50 шт. изделий. Следовательно, длительность производственного цикла сборочного цеха  $T_{ц.сб}$  составляет 5 дней. Для заготовительного цеха длительность производственного цикла  $T_{ц.з}$  примем 1 день, а для механообрабатывающего цеха по детали  $в$  — максимальную продолжительность, т.е.  $T_{ц.в} = 8,2$  смены, или 4,1 дня.

Исходя из вышеизложенного, строим график производственного процесса по детали  $в$  (рис. 7.4) и определяем опережение запуска-выпуска по этому рисунку.

Из рисунка видно, что общая длительность производственного процесса и опережения запуска составляет 16 дней.

Время технологического опережения определяем по формуле (7.8):

$$T_{т.о} = 1 + 4 + 5 = 10 \text{ дней}.$$

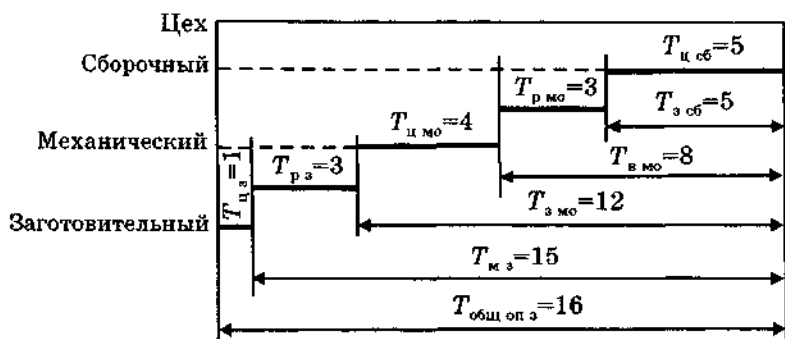


Рис. 7.4. Схема производственного процесса и опережений запуска-выпуска партии изделий:

$T_{ц.з}$ ,  $T_{ц.мо}$ ,  $T_{ц.сб}$  — длительность циклов заготовительных работ, механообработки и сборки соответственно;  
 $T_{р.з}$  и  $T_{р.мо}$  — резервное время между заготовительными и механообрабатывающими и между механообрабатывающими и сборочными работами соответственно;  $T_{з.сб}$  и  $T_{з.мо}$  — время опережения запуска в сборочный и механический цехи соответственно;  $T_{в.мо}$  и  $T_{в.з}$  — время опережения выпуска изделий из механического цеха и выпуска заготовок соответственно;  $T_{общ.оп.з}$  — общая длительность цикла и опережения запуска

Время резервного опережения

$$T_p = T_{р.з} + T_{р.мо} = 3 + 3 = 6 \text{ дней.}$$

Технологическое опережение определяется и пооперационно. Для этого необходимо рассчитать длительность цикла обработки партии деталей по операциям по формуле (7.9):

$$T'_{ц.оп.а} = \frac{125 \cdot 6 + 20}{60} = 12,83 \approx 1,6 \text{ смены;}$$

$$T''_{ц.оп.а} = \frac{125 \cdot 10 + 20}{60} = 21,16 \approx 2,6 \text{ смены;}$$

$$T'''_{ц.оп.а} = \frac{125 \cdot 4 + 20}{60} = 8,7 \approx 1,1 \text{ смены.}$$

Графически это показано на рис. 7.5.

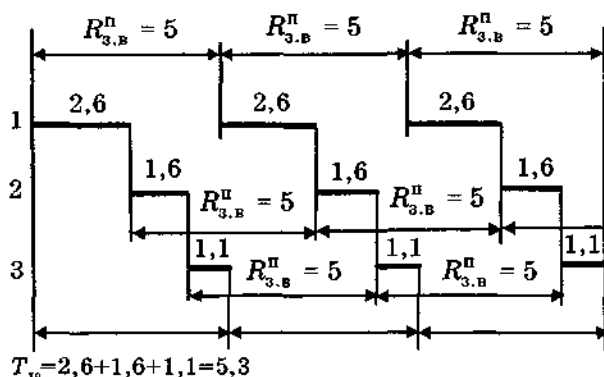


Рис. 7.5. График опережений при обработке партии деталей *a* в механообрабатывающем цехе: 1, 2, 3 — операции

Аналогично производим расчеты по всем видам деталей, строим графики и определяем время опережения запуска-выпуска. Расчет длительности цикла обработки партии деталей по операциям и технологического опережения приведен в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Расчет длительности цикла обработки партии деталей и технологического опережения запуска-выпуска

Операция	Длительность цикла обработки партии деталей по операциям, смен					
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>
Фрезерная	1,6	2,6	6,6	1,1	3,2	3,2
Сверлильная	2,6	0,8	1,6	1,1	2,1	2,1
Шлифовальная	1,1	0,6	1,6	1,6	1,1	1,1
Строгальная	—	1,1	2,6	—	1,1	1,1
Зуборезная	—	2,5	2,5	—	—	—
Токарная	—	—	—	4,2	2,1	1,1
Итого $T_{го}$	5,3	7,6	14,9	8,0	9,6	8,6



8. Определение нормативной величины цикловых и складских заделов.

Величину технологического задела в механообрабатывающем цехе определяем по формуле (7.10):

$$Z'_{\text{м.а}} = 125 \cdot 1,6 : 5 = 40 \text{ шт.}$$

Аналогично выполняем расчеты по другим операциям и деталям и результаты вписываем в табл. 7.6.

Величину страхового задела в механообрабатывающем цехе рассчитываем по каждой детали на рабочем месте по формуле (7.11):

$$Z'_{\text{стр.а}} = 1 \cdot \frac{1000}{20 \cdot 2} = 25 \text{ шт.}$$

Результаты расчета приведены в табл. 7.6.

Формирование и движение оборотных заделов представлены на рис. 7.6. При этом среднюю величину оборотного задела определяем по формуле (7.12), полученные величины складского оборотного задела заносим в табл. 7.7.

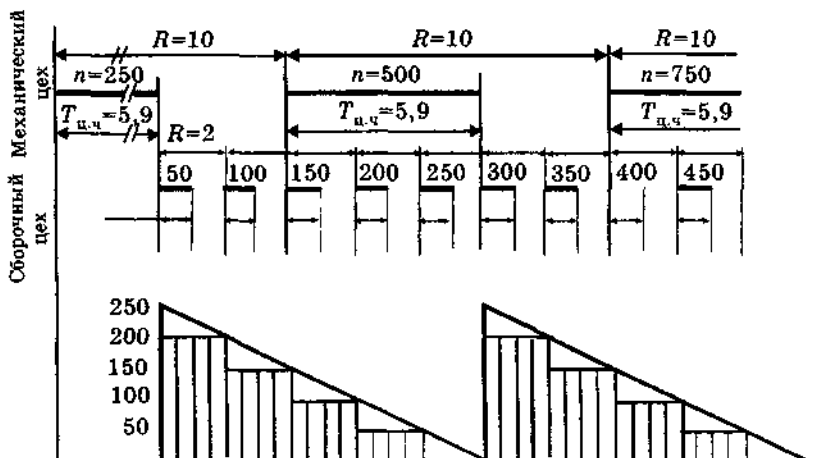


Рис. 7.6. График образования и движения заделов оборотных средств между механообрабатывающим и сборочным цехами по изготовлению изделия  $z$

Таблица 7.6

Расчет технологических и страховых заделов  
в механообрабатывающем цехе, шт.

Операция	Технологический задел						Страховой задел					
	a	б	в	г	д	е	a	б	в	г	д	е
Фрезерная	40	65	165	28	80	80	25	25	25	25	25	25
Сверлильная	62	20	40	28	52	41	25	25	25	25	25	25
Шлифовальная	27	15	40	40	28	28	25	25	25	25	25	25
Строгальная	—	27	65	—	28	28	—	25	25	—	25	25
Зуборезная	—	63	63	—	—	—	—	25	25	—	—	—
Токарная	—	—	—	105	52	28	—	—	—	—	25	25
Итого T <sub>то</sub>	132	190	190	201	240	216	75	125	125	100	125	125

9. Построение календарного плана-графика механообрабатывающего участка осуществляем на основании данных табл.7.2. График очередности обработки деталей на каждом рабочем месте приведен на рис. 7.7.

Таблица 7.7

Расчет страховых и оборотных заделов, шт.

Деталь	Складской задел		
	страховой	оборотный	всего
<i>a</i>	50	37	87
<i>б</i>	50	37	87
<i>в</i>	50	37	87
<i>г</i>	50	100	150
<i>д</i>	50	100	150
<i>e</i>	50	100	150

### Задачи для решения

**Задача 7.2.** Определить расчетно-аналитическим методом нормативные размеры партии деталей, проходящих обработку на участке, и потери от сокращения размеров партий против оптимальных.

Исходные данные. На участке обрабатываются детали десяти наименований. Годовая производственная программа  $N_p$ , себестоимость  $C_j$  и затраты на запуск партии деталей в обработку  $I_0$  приведены в табл. 7.8.

Ограничительное условие — остаток незавершенного производства на складе не должен превышать 385 тыс. руб. Затраты на хранение деталей на складе  $I_{\text{в}} = 0,2 I_{\text{оп}}$ . Коэффициент неравномерности поступления заказов — 0,5.

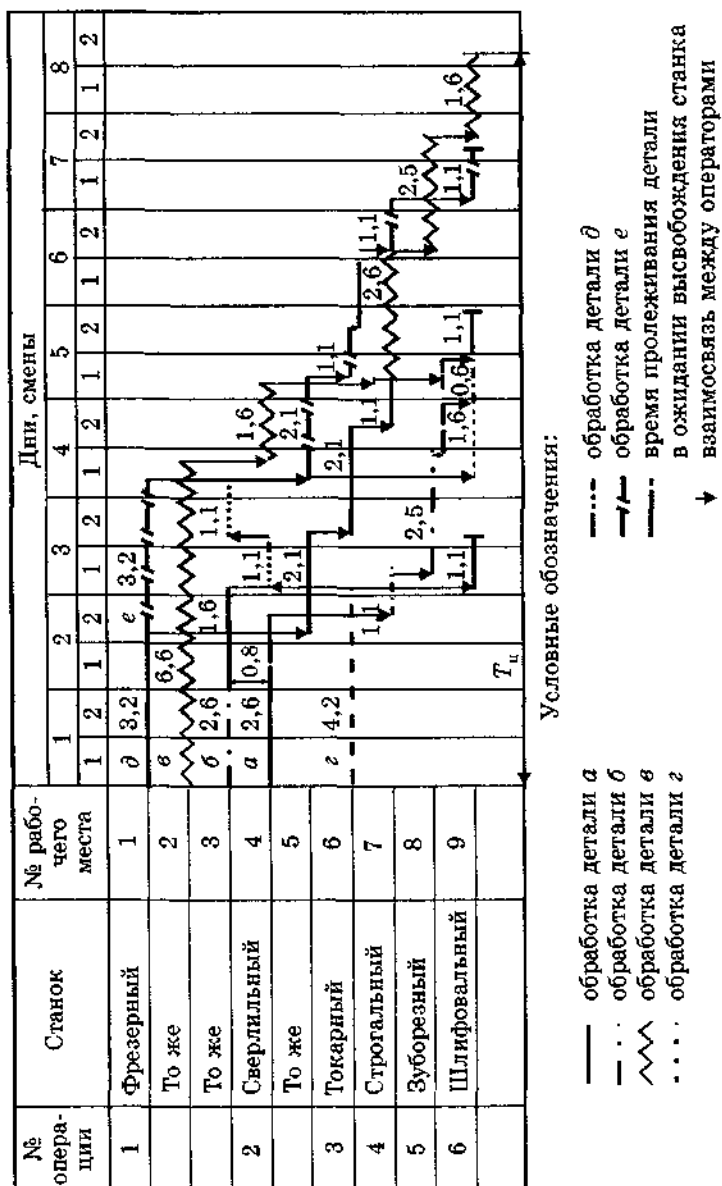


Рис. 7.7. График обработки и прохождения по участку партии деталей изделия А

Таблица 7.8

## Исходные данные для расчета

Номер детали	$N_j$ , шт.	$C_j$ , тыс. руб.	$I_{0j}$ , тыс. руб.
1	10000	0,25	0,5
2	6000	0,20	0,5
3	3000	0,40	0,5
4	2000	0,15	0,5
5	5000	0,30	0,5
6	4000	0,20	0,5
7	9000	0,70	0,5
8	1000	0,65	0,5
9	7000	0,20	0,5
10	8000	0,40	0,5

**Задача 7.3.** Определить нормативный размер партии деталей и периодичность их запуска-выпуска. Построить календарный график запуска-выпуска партии деталей на участке механической обработки. Рассчитать нормативный уровень переходящих цикловых и складских запасов.

**Исходные данные.** На участке обрабатываются мелкие детали изделия А: копии 07-73, 07-74, и 07-75; звездочки 07-76; муфты 07-127 и 07-128; приставки 07-130 и 07-133; гайки 07-131. На изделие затрачивается по одной детали каждого вида. Ежемесячный выпуск изделий А — 1000 шт. Режим работы участка — двухсменный. Состав оборудования участка, закрепление операций и деталей за станками и штучное время по операциям (с учетом выполнения норм времени) приведены в табл. 7.9. Длительность подготовительно-заключительных работ на каждой операции технологического процесса — 15 мин.

Таблица 7.9

## Закрепление операций за станками и затраты времени по операциям

Деталь	Номер детали	Закрепление операций за станками и штучное время по операциям					
		сверлильной	протяжной	токарной	токарной	сверлильной	резьбно-нарезной
Копир	07-73	1-1,4	2-0,9	3-1,8	4-2,9	6-1,5	7-0,2
	07-74	1-1,3	2-1,0	3-2,0	4-1,0	—	5-6,1
	07-75	1-1,4	2-0,9 3-0,7	4-2,4	5-1,0	6-1,0 7-0,5	8-0,4
Звездочка	07-76	1-1,6	2-0,8	4-2,7	5-1,0	6-1,0	—
			3-0,7			7-0,5 8-1,0 9-1,7	
Муфта	07-127	1-1,7	2-0,8	4-1,8	5-1,8	6-1,7	8-0,4
	07-128		3-0,7 2-1,9			7-1,2 7-4,5	
Приставка	07-130	—	2-1,0	1-1,7	3-1,2	5-0,9	6-0,5
	07-133	1-1,2	2-0,8	3-1,6	4-1,0	4-1,2 5-1,5	—
Гайка	07-131	1-0,9	2-0,9	3-2,0	4-2,1	5-0,7	6-0,2

*Примечание.* Первая цифра соответствует номеру операции, вторая — штучному времени, мин.

**Задача 7.4.** Механический участок за месяц (21 рабочий день) выпускает 1050 деталей партиями по 210 шт. Детали проходят механообработку по следующим операциям: токарной, фрезерной, сверлильной и шлифовальной. Штучное время выполнения операций: токарной — 6 мин, фрезерной — 4, сверлильной — 2 и шлифовальной — 5 мин.

Выполнение норм времени по операциям составляет в среднем 135%. Контроль качества выборочный (10% от размера партии) после первой и четвертой операций длительностью

1,5 мин на деталь. На передачу партии с операции на операцию и готовых изделий в цеховую кладовую требуется по 20 мин. Движение партии в процессе производства параллельное, причем до 30 % межоперационного времени поглощается временем технологических операций. Продолжительность смены — 8 ч. Определить нормативный размер циклового задела по деталям.

**Задача 7.5.** Определить расчетно-экономическим методом целесообразный размер партии деталей. По полученным данным рассчитать величину переходящего задела на складе, снизить ее в 1,4 раза и скорректировать размеры партий. Определить потери за счет отклонения размеров партий от оптимальных.

Годовая производственная программа  $N_j$ , себестоимость единицы изделия  $C_j$  и затраты на выпуск  $I_{oj}$  приведены в табл. 7.10.

Таблица 7.10

## Исходные данные для расчета

Номер детали	$N_j$ , шт.	$C_j$ , руб.	$I_{oj}$ , руб.
1	3000	500	1000
2	7000	900	1000
3	9000	600	1000
4	6000	300	1000
5	8000	200	1000
6	9000	400	1000
7	1000	700	1000
8	2000	800	1000
9	8000	300	1000
10	7000	400	1000

Коэффициент неравномерности поступления заказов равен 0,5. Затраты на хранение незавершенного производства составляют 25 % себестоимости изготовления деталей.

## Оперативное планирование массового производства

## Типовая задача с решением

Задача 7.6. На участке механообрабатывающего цеха изготавливается эксцентрик из чугуна. Род заготовки — отливка. Масса черновая — 0,35 кг, чистовая — 0,153 кг. Показатели, характеризующие технологический процесс, приведены в табл. 7.11. Месячная программа составляет 224 910 шт. В месяце 21 рабочий день. Режим работы — двухсменный. Продолжительность рабочей смены — 8 ч. Регламентированные перерывы для отдыха составляют 30 мин в смену. Брак по операциям отсутствует. Период оборота линий — 1 ч.

Таблица 7.11

## Технологический процесс изготовления эксцентрика

Операция	Норма времени, с		
	машинное время $t_m$	время занятости рабочего $t_3$	оперативное время $t_{оп}$
Позиционная обработка	10,0	10,0	20,0
Предварительное обтачивание поверхности	18,2	9,1	27,3
Предварительное развертывание отверстий	4,67	4,68	9,35
Окончательное обтачивание поверхности	18,2		27,3
Зенкование фасочной и кольцевой выточек	4,45	9,1	8,9
Окончательное зенкование ходовой части	4,5	4,45	9,0
Фрезерование радиуса скоса	4,5	4,5	9,0
Снятие заусенцев и развертка отверстий	8,3	4,5	16,6



Окончание табл. 7.11

Операция	Норма времени, с		
	машинное время $t_m$	время занятости рабочего $t_a$	оперативное время $t_{оп}$
Ввертывание винта в эксцентрик	—	8,3	7,2
Черновое фрезерование паза для ролика	9,4	7,2	18,8
Промывка деталей	—	9,4	3,6
Чистовое фрезерование паза для ролика	9,4	3,6	18,8

Необходимо разработать оперативно-календарный план работы поточной линии.

#### Решение

1. Программу выпуска эксцентриков за период оборота линии, равный 1 ч, рассчитываем по формуле

$$N_B = \frac{N_M}{ДК_{см} t_{см}} = \frac{224910}{21 \cdot 2 \cdot (8 - 0,5)} = 714 \text{ шт.}$$

2. Такт поточной линии определяем по формуле (4.4):

$$r_{пр} = \frac{F_2}{N_B} = \frac{1 \cdot 60 \cdot 60}{714} = 5,04 \text{ с/шт.}$$

3. Размер транспортной партии выбираем по табл. 7.12.

При средней трудоемкости одной операции меньше 1 мин и массе одной детали 0,35 кг размер партии принимаем  $p = 25$  шт.

4. Ритм поточной линии определяем по формуле (4.5):

$$R_{пр} = p r_{пр} = 25 \cdot 5,04 = 126 \text{ с} = 2,1 \text{ мин/партию.}$$

5. Число рабочих мест и коэффициент их загрузки рассчитываем по формулам (4.12) и (4.14) в табличной форме (табл. 7.12).

Таблица 7.12  
Статистические данные для определения  
размера партии деталей

Средняя трудо- емкость одной операции, мин	Масса одной детали, не более, кг							
	0,1	0,2	0,35	0,5	1	2	5	10
<1	100	50	25	20	10	5	2	1
1-2	50	20	20	20	10	50	2	1
2-5	20	20	10	10	5	2	2	1
5-10	10	10	10	5	2	2	1	1
10-15	10	10	5	2	2	1	1	1

6. Действительный такт поточной линии определяем по формуле (4.12). Для первой операции

$$r_{д1} = t_{оп1} : C_{пр1} = 20 : 4 = 5 \text{ с/шт.}$$

Для всех остальных операций результаты расчета приведены в гр. 7 табл. 7.13.

Таблица 7.13  
Расчет числа рабочих мест и коэффициента их загрузки

№ опера- ции	Опера- тивное время $t_{оп}$ , с	Укруп- ненный такт $r_{пр}$	Число станков		Кoeffи- циент загрузки рабочих мест $K_3$	Действи- тельный такт линии $r_d$
			расчет- ное $C_{расч}$	принятое $C_{пр}$		
1	20,0	5,04	3,97	4	0,99	5,0
2	27,3	5,04	5,42	6	0,9	4,55
3	9,35	5,04	1,85	2	0,93	4,67
4	27,3	5,04	5,42	6	0,9	4,55
5	8,9	5,04	1,76	2	0,88	4,45
6	9,0	5,04	1,78	2	0,89	4,5
7	9,0	5,04	1,78	2	0,89	4,5
8	16,6	5,04	3,29	4	0,82	4,15
9	7,2	5,04	1,43	2	0,71	3,6
10	18,8	5,04	3,73	4	0,93	4,7
11	3,6	5,04	0,71	1	0,71	3,6
12	18,8	5,04	3,73	4	0,93	4,7
Итого	175,85		34,87	39	0,89	—

7. Расчет необходимого количества операторов на линии и коэффициента их загрузки. Расчет ведем в следующей последовательности (табл. 7.14):

определяем норму обслуживания для первой операции

$$K_{н} = t_{оп} : t_{з} = 20 : 10 = 2 \text{ станка};$$

определяем количество операторов для первой операции

$$\varphi_{оп} = t_{з} : r_{пр} = 10 : 5,07 = 1,97 \approx 2 \text{ чел.};$$

рассчитываем загрузку операторов для первой операции

$$K_{з.оп} = \varphi_{оп.расч} : \varphi_{оп.пр} = 1,97 : 2 = 0,99.$$

Таблица 7.14

Определение нормы обслуживания  
и численности рабочих-операторов

№ операции	Норма времени $t_{оп}$ , с	Время занятости оператора $t_{з}$ , с	Норма обслуживания станков $K_{н}$ , шт.	Расчетный такт $r_{пр}$ , с/шт.	Количество операторов, чел.		Коэффициент загрузки операторов $K_{з.оп}$
					расчетное $\varphi_{оп.расч}$	принятое $\varphi_{оп.пр}$	
1	20,0	10	2	5,04	1,98	2	0,99
2	27,3	9,1	3	5,04	1,80	2	0,90
3	9,35	4,68	2	5,04	0,92	1	0,92
4	27,3	9,1	3	5,04	1,80	2	0,90
5	8,9	4,45	2	5,04	0,88	1	0,88
6	9,0	4,5	2	5,04	0,89	1	0,89
7	9,0	4,5	2	5,04	0,89	1	0,89
8	16,6	8,3	2	5,04	1,65	2	0,82
9	7,2	7,2	1	5,04	1,43	2	0,71
10	18,8	9,4	2	5,04	1,86	2	0,93
11	3,6	3,6	1	5,04	0,71	1	0,71
12	18,8	9,4	2	5,04	1,86	2	0,93
Итого	175,85	84,23	—	—	16,67	19	0,88

8. Распределение нагрузки между операторами производим в табличной форме (табл. 7.15).

Из таблицы видно, что не все рабочие-операторы загружены на 100% в течение рабочей смены. Желательно загрузить их так, чтобы приблизить принятое количество

к расчетному (см. табл. 7.14). С этой целью необходимо построить график регламентации труда.

Таблица 7.15

## Распределение нагрузки между операторами

№ операции	Принятое число станков $C_{пр}$	Принятое количество операторов $Ч_{оп}$ прин. чел.	Норма обслуживания $K_n$	Номер, присвоенный рабочему оператору	Уровень загрузки операторов, %	Распределение загрузки по станкам	Уровень загрузки операторов по станкам, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	2	2	1,2	99	2 2	99 99
2	6	2	3	3,4	90	3 3	100 80
3	2	1	2	5	92	2 -	92 -
4	6	2	3	6,7	90	3 3	100 80
5	2	1	2	8	88	2 -	88 -
6	2	1	2	9	89	2 -	89 -
7	2	1	2	10	89	2 -	89 -
8	4	2	2	11,12	82	2 2	100 65
9	2	2	1	13,14	71	1 1	100 43
10	4	2	2	15,16	93	2 2	100 86
11	1	1	1	17	71	1 -	71 -
12	4	2	2	18,19	93	2 2	100 86
Итого	39	19	—	—	88	--	--

9. Составление графика-регламента загрузки рабочих мест и работы операторов, т.е. составление стандарт-плана работы однопредметной прерывно-поточной линии (рис. 7.8).

Из рисунка видно, что имеется возможность высвободить одного рабочего на операции 9. Эта операция весьма простая и может выполняться без регламентированных перерывов. Тогда работа, производимая 14-м рабочим, может быть выполнена за 84 мин вместо 103 мин, что позволит совместить эту работу с работой, выполняемой 12-м рабочим, и тем самым сократить численность операторов на одного человека.

Таким образом, путем распределения нагрузки между операторами за счет полной загрузки одних станков и высвобождения части времени на других станках по каждой операции получили, что для обслуживания поточной линии необходимо иметь 18 операторов в смену.

№ опера- ции	Норма време- ни	Такт потока $T_y$	Число станков	Загрузка станков		№ рабочей опера- ции	Порядок обслужи- вания	График работы оборудования и перехода рабочих за $T_0=60$ мин						Часовой выпуск изделия
				%	мин			10	20	30	40	50	60	
1	20,0	5,0	2	99	59,4	1	1,2							357
			2	99	59,4	2	3,4							357
2	27,3	4,55	3	100	60	3	5,6,7							397
			3	80	48	4	8,9,10							317
3	9,35	4,67	2	92	55,2	5	11,12							714
4	27,3	4,55	3	100	60	6	13,14,15							397
			3	80	48	7	16,17,18							317
5	8,9	4,45	2	88	52,8	8	19,20							714
6	9,0	4,5	2	89	53,4	9	21,22							714
7	9,0	4,5	2	89	53,4	10	23,24							714
8	16,6	4,15	2	100	60	11	25,26							438
			2	65	39	12	27,28+30							281
9	7,2	3,6	1	100	60	13	29							504
			1	43	25,8	14	30+27,28							281
10	18,8	4,7	2	100	60	15	31,32							388
			2	86	51,6	16	33,34							331
11	3,6	3,6	1	71	42,6	17	35							714
12	18,8	4,7	2	100	60	18	36,37							388
			2	86	51,6	19	38,39							331

Рис. 7.8. Стандарт-план работы ОППЛ: — — время работы оборудования,  
 ↓ — время простоя оборудования, ~~~ — переход рабочего с одного рабочего места на другое

Поскольку поточная линия работает в две смены и имеют место невыходы на работу рабочих, которые планируются в размере 10 %, списочное количество рабочих-операторов составит

$$ч_{сп} = 18 \cdot 2 \cdot 1,1 = 40 \text{ человек.}$$

10. Расчет межоперационных оборотных заделов выполняем по формуле (4.36) между каждой парой смежных операций в табличной форме (табл. 7.16).

Частные периоды для расчета оборотных заделов принимаем из графика движения заделов (рис. 7.9).

Таблица 7.16

Расчет межоперационных оборотных заделов

Частный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов $Z$ , шт.	Площадь эпор, шт./мин
Между 1-й и 2-й операциями			
$T_1$	48	$Z'_{1,2} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 4}{20} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} = -57$	1368
$T_2$	11,4	$Z''_{1,2} = \frac{11,4 \cdot 60 \cdot 4}{20} - \frac{11,4 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} \approx +57$	342
Итого			1710
Между 2-й и 3-й операциями			
$T_1$	48	$Z'_{2,3} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} = +17$	1848
$T_2$	7,2	$Z''_{2,3} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} \approx -47$	169
$T_3$	4,8	$Z'''_{2,3} = \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 0}{9,3} \approx +30$	72
Итого			2109

Продолжение табл. 7.16

Част- ный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов Z, шт.	Площадь эпор, шт./мин
Между 3-й и 4-й операциями			
$T_1$	48	$Z'_{3,4} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} = -17$	408
$T_2$	7,2	$Z''_{3,4} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 2}{9,35} - \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} \approx +47$	169
$T_3$	4,8	$Z'''_{3,4} = \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 0}{9,35} - \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} \approx -30$	153
Итого			730
Между 4-й и 5-й операциями			
$T_1$	48	$Z'_{4,5} = \frac{48 \cdot 60 \cdot 6}{27,3} - \frac{48 \cdot 60 \cdot 2}{8,9} = -14$	1920
$T_2$	4,8	$Z''_{4,5} = \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{4,8 \cdot 60 \cdot 2}{8,9} = -33$	72
$T_3$	7,2	$Z'''_{4,5} = \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 3}{27,3} - \frac{7,2 \cdot 60 \cdot 0}{8,9} = +47$	169
Итого			2161
Между 5-й и 6-й операциями			
$T_1$	52,8	$Z'_{5,6} = \frac{52,8 \cdot 60 \cdot 2}{8,9} - \frac{52,8 \cdot 60 \cdot 2}{9} = +8$	211
$T_2$	0,6	$Z''_{5,6} = \frac{0,6 \cdot 60 \cdot 0}{8,9} - \frac{0,6 \cdot 60 \cdot 2}{9} = -8$	2
Итого			213
Между 6-й и 7-й операциями			
$T_1$	53,4	$Z'_{6,7} = \frac{5,37 \cdot 60 \cdot 2}{9} - \frac{53,4 \cdot 60 \cdot 2}{9} = 0$	0
Итого			0

Продолжение табл. 7.16

Част- ный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов Z, шт.	Площадь эпюр, шт./мин
Между 7-й и 8-й операциями			
T <sub>1</sub>	39	$Z'_{7,8} = \frac{39 \ 60 \ 2}{9} - \frac{39 \ 60 \ 4}{16,6} = -44$	858
T <sub>2</sub>	14,4	$Z''_{7,8} = \frac{14,4 \ 60 \ 2}{9} - \frac{14,4 \ 60 \ 2}{16,6} = +88$	633
T <sub>3</sub>	6,6	$Z'''_{7,8} = \frac{6,6 \ 60 \ 0}{9} - \frac{6,6 \ 60 \ 2}{16,6} = -44$	435
Итого			1926
Между 8-й и 9-й операциями			
T <sub>1</sub>	39	$Z'_{8,9} = \frac{39 \ 60 \ 4}{16,6} - \frac{39 \ 60 \ 1}{7,2} \approx +200$	3900
T <sub>2</sub>	21	$Z''_{8,9} = \frac{21 \ 60 \ 2}{16,6} - \frac{21 \ 60 \ 2}{7,2} \approx -200$	2100
Итого			6000
Между 9-й и 10-й операциями			
T <sub>1</sub>	39	$Z'_{9,10} = \frac{39 \ 60 \ 1}{7,2} - \frac{39 \ 60 \ 4}{18,8} \approx -170$	3315
T <sub>2</sub>	12,6	$Z''_{9,10} = \frac{12,6 \ 60 \ 2}{7,2} - \frac{12,6 \ 60 \ 4}{18,8} \approx +59$	372
T <sub>3</sub>	8,4	$Z'''_{9,10} = \frac{8,4 \ 60 \ 2}{7,2} - \frac{8,4 \ 60 \ 2}{18,8} \approx +111$	962
Итого			4649
Между 10-й и 11-й операциями			
T <sub>1</sub>	42,6	$Z'_{10,11} = \frac{42,6 \ 60 \ 4}{18,8} - \frac{42,6 \ 60 \ 1}{3,6} = -166$	3536



Окончание табл. 7.16

Част- ный период	Длительность частного периода, мин	Расчет заделов Z, шт.	Площадь эпюр, шт./мин
$T_2$	9	$Z''_{10,11} = \frac{9 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} - \frac{9 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} \approx +133$	508
$T_3$	8,4	$Z'''_{10,11} = \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{18,8} - \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} = +53$	1171
		Итого	5215
$T_1$	42,6	Между 11-й и 12-й операциями $Z'_{11,12} = \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 1}{3,6} - \frac{42,6 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} = +166$	3536
$T_2$	9	$Z''_{11,12} = \frac{9 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} - \frac{9 \cdot 60 \cdot 4}{18,8} \approx -133$	985
$T_3$	8,4	$Z'''_{11,12} = \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 0}{3,6} - \frac{8,4 \cdot 60 \cdot 2}{18,8} = -53$	127
		Итого	4648
Всего по линии			29361

11. Площади эпюр оборотных заделов рассчитываем по рис. 7.9, а результаты заносим в табл. 7.16. Расчет площадей эпюр оборотных заделов необходим для определения средней величины межоперационных оборотных заделов между каждой парой смежных операций и в целом по линии.

12. Среднюю величину межоперационных оборотных заделов в целом по линии рассчитываем по формуле (4.38):

$$Z_{\text{ср.об}} = \frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^m S_i = \frac{29361}{60} = 489 \text{ шт.}$$

№ операции	Норма времени	Действительный такт	Число рабочих мест	Норма обслуживания	Загрузка станков, мин	Заделы Z <sub>об</sub> , шт.		График работы оборудования и перехода рабочих за T <sub>0</sub> =60 мин										
						макс.	на начало	10	20	30	40	50	60					
1	20,0	5,0	4	2	59,4	—	—											
2	27,3	4,55	6	3	48	57	57											
3	9,35	4,67	2	2	55,2	47	30											
4	27,3	4,55	6	3	48	47	17											
5	8,9	4,45	2	2	52,8	47	47											
6	9,0	4,5	2	2	53,4	8	0											
7	9,0	4,5	2	2	53,4	0	0											
8	16,6	4,15	4	2	39	88	44											
9	7,2	3,6	2	1	25,8	200	0											
10	18,8	4,7	4	2	60	170	170											
11	3,6	3,6	1	1	51,6	166	166											
12	18,8	4,7	4	2	60	166	0											

Рис. 7.9. График движения заделов оборотных средств (условные обозначения см. на рис. 7.8)

13. Среднюю величину незавершенного производства без учета затрат труда в предыдущих цехах определяем по формуле (4.31):

$$H = Z_{\text{ср.об}} \left( \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m t_i + t_{\text{нр}} \right) = 489 \cdot \left( \frac{175,85}{2 \cdot 60 \cdot 60} + 0 \right) = 11,2 \text{ н/ч.}$$

14. Длительность технологического цикла рассчитываем по формуле (4.39):

$$t_{\text{ц}} = Z_{\text{ср.об}} r_{\text{пр}} = 489 \cdot \frac{5,04}{60 \cdot 60} = 0,68 \text{ ч.}$$

### Задачи для решения

**Задача 7.7.** Из механического цеха завода в сборочной детали подаются партиями через каждые 3 дня. Сборочный цех запускает их в производство партиями, равными однодневной потребности. На складе механического цеха предусматривается страховой запас деталей, равный 6-дневной потребности сборочного цеха. Длительность производственных циклов обработки  $T_{\text{ц}}$  в механическом цехе составляет 4 дня, а в сборочном — 6 дней. Определить время опережения запуска-выпуска партии деталей в производство относительно окончания сборки изделия А.

**Задача 7.8.** Детали из механического цеха подаются в сборочный. Длительность производственного цикла обработки в механическом цехе составляет 8 дней, в сборочном цехе — 10 дней. Страховой запас перед сборочным цехом равен 15 комплектам деталей. Среднедневная потребность сборочного цеха — 3 комплекта. Определить время опережения начала обработки изделий в механическом цехе по сравнению с окончанием сборки в сборочном цехе.

**Задача 7.9.** Число станков по ведущим группам оборудования: сверлильных — 6, токарных — 7, фрезерных — 4. По каждому заказу изготавливается 10 деталей. Длительность цикла обработки ведущей детали по каждому изделию, трудоемкость обработки деталей по ведущим группам оборудо-

дования, сроки подачи комплектов на сборку приведены в табл. 7.17. Число рабочих дней: в январе — 21, в феврале — 20, в марте — 22. Режим работы: восьмичасовой рабочий день, две смены в сутки. Потери времени на плановые ремонты оборудования составляют 20 % номинального фонда времени. Построить график изготовления комплектов деталей по заказам № 42, 43, 44, 45 в механообрабатывающем цехе при равномерной загрузке оборудования. Определить степень равномерности загрузки ведущей группы оборудования.

Таблица 7.17

## Исходные данные для расчета

Номер заказа	Срок подачи деталей на обработку	Длительность цикла изготовления деталей, мес.	Трудоемкость, ч		
			Вид обработки		
			сверлильная	токарная	фрезерная
42	1/IV	1,2	900	1200	600
43	1/III	2,0	960	1600	900
44	1/IV	1,5	800	1100	800
45	1/III	1,5	900	1500	700

## **8. Организация автоматизированного производства**

### **8.1. Организация производства с применением станков с ЧПУ**

Прогрессивным направлением автоматизации производства машиностроения является применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Применение станков с ЧПУ в сравнении с обычным оборудованием создает ряд технико-экономических преимуществ. Производительность этих станков выше в три раза производительности станков того же типа без программного управления, потребность же в производственных площадях в три раза меньше. Значительно вырастает производительность труда рабочих. Большой эффект дают станки с ЧПУ при выполнении особо сложных операций, поэтому с их использованием высвобождаются высококвалифицированные рабочие, а также резко сокращаются затраты на технологическую подготовку производства, эксплуатацию инструмента, содержание контролеров ОТК.

Главный эффект программного оборудования заключается в увеличении до 80–90 % работы оборудования (15–20 % у обычных станков). Это обусловлено тем, что резко сокращается вспомогательное время, время на смену инструмента и наладку оборудования.

Переналадка станков в этом случае заключается в замене программы, записанной на магнитной или перфорационной ленте, а в ряде случаев — в замене инструментов. Широкий диапазон работ, выполняемых станками с ЧПУ, делает их особенно ценными в единичном и мелкосерийном производстве и на предприятиях, выпускающих сложную продукцию. Имеется опыт включения станков с программным

управлением в поточные линии на предприятиях серийного и массового производства.

В современных условиях широко распространяется такой вид программного оборудования, как обрабатывающие центры — многооперационные станки с автоматической сменой инструмента. По мнению специалистов, обрабатывающие центры по своей производительности эквивалентны 3–4 станкам с ЧПУ и 8–12 обычным станкам. При условии правильного выбора и рациональной эксплуатации таких центров затраты на их приобретение окупаются за 3–4 года.

Для эффективного использования станков с ЧПУ необходимо создать систему организованного обеспечения, представляющую собой комплекс взаимодействующих мероприятий, подчиненных основной задаче — изготовлению деталей высокого качества в намеченные сроки при минимальных затратах труда и денежных средств. Система организации работ должна включать технико-экономическое обоснование применения станков с ЧПУ, номенклатуру деталей для обработки на станках, специальную структуру системы, надлежащее обслуживание станков, автоматизированную разработку управляющих программ.

Рассмотрим некоторые из названных положений системы.

Важной задачей является выбор типа станка и технологии обработки. В этом случае определяют экономичность выбранного варианта и основное время обработки деталей в зависимости от способа обработки. Эффективность выбранного варианта оценивают показателем удельного веса основного времени обработки:

$$K_{об} = \frac{t_0}{t_n},$$

где  $t_0$  — основное время обработки, мин;  $t_n$  — производственное время, т.е. общее время изготовления деталей на станке с ЧПУ, мин.

Гибким автоматизированным производствам могут соответствовать различные формы и методы организации процессов производства в зависимости от степени автоматизации (комплекс и производство) и уровня организационной структуры (модуль, линия, участок).

Гибкие производственные системы (ГПС) отличаются пространственной структурой и методами организации, временной структурой, а также степенью интеграции основных, вспомогательных и обслуживающих процессов в единый производственный процесс.

В гибких автоматизированных производствах реализуются такие фундаментальные принципы научной организации производства, как концентрация, специализация и универсализация, пропорциональность, непрерывность, ритмичность, параллельность, прямоточность и др. В настоящее время резко повышается роль принципа пропорциональности, поскольку в ГПС должна быть тщательно увязана пропускная способность как основных, так и вспомогательных производственных подразделений предприятия. Возрастает роль принципа универсализации. Так, в ГПС отходят от принципа традиционной узкой специализации работающих, следовательно, возникает потребность в рабочих широкого профиля. В определенной мере теряет значение принцип прямоточности.

Могут быть названы новые принципы, необходимость соблюдения которых проявляется во все большей степени при построении ГПС. К ним относятся:

— принцип интеграции производственных процессов, предполагающий гибкое соединение основных, вспомогательных и обслуживающих процессов в единый производственный процесс, осуществляемый по объединенному плану;

— принцип необходимого разнообразия, свободы формирования номенклатуры изделий, запускаемых в производство, в рамках установленных ограничений;

— принцип резервов, определяющий создание экономически обоснованных резервов всех элементов производственного процесса;

— принцип автономности гибкой автоматизированной системы, выражающийся в независимости от других производственных подразделений и имеющий максимальную предметную замкнутость производственного процесса;

— принцип универсальности, допускающий возможность изменения последовательности использования оборудования при выполнении конкретного производственного процесса.

В процессе проектирования ГПС должны решаться следующие организационные задачи:

1) подбор номенклатуры деталей, подлежащих обработке на участках гибкой автоматизации и определение характера специализации производственных подразделений;

2) формирование рациональной производственной структуры цехов и участков, обеспечивающих интеграцию основных, вспомогательных и обслуживающих процессов;

3) проектирование системы технического и организационного обслуживания участков гибкой автоматизации (программного, информационного, материального, инструментального и др.);

4) проектирование системы ремонтного обслуживания оборудования;

5) проектирование системы организации технического контроля и управления качеством продукции;

6) разработка интегрированной системы оперативного планирования и регулирования производства и расчет нормативов движения предметов труда;

7) разработка проекта организации труда всех категорий исполнения и процедур реализации или функций управления и обслуживания.

Функциональная система организации производства гибкого автоматизированного производства (ГАП) охватывает организацию подготовки производства, эксплуатацию гибкой автоматической системы, оперативного управления производством и организацию непосредственных процессов труда исполнителей.

Одним из условий достижения высоких экономических показателей эксплуатации станков с ЧПУ является формирование целесообразной номенклатуры обрабатываемых деталей.

Практика эксплуатации станков с ЧПУ показала, что их эффективная работа возможна при построении специальной организационной структуры, ориентированной на изменения, связанные с внедрением станков с ЧПУ. Такая структура должна включать производственные цехи и участки, подразделения экономического обслуживания, специализированную технологическую службу.



Опыт отечественных и зарубежных предприятий свидетельствует о целесообразности установки станков с ЧПУ в одном помещении, создания специализированных цехов и участков. Расположение станков в одном помещении создает условия для более качественного обслуживания, управления одним рабочим несколькими станками, улучшения планирования и контроля за работой оборудования и т.п.

Подготовка производства при изготовлении деталей на станках с ЧПУ включает следующие виды работ: конструирование деталей с учетом требований обработки на станках с ЧПУ и проработку конструкции на технологичность; разработку технологии изготовления деталей в целом и операций, подлежащих выполнению на станках с ЧПУ; разработку управляющих программ; проектирование и изготовление инструмента, приспособлений и контрольно-измерительной оснастки; обработку контрольной детали, доводку технологического процесса и корректировку геометрии деталей и режимов резания.

Контрольная деталь изготавливается на специально выделенном оборудовании. По результатам ее проверки выполняются операции по доводке технологических процессов и оснастки. Контрольная деталь направляется в отдел технологического контроля, составляется акт о ее обработке на станках с ЧПУ, это и является основным условием для начала серийного производства.

На производственный участок или в цех станков с ЧПУ поступает операционная карта технологического процесса обработки, программа, инструмент и оснастка.

В условиях применения станков с ЧПУ большое значение приобретает техническое обслуживание производства, обеспечение оснасткой, режущим и вспомогательным инструментом, текущий ремонт, периодические проверки оборудования на точность и т.д.

Инструментальная оснастка станков с ЧПУ представляет собой комплекс режущего и вспомогательного инструментов и приборов настройки. Подготовка комплекса инструментальной оснастки ведется на основании заказа диспетчера производственного участка. Большое внимание уделяется заточке

и переточке режущего инструмента. На эти операции составляются специальные карты заточки.

Важное место в системе мер по обеспечению бесперебойной работы станков с ЧПУ отводится ремонту. Организация ремонта возлагается на ремонтные подразделения предприятий и объединений. Ремонт механической и электрической частей станков с ЧПУ целесообразно производить на основе применения системы планово-предупредительного ремонта (ППР).

## 8.2. Организация гибкого автоматизированного производства

Техническую базу гибкой автоматизированной системы составляют оборудование с ЧПУ, промышленные роботы, специальные транспортные средства и автоматизированные системы управления технологическими процессами. Высокая эффективность использования этих дорогостоящих технических средств обеспечивается надлежащей организацией производства. При этом формы и методы организации производственных процессов должны быть приведены в соответствие с технико-экономическими требованиями.

Основными направлениями совершенствования процессов в гибких производственных системах являются:

- обеспечение высокой степени непрерывности новых производственных процессов путем календарной регламентации и взаимной увязки основных, вспомогательных и обслуживающих процессов;
- обеспечение максимального сосредоточения (комплексирования) операций в ГПС по наиболее полному изготовлению деталей (изделия);
- максимальная автоматизация основных, вспомогательных и обслуживающих операций в гибкой системе.

Производственный процесс в ГПС следует рассматривать как единый комплекс, включающий технологические, транспортные, погрузочно-разгрузочные, контрольные

и наладочные операции. В качестве основного документа, определяющего содержание процессов и работ, их последовательность при изготовлении продукции в ГПС и смежных с нею подразделениях, используется карта производственного процесса. В ней для технологических и других машинных процессов, выполняемых в автоматическом режиме, указываются шифры оборудования и управляющей программы; для производственных операций, выполняемых с участием человека, приводится полное описание работ. Карта производственного процесса сопровождается оперограммой или сетевым графиком, в которых указывается последовательность работ, время их опережения и сроки выполнения.

Организация оперативного управления в условиях гибкой автоматизации базируется на календарной регламентации, взаимной увязке частичных производственных процессов и ресурсных возможностей каждого подразделения ГПС.

Главной целью автоматизированной системы операционного управления (АСОУ) является обеспечение согласованного во времени и пространстве движения по цехам, участкам, рабочим местам. АСОУ должна обеспечить своевременность принятия мер по предупреждению и ликвидации сбоев в ходе производственного процесса.

В подсистеме оперативного планирования АСОУ решаются три блока задач: в блоке объемного планирования осуществляется построение производственной программы цеха, участка и обосновывается объемными расчетами загрузка этих подразделений; в блоке календарного планирования разрабатываются календарные планы-графики, а в блоке оперативного планирования — пятидневные (недельные) и сменно-суточные задания.

При планировании хода производства за основу могут быть приняты интегрированные планы-графики работы производственной системы на различные периоды. На их основе составляются пятидневные и сменно-суточные задания по гибким производственным модулям. Работа подразделений подготовки и обслуживания регламентируется соответствующими графиками обеспечения месячных, декадных, пятидневных планов и сменно-суточных заданий. Организация

выполнения запланированных работ, контроль и регулирование хода производственного процесса, оперативный учет и анализ выполнения заданий строятся с ориентацией на выполнение интегрированных планов-графиков обеспечения.

На качественно новом уровне организуется в ГПС система технического и организационного обслуживания. Все работы по обслуживанию должны выполняться в рамках автоматизированной системы комплексного регламентированного обслуживания (АСКРО). В основе построения и функционирования АСКРО лежат принципы комплектности, профилактичности, регламентированности, автоматичности, гибкости (мобильности), оптимальности. Каждый гибкий производственный модуль обеспечивается комплексом оснастки и инструмента, наладкой, ремонтом, технической документацией, управляющими программами, плановой информацией, техническим контролем, перемещением предметов труда и удалением отходов (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Функция обслуживания в ГПС

Все виды обслуживания выполняются в соответствии с графиком обеспечения и обслуживания рабочих мест. Организация непрерывного и предупредительного обслуживания осуществляется с помощью внедрения многоступенчатой подготовки работ по всем функциям обслуживания для обеспечения выполнения конкретных производственных планов

(квартальных, месячных и декадных планов, пятидневных и сменно-суточных заданий). Контроль за ходом работ проводится с помощью подсистемы проверки готовности ГПС, входящей в систему оперативного управления. При создании регламентированного обслуживания согласовывается и оптимизируется пропускная способность комплекса технологического оборудования и обслуживающих подразделений, определяется состав и размер резервов, требуемые людские ресурсы.

### 8.3. Методические указания, типовая задача с решением, задачи для решения

#### Методические указания

Номинальный фонд времени работы оборудования определяется по формуле

$$F_{\text{н}} = F_{\text{к}} - F_{\text{п}} = 365 - 111 = 254 \text{ дня.} \quad (8.1)$$

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} K_{\text{п.о.}} \quad (8.2)$$

Число партий деталей рассчитывается по формуле

$$\Pi_{\text{п}} = \text{Н} F_{\text{э}} K_{\text{см}}, \quad (8.3)$$

где  $\text{Н}$  — номенклатура обрабатываемых деталей,  $\text{Н} = 4$ ;  $K_{\text{см}}$  — число смен работы оборудования.

Размер партии деталей  $j$ -го наименования определяется по формуле

$$P_j = \frac{N_j}{F_{\text{э}} K_{\text{см}}}, \quad (8.4)$$

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

Период чередования партии деталей рассчитывается по формуле

$$R_j = \frac{F_{\text{э}} K_{\text{см}} P_j}{N_j}. \quad (8.5)$$

Число единиц оборудования рассчитывается по формуле

$$C_p = \frac{1}{F_3 K_{см} K_B} \sum_{j=1}^n \frac{N_j t_{опj}}{60} + T_{ин}, \quad (8.6)$$

где  $n$  — номенклатура обрабатываемых деталей;  $N_j$  — программа выпуска деталей  $j$ -го наименования, шт;  $t_{опj}$  — суммарное оперативное время на обработку деталей  $j$ -го наименования, мин;  $T_{ин}$  — время, затрачиваемое на переналадку оборудования на  $i$ -й операции, ч;  $F_3$  — эффективный фонд времени работы оборудования в плановом периоде, ч;  $K_{см}$  — число смен работы оборудования;  $K_B$  — коэффициент выполнения норм времени.

Необходимое число единиц транспортных средств определяется по формуле

$$K_{эк} = \frac{1}{q K_{ис} F_3 K_{см}} K_{\tau} \sum_{j=1}^n N_j Q_j \left( \frac{2L_{ср}}{V_{ср}} + t_3 + t_p \right), \quad (8.7)$$

где  $K_{\tau}$  — число транспортных операций, осуществляемых над каждой деталью,  $K_{\tau} = 4$ ;  $Q_j$  — масса единицы  $j$ -го типа детали;  $q$  — грузоподъемность транспортных единиц,  $q = 200$  кг;  $K_{ис}$  — коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств,  $K_{ис} = 0,6$ ;  $L_{ср}$  — среднее расстояние между двумя пунктами перевозки,  $L_{ср} = 80-200$  м;  $V_{ср}$  — средняя скорость движения транспортного средства,  $V_{ср} = 50-100$  м/мин;  $t_3$  и  $t_p$  — время на загрузку и разгрузку транспортного средства,  $t_3 = 5-10$  мин,  $t_p = 10-5$  мин.

Расчет требуемого количества промышленных роботов (ПР). Один робот может обслужить следующее количество станков:

$$C_{об} = \left( \frac{\sum_{j=1}^m t_{оj}}{\sum_{j=1}^m t_{вj}} \right) + 1. \quad (8.8)$$

Длительность технологического цикла определяется по формуле

$$T_{ц} = P_j \sum_{i=1}^m t_{опi} - (P_j - 1) \sum_{i=1}^{m-1} t_{кор}, \quad (8.9)$$

где  $P_j$  — размер партии деталей  $j$ -го наименования;  $t_{опj}$  — оперативное время на выполнение  $i$ -й операции по изготовлению  $j$ -го типоразмера;  $t_{кор}$  — минимальное оперативное время, необходимое для каждой пары смежных операций (если операция выполняется на нескольких станках, то  $t_{оп}$  делится на число станков);  $m$  — число операций, входящих в технологический процесс.

Величина незавершенного производства определяется по формуле

$$H_{ср,j} = \frac{N_j t_{опj}}{F_3 K_{см}}. \quad (8.10)$$

Расчет численности производственного персонала. Численность операторов, осуществляющих наблюдение за работой технологического оборудования, определяется по формуле

$$ч_{оп} = \frac{1}{60 F_3 K_в} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j t_{опij} (\lambda + \alpha + \beta), \quad (8.11)$$

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

Численность наладчиков рассчитывается по формуле

$$ч_{н} = \frac{1}{F_3 K_в} \sum_{i=1}^m t_{ни}^* + T_{тс} F_3', \quad (8.12)$$

где  $F_3$  — эффективный фонд времени работы наладчика;  $t_{ни}^*$  — суммарное время на переналадку оборудования на каждой  $i$ -й операции при переходе от одной партии деталей к другой, ч (см. табл. 8.4);  $T_{тс}$  — время, затрачиваемое на тесто-программы и профилактику,  $T_{тс} = 1 \dots 1,5$  ч/день.

Численность рабочих, выполняющих настройку инструмента, рассчитывается по формуле

$$\chi_{н.н} = \frac{t_{н.н} h \Pi_{пер}}{F_3 K_B}, \quad (8.13)$$

где  $t_{н.н}$  — среднее время настройки единицы инструмента,  $t_{н.н} = 0,5 \dots 1,5$  ч;  $h$  — среднее число инструментов в наладке по операциям на одну партию деталей,  $h = 5$  шт.;  $\Pi_{пер}$  — число переналадок оборудования при переходе от обработки одной партии деталей к другой.

Численность сборщиков приспособлений определяется по формуле

$$\chi_{сб} = \frac{t_{сб} h \Pi_{пер}}{F_3 K_B}, \quad (8.14)$$

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

Численность транспортных рабочих рассчитывается по формуле

$$\chi_{тр} = \frac{HN_j m t_{тр}}{60 F_3 K_B}. \quad (8.15)$$

Размер капитальных вложений определяется по формуле

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_3 + K_{ск} + K_{ин} + K_{пу} + K_{зд} + K_{пр} + O_c. \quad (8.16)$$

Расчет срока окупаемости дополнительных капитальных вложений производится по следующей формуле:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_2 - C_1}.$$

### Типовая задача с решением

**Задача 8.1.** Для механической обработки деталей разного типоразмера (наименования), но обрабатываемых по однотипной маршрутной технологии, разрабатываются альтернативные проекты организации производства.



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

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

Необходимо: 1) рассчитать календарно-плановые нормативы по сравниваемым вариантам: эффективный фонд времени работы оборудования; количество и размер партий деталей  $j$ -го наименования; число переналадок оборудования за плановый период времени, затрачиваемого на переналадку оборудования; периодичность (ритмичность) чередования партий деталей; число единиц оборудования по вариантам; длительность производственного цикла обрабатываемой партии деталей; величину незавершенного производства; число единиц транспортных средств; численность производственного персонала; 2) определить экономически выгодный вариант организации производства при исходных данных, приведенных в табл. 8.1–8.3.

### *Решение*

Произведем расчет календарно-плановых нормативов гибкой производственной системы.

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

Номинальный фонд времени работы оборудования определяется по формуле (8.1):

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

Таблица 8.1

Исходные данные для расчетов

Показатели	Условное обозначение	Вариант 1	Вариант 2
Число смен работы оборудования	$K_{см}$	2	3
Годовой объем выпуска продукции, шт.:			
валик 16×172	$N_1$	20666	20666
валик 22×227	$N_2$	20666	20666
валик 30×226	$N_3$	20666	20666
валик 32×264	$N_4$	20666	20666
Предпроизводственные затраты с учетом фактора времени, тыс. руб.	$K_{пр}$	5000	25000
Первоначальная стоимость технологического оборудования, тыс. руб.	$K_{об}$	46530	38655
Первоначальная стоимость транспортных средств, тыс. руб.	$K_{тр}$	1580,8	5390
Первоначальная стоимость энергетического оборудования дорогостоящей оснастки, измерительных и регулирующих приборов, тыс. руб.	$K_э$	6017,5	9512
Стоимость материального склада цеха, тыс. руб.	$K_{ск}$	2000	12500
Стоимость производственного и хозяйственного инвентаря, тыс. руб.	$K_{ин}$	1750	1580
Стоимость программ управления, тыс. руб.	$K_{пу}$	1123	1180
Стоимость оборотных средств, тыс. руб.	$O_c$	1270	1170

Продолжение табл. 8.1

Показатели	Условное обозначение	Вариант 1	Вариант 2
Стоимость здания, занимаемого участком, тыс. руб.	$K_{зд}$	62480	52480
Установленная мощность оборудования и транспортных средств, кВт	$W_y$	128	76,5
Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.	$\Pi_э$	1390	1390
Отчисления по единому социальному налогу (ЕСН)	$H_{ЕСН}$	3,5	3,5
Годовой эффективный фонд времени работы оборудования, ч	$F_э$	3324	4986
Годовой эффективный фонд времени одного рабочего, ч	$F_d$	1808	1808
Среднечасовая тарифная ставка, руб.	$C_t$	957,716	1015,76
Коэффициент, учитывающий премии по премиальным системам	$K_{прем}$	1,1	1,15
Доля дополнительной заработной платы, %	$H_{д.з}$	40	40
Сумма амортизационных отчислений, тыс. руб.	$P_a$	4962,6	4675,3
Коэффициент, учитывающий использование двигателей:			
по времени	$K_{э.в}$	0,6	0,6
по мощности	$K_{э.м}$	0,4	0,4
Коэффициент загрузки оборудования	$K_{з.о}$	0,9	0,85

Окончание табл. 8.1

Показатели	Условное обозначение	Вариант 1	Вариант 2
Коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети	$J$	1,15	1,15
КПД оборудования	$\eta$	0,75	0,75
Норматив затрат на единицу ремонтной сложности, руб.:			
механической части	$H_M$	28090	28090
электрической части	$H_э$	7050	7050
Установленное количество единиц ремонтной сложности:			
механической части	$R_M$	232	189
электрической части	$R_э$	472	313
Коэффициент, учитывающий класс точности оборудования	$M$	1,1	1,1
Площадь, занимаемая участком, м <sup>2</sup>	$S_{уч}$	337	281
Годовые затраты на содержание участка, руб./м <sup>2</sup>	$P_{пл}$	8500	8500
Время, затрачиваемое на транспортировку, погрузку и разгрузку одной детали, мин	$t_{тр.п}$	0,06	0,06
в т.ч. автоматизированное	$t_{тр.а}$	0,03	0,06
Среднегодовые затраты на ремонт и содержание одного ЧПУ, тыс. руб.	$Z_{чпу}$	187,2	187,2
Количество ЧПУ, установленных на участке, шт.	$K_{чпу}$	12	10
Налог на недвижимость, %	$H_{нд}$	2	2

Таблица 8.2

Технико-экономические показатели  
обрабатываемых деталей

Изделие	Вид заготовки	Марка материала	Норма расхода, кг	Масса детали, кг	Оптовая цена, руб./кг	
					материала	отходов
Валик 16×172	Прокат	Ст.45	0,8	0,6	1235	86
Валик 22×227	То же	То же	1,5	1,1	1335	86
Валик 30×226	То же	То же	2,9	2,1	1235	86
Валик 32×264	То же	То же	3,3	2,7	1235	86

Этот же фонд в часах составит

$$F_n = F_n^{\text{п}} t_{\text{см}}^{\text{п}} + F_n^{\text{пп}} t_{\text{см}}^{\text{пп}} = 249 \cdot 8 + 5 \cdot 7 = 2027 \text{ ч,}$$

где  $F_n^{\text{п}}$  и  $F_n^{\text{пп}}$  — число полных и предпраздничных дней,  $F_n^{\text{п}} = 249$ ,  $F_n^{\text{пп}} = 5$ ;  $t_{\text{см}}^{\text{п}}$ ,  $t_{\text{см}}^{\text{пп}}$  — продолжительность полной и предпраздничной рабочей смены,  $t_{\text{см}}^{\text{п}} = 8 \text{ ч}$ ,  $t_{\text{см}}^{\text{пп}} = 7 \text{ ч}$ .

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле (8.2):

$$F_s = F_n K_{\text{п.о}} = 2027 \cdot 0,82 = 1662 \text{ ч;}$$

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

2. Число партий деталей по базовому  $\Pi_n^6$  и проектируемому  $\Pi_n^{\text{п}}$  вариантам рассчитывается по формуле (8.3):

$$\Pi_n^6 = 4 \cdot 203 \cdot 2 = 1624 \text{ партии;}$$

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

3. Размер партии деталей  $j$ -го наименования определяется по формуле (8.4):

$$P_j^6 = \frac{20666}{203 \cdot 2} = 51 \text{ шт.}; \quad P_j^{\text{п}} = \frac{20666}{203 \cdot 3} = 34 \text{ шт.}$$

Таблица 8.3  
Технологический процесс изготовления деталей

Операция	Раз- ряд рабо- ты	Но- мен- клагура де- талей	Вариант 1				Вариант 2					
			Оборудование		Затраты времени, мин		Оборудование		Затраты времени, мин			
			$t_o$	$T_v$	$t_{оп}$	$t_k^*$	$t_o$	$T_v$	$t_{оп}$	$t_k^*$		
Токарная 1	3	№1 №2 №3 №4	Станок токар- ный с ЧПУ 16Б16Ф3-31	3,0	1,0	4,0	4,5	Роботизирован- ный токарный комплекс 16Б16Т1-03	3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,2	1,1	4,3	4,5		3,2	0,5	3,7	2,5
			Итого	12,2	4,1	16,3	—	Итого	12,2	2,0	14,2	—
Токарная 2	4	№1 №2 №3 №4	Станок токар- ный с ЧПУ 16Б16Ф3-31	2,5	0,8	3,3	4,5	Роботизирован- ный токарный комплекс 16Б16Т1-03	2,5	0,4	2,9	2,5
				2,5	0,8	3,3	4,5		2,5	0,4	2,9	2,5
				2,5	0,8	3,3	4,5		2,5	0,4	2,9	2,5
				2,6	0,9	3,5	4,5		2,6	0,4	3,0	2,5
			Итого	10,1	3,3	13,4	—	Итого	10,1	1,6	11,7	—
Токарная 3	4	№1 №2 №3 №4	Станок токар- ный с ЧПУ 16Б16Ф3-31	3,0	1,0	4,0	4,5	Роботизирован- ный токарный комплекс 16Б16Т1-03	3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,0	1,0	4,0	4,5		3,0	0,5	3,5	2,5
				3,2	1,1	4,3	4,5		3,2	0,5	3,7	2,5
			Итого	12,2	4,1	16,3	—	Итого	12,2	2,0	14,2	—

Окончание табл. 8.3

Операция	Разряд работы	Номенклатурные детали	Вариант 1				Вариант 2					
			Оборудование		Заграты времени, мин		Оборудование		Заграты времени, мин			
			$t_o$	$T_a$	$t_{оп}$	$t^*$	$t_o$	$T_a$	$t_{оп}$	$t^*$		
Фрезерная	5	№1 №2 №3 №4	Станок фрезерный широко-универсальный с ЧПУ	4,5	2,1	6,6	4,8	Станок фрезерный широко-универсальный с ЧПУ 6720ВФ2	4,5	1,6	6,1	4,8
			Итого	18,6	8,8	27,4	—	Итого	18,9	6,4	25,3	—
			Круглошлифовальная	5,0	2,2	7,2	4,9	Полуавтомат круглошлифовальный с ЧПУ 3М152МВФ2-01	5,0	1,6	6,6	4,9
			Итого	21,3	8,9	30,2	—	Итого	21,3	6,4	27,7	—

4. Число переналадок оборудования в год составляет

$$\Pi_{\text{пер}}^6 = \Pi_{\text{п}}^6 = 1624;$$

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

5. Расчет годового фонда времени, затрачиваемого на переналадку оборудования, приведен табл. 8.4.

Таблица 8.4

Затраты времени на переналадку оборудования

Операция	Базовый вариант (1)			Базовый вариант (2)		
	$t_{\text{н}}^6$ , мин	$\Pi_{\text{пер}}^6$ , шт.	$T_{\text{н}}^6$ , ч	$t_{\text{н}}^{\text{п}}$ , мин	$\Pi_{\text{пер}}^{\text{п}}$ , шт.	$T_{\text{н}}^{\text{п}}$ , ч
Токарная 1	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
Токарная 2	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
Токарная 3	4,5	1624	122	2,5	2436	101,5
Фрезерная	4,8	1624	130	4,8	2436	195,0
Круглошлифовальная	4,9	1624	133	4,9	2436	199,0
Итого			629			698,5

6. Период чередования партии деталей определяем по формуле (8.5):

$$R_j^6 = \frac{1662 \cdot 2 \cdot 51}{20666} = 8 \text{ ч};$$

$$R_j^{\text{п}} = \frac{166283 \cdot 34}{20666} = 8 \text{ ч}.$$

7. Число единиц оборудования рассчитываем по формуле (8.6). Расчет приведен в табл. 8.5 и 8.6.

8. Необходимое число электрокаров по базовому варианту и робоэлектрокаров по проектируемому для перевозки заготовок со склада и готовых деталей на склад рассчитываем по формуле (8.7):

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



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

Таблица 8.5

Расчет числа единиц оборудования (базовый вариант)

Расчетные показатели	Программа выпуска деталей $N_j$ , шт.	Трудоемкость работ по операциям, н/ч				
		Токарная 1	Токарная 2	Токарная 3	Фрезерная	Шлифовальная
		$\frac{N_j t_{оп1}}{60} + T_{н1}^6$	$\frac{N_j t_{оп2}}{60} + T_{н2}^6$	$\frac{N_j t_{оп3}}{60} + T_{н3}^6$	$\frac{N_j t_{оп4}}{60} + T_{н4}^6$	$\frac{N_j t_{оп5}}{60} + T_{н5}^6$
Валик 16×172	20666	1377,73	1136,63	1377,73	2273,36	2479,92
Валик 22×227	20666	1377,73	1136,63	1377,73	2411,03	2617,69
Валик 30×226	20666	1377,73	1136,63	1377,73	2411,03	2617,69
Валик 32×264	20666	1481,06	1205,52	1481,06	2445,48	2686,58
Итого		5736,25	4737,41	5736,25	9670,80	10534,88

Таблица 8.6

Расчет календарно-плановых нормативов

Показатели	Операции				
	Токарная 1	Токарная 2	Токарная 3	Фрезерная	Шлифовальная
Годовой эффективный фонд времени работы оборудования $F_s$ , ч	3324	3324	3324	3324	3324
Расчетное число единиц оборудования $C_p$	1,73	1,43	1,73	2,91	3,17
Принятое число единиц оборудования $C_{пр}$	2	2	2	3	3
Коэффициент загрузки оборудования $K_{30}$	0,87	0,72	0,87	0,97	1,05

9. Расчет необходимого количества промышленных роботов (ПР). Из технологии изготовления деталей (см. табл. 8.3) и расчета необходимого числа единиц оборудования (см. табл. 8.6) видно, что промышленные роботы нужны для обслуживания четырех станков на фрезерной и шлифовальных операциях.

Таблица 8.7

Расчет необходимого числа единиц оборудования  
(проектируемый вариант)

Расчетные показатели	Программа выпуска деталей $N_j$ , шт.	Трудоемкость работ по операциям, н/ч				
		Токар- ная 1	Токар- ная 2	Токар- ная 3	Фрезер- ная	Шлифо- вальная
		$\frac{N_j t_{оп1}}{60} + T_{н1}^п$	$\frac{N_j t_{оп2}}{60} + T_{н2}^п$	$\frac{N_j t_{оп3}}{60} + T_{н3}^п$	$\frac{N_j t_{оп4}}{60} + T_{н4}^п$	$\frac{N_j t_{оп5}}{60} + T_{н5}^п$
Валик 16×172	20666	1205,50	998,86	1205,50	2101,05	2273,3
Валик 22×227	20666	1205,50	998,86	1205,0	2204,38	2411,0
Валик 30×226	20666	1205,50	998,86	1205,50	2204,38	2411,0
Валик 32×264	20666	1268,00	1129,72	1481,06	2204,38	2433,5
Итого		5736,25	4737,41	4986,5	8908,2	9727,8

Выбираем тип напольный робот ПР «БРИГ-10Б», который работает в цилиндрической системе координат и выполняет все вспомогательные операции технологического процесса.

Сначала определяем, сколько станков может обслужить один промышленный робот, по формуле (8.8):

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

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

Таблица 8.8

## Расчет календарно-плановых нормативов

Показатели	Операции				
	Токар- ная 1	Токар- ная 2	Токар- ная 3	Фрезер- ная	Шлифо- вальная
Годовой эффектив- ный фонд времени работы оборудования $F_3$ , ч	1662·3	1662·3	1662·3	1662·3	1662·3
Расчетное число еди- ниц оборудования $C_p$	1,0	0,83	1,0	1,78	1,95
Принятое число еди- ниц оборудования $C_{пр}$	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0
Коэффициент загруз- ки оборудования $K_{з0}$	1,0	0,83	1,0	0,89	0,97

10. Длительность технологического цикла определяем по формуле (8.9):

по базовому варианту

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

$$t_{ц2}^6 = 51 \left( \frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,7}{3} + \frac{7,6}{3} \right) - (51 - 1) \times \\ \times \left( \frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{6,7}{3} \right) = 154,41 \text{ мин} = 2,57 \text{ ч};$$

$$t_{ц3}^6 = 51 \left( \frac{4}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{7}{3} + \frac{7,6}{3} \right) - (51 - 1) \times \\ \times \left( \frac{3,3}{2} + \frac{3,3}{2} + \frac{4}{2} + \frac{7}{3} \right) = 154,51 \text{ мин} = 2,58 \text{ ч};$$

$$t_{ц4}^6 = 51 \left( \frac{4,3}{2} + \frac{3,5}{2} + \frac{4,3}{2} + \frac{7,1}{3} + \frac{7,8}{3} \right) - (51 - 1) \times \\ \times \left( \frac{3,5}{2} + \frac{3,5}{2} + \frac{4,3}{2} + \frac{7,1}{3} \right) = 161,02 \text{ мин} = 2,68 \text{ ч};$$

по проектируемому варианту

$$t_{ц1}^n = 34 \left( 3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,1}{2} + \frac{6,6}{2} \right) - (34 - 1) \times \\ \times \left( 2,9 + 2,9 + \frac{6,1}{2} + \frac{6,1}{2} \right) = 159,8 \text{ мин} = 2,66 \text{ ч};$$

$$t_{ц2}^n = 34 \left( 3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,4}{2} + \frac{7}{2} \right) - (34 - 1) \times \\ \times \left( 2,9 + 2,9 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 161,8 \text{ мин} = 2,7 \text{ ч};$$

$$t_{ц3}^n = 34 \left( 3,5 + 2,9 + 3,5 + \frac{6,4}{2} + \frac{7}{2} \right) - (34 - 1) \times \\ \times \left( 2,9 + 2,9 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 161,8 \text{ мин} = 2,7 \text{ ч};$$

$$t_{ц4}^n = 34 \left( 3,7 + 3,0 + 3,7 + \frac{6,4}{2} + \frac{7,1}{2} \right) - (34 - 1) \times \\ \times \left( 3,0 + 3,0 + \frac{6,4}{2} + \frac{6,4}{2} \right) = 173,9 \text{ мин} = 2,9 \text{ ч}.$$

11. Величину незавершенного производства определяем по формуле (8.10):

по базовому варианту

$$H_{ср1}^6 = \frac{20666 \cdot 2,63}{1622 \cdot 2} = 16 \text{ шт.}; \quad H_{ср2}^6 = \frac{20666 \cdot 2,57}{1622 \cdot 2} = 16 \text{ шт.};$$

$$H_{ср3}^6 = \frac{20666 \cdot 2,58}{1622 \cdot 2} = 16 \text{ шт.}; \quad H_{ср4}^6 = \frac{20666 \cdot 2,68}{1622 \cdot 2} = 17 \text{ шт.};$$

по проектируемому варианту

$$H_{\text{ср1}}^{\text{п}} = \frac{20666 \cdot 2,66}{1622 \cdot 3} = 11 \text{ шт.}; \quad H_{\text{ср2}}^{\text{п}} = \frac{20666 \cdot 2,7}{1622 \cdot 3} = 11 \text{ шт.};$$

$$H_{\text{ср3}}^{\text{п}} = \frac{20666 \cdot 2,7}{1622 \cdot 3} = 11 \text{ шт.}; \quad H_{\text{ср4}}^{\text{п}} = \frac{20666 \cdot 2,9}{1622 \cdot 3} = 12 \text{ шт.}$$

В нормо-часах величина незавершенного производства составляет:

по базовому варианту

$$H_{\text{ср}} = 16(4 + 3,3 + 4 + 6,6 + 7,2) + 16(4 + 3,3 + 4 + 6,7 + 7,6) + 16(4 + 3,3 + 4 + 7 + 7,6) + 17(4,3 + 3,5 + 4,3 + 7,1 + 7,8) = 842,3 \text{ н/ч};$$

по проектируемому варианту

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

12. Расчет численности производственного персонала. Численность операторов, осуществляющих наблюдение за работой технологического оборудования, по проектируемому варианту определяем по формуле (8.11):

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

По базовому варианту по данным табл. 8.3 определяем

$$\begin{aligned} \chi_{\text{оп1}}^6 &= \frac{20666 \cdot (4 + 4 + 4 + 4,3) \cdot (1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел.}; \\ \chi_{\text{оп2}}^6 &= \frac{20666 \cdot (3,3 + 3,3 + 3,3 + 3,5) \cdot (1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 2,8 = 3 \text{ чел.}; \\ \chi_{\text{оп3}}^6 &= \frac{20666 \cdot (4 + 4 + 4 + 4,3) \cdot (1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 3,4 = 4 \text{ чел.}; \\ \chi_{\text{оп4}}^6 &= \frac{20666 \cdot (6,6 + 6,7 + 7 + 7,1) \cdot (1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 5,7 = 6 \text{ чел.}; \\ \chi_{\text{оп5}}^6 &= \frac{20666 \cdot (7,2 + 7,6 + 7,6 + 7,8) \cdot (1 + 0,06 + 0,04)}{60 \cdot 1808 \cdot 1 \cdot 1} = 6,3 = 7 \text{ чел.} \end{aligned}$$

Для выполнения работы на оборудовании требуется всего 24 оператора.

Численность наладчиков рассчитываем по формуле (8.12):  
по проектируемому варианту

$$\chi_{\text{н}}^{\text{п}} = \frac{698,5 + 1,5 + 203}{1808 \cdot 1} = 0,55 = 1 \text{ чел.};$$

по базовому варианту

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

Численность рабочих, выполняющих настройку инструмента, рассчитываем по формуле (8.13):

по проектируемому варианту

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

по базовому варианту

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

Численность сборщиков приспособлений определяем по формуле (8.14):

по проектируемому варианту

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

по базовому варианту

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

Численность транспортных рабочих рассчитываем по формуле (8.15):

по базовому варианту

$$\chi_{\text{тр}}^{\text{б}} = \frac{4 \cdot 20666 \cdot 6 \cdot 0,5}{60 \cdot 1808 \cdot 1,1} = 2,1 = 2 \text{ чел.}$$

Расчет общей численности рабочих:

по проектируемому варианту

$$\chi_{\text{р}}^{\text{п}} = \chi_{\text{оп}}^{\text{п}} + \chi_{\text{н}}^{\text{п}} + \chi_{\text{н.и}}^{\text{п}} + \chi_{\text{сб}}^{\text{п}} = 3 + 1 + 4 + 7 = 15 \text{ чел.};$$

по базовому варианту

$$\chi_p^6 = \chi_{оп}^6 + \chi_n^6 + \chi_{н.и}^6 + \chi_{сб}^6 + \chi_{тр}^6 = 24 + 1 + 3 + 5 + 2 = 35 \text{ чел.}$$

Произведем выбор экономически выгодного варианта организации производства.

13. Расчет капитальных вложений. Размер капитальных вложений определяем по формуле (8.16). Все составляющие капитальных затрат приведены в табл. 8.1.

По базовому варианту

$$K^6 = (46530 + 1580,8 + 6017,5 + 2000 + 1750 + 1123 + 62480 + 5000 + 1270)10^3 = 127751,3 \text{ тыс. руб.}$$

По проектируемому варианту

$$K^n = (38655 + 5390 + 9512 + 12500 + 1580 + 1180 + 52480 + 25000 + 1170)10^3 = 147476 \text{ тыс. руб.}$$

14. Расчет себестоимости выпускаемой продукции.

Расчет затрат на основные материалы. Затраты на основные материалы (табл. 8.9) за вычетом реализуемых отходов составляют по базовому и проектируемому вариантам одинаковую сумму

$$P_m^n = P_m^6 = (21083,7 + 39487,1 + 76293,7 + 87369,3) \cdot 10^3 = 224233,8 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 8.9

Расчет затрат на материалы

№ строки	Показатель	Номенклатура деталей			
		Валик 16×172	Валик 22×227	Валик 30×226	Валик 32×264
1	Программа выпуска, шт.	20666	20666	20666	20666
2	Наименование материала	Ст. 45	Ст. 45	Ст. 45	Ст. 45
3	Норма расхода на деталь	0,8	1,5	2,9	3,3
4	Чистая масса детали, кг	0,6	1,1	2,1	2,7
5	Отходы на одну деталь, кг	0,2	0,4	0,8	0,6

Окончание табл. 8.9

№ строки	Показатель	Номенклатура деталей			
		Валик 16×172	Валик 22×227	Валик 30×226	Валик 32×264
6	Расход материала на программу (стр.1×стр.3), кг	16533	30999	59931	68198
7	Отходы на программу (стр.1×стр.5), кг	4133	8266	16533	12400
8	Оптовая цена 1 кг материала, руб.	1235	1235	1235	1235
9	Оптовая цена отходов, руб.	86	86	86	86
10	Затраты на материалы на программу с учетом транспортно-заготовительных расходов (стр.6×стр.8×1,05), тыс. руб.	21439,2	40197,9	77715,5	88435,7
11	Стоимость реализуемых отходов (стр.7×стр.9), тыс. руб.	355,4	710,9	1421,8	1066,4
12	Затраты на материалы за вычетом отходов (стр.10-стр.11), тыс. руб.	21083,7	39487,1	76293,7	87369,3
13	Затраты на одну деталь (стр.12:стр.1), руб.	1020	1911	3692	4228

Расчет основной заработной платы производственных рабочих:

по базовому варианту

$$P_{3.0}^6 = C_T \cdot Ч_p \cdot F_3 \cdot K_{\text{прем}} = 957,716 \cdot 1808 \cdot 1,1 = 66664,7 \text{ тыс. руб.};$$



по проектируемому варианту

$$P_{3.0}^n = 1015,76 \cdot 15 \cdot 1808 \cdot 1,15 = 31679,5 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы производственных рабочих:

по базовому варианту

$$P_{3.д}^6 = P_{3.0}^1 H_{дз} = 66664700 \cdot 0,4 = 26666 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{3.д}^n = P_{3.0}^2 H_{дз} = 31679500 \cdot 0,4 = 12671,8 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет отчислений по единому социальному налогу:

по базовому варианту

$$P_{ЕСН}^6 = (P_{3.0}^1 + P_{3.д}^2) H_{сз} = (66664,7 + 26665,9) \cdot 10^3 \cdot 0,35 = \\ = 32665,7 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{ЕСН}^n = (P_{3.0}^2 + P_{3.д}^2) H_{сз} = (31679,5 + 12671,8) \cdot 10^3 \cdot 0,35 = \\ = 15523 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет затрат на потребляемую силовую электроэнергию:

по базовому варианту

$$P_3^6 = W_y F_3 U_3 K_{ем} K_{ев} K_{зо} \frac{J}{\eta} = 128 \cdot 1662 \cdot 1,390 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \times \\ \times 0,9 \cdot 1,15/0,75 = 195873,7 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_3^n = 76,5 \cdot 1662 \cdot 1,390 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot 1,15/0,75 = \\ = 165,8 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на амортизацию основных фондов принимаем по табл. 8.1:

по базовому варианту

$$P_a^6 = 4962,6 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_a^n = 4675,3 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет затрат на ремонт и техническое обслуживание оборудования:

по базовому варианту

$$P_p^6 = (H_M K_M + H_3 K_3) M = (28090 \cdot 232 + 7050 \cdot 472) \cdot 1,1 = \\ = 10828,9 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

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

Расчет затрат на содержание площади участка:

по базовому варианту

$$P_{с.у}^6 = S_{уч}^1 P_{пл}^1 = 8500 \cdot 337 = 2864,5 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{с.у}^n = 8500 \cdot 281 = 2388,5 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет затрат на ремонт и обслуживание станков с ЧПУ:

по базовому варианту

$$P_{чпу}^6 = 3_{чпу}^6 K_{чпу}^6 = 187200 \cdot 12 = 2246,4 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{чпу}^n = 187200 \cdot 10 = 1872 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет налога на недвижимость:

по базовому варианту

$$P_{н.д}^6 = 121481300 \cdot 0,02 = 2429,6 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$P_{н.д}^n = 121306060 \cdot 0,02 = 2426,1 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчетов всех видов заносим в табл. 8.10.

15. Расчет величины годового экономического эффекта.

Расчет суммы приведенных затрат:

по базовому варианту

$$З_1^6 = C_1 + E_n K_1 = 586235400 + 0,15 \cdot 127751300 = \\ = 605398,1 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

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

где  $C$  — себестоимость;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности,  $E_n = 0,15$ ;  $K$  — единовременные капитальные вложения.

Таблица 8.10

Расчет себестоимости обработки деталей  
годового выпуска, тыс. руб.

Статья затрат	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Основные материалы за вычетом отходов	$P_M$	224233,8	224233,8
Основная заработная плата производственных рабочих	$P_{з.о}$	66664,7	31679,5
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$P_{з.д}$	26666	12671,8
Фонд социальной защиты населения РБ	$P_{с.з}$	32665,7	15523,0
Чрезвычайный налог для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС	$P_{авс}$	11199,7	5322,2
Фонд занятости населения РБ	$P_{зан}$	933,3	443,5
Средства на содержание детских дошкольных учреждений	$P_{д.у}$	4666,5	2217,6
Затраты на потребляемую электроэнергию	$P_e$	195873,7	165842,3
Амортизация основных фондов	$P_a$	4962,6	4675,3
Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования	$P_p$	10828,9	8267,2
Затраты на содержание площади участка	$P_{с.у}$	2864,5	2388,5
Затраты на ремонт ЧПУ	$P_{чпу}$	2246,4	1872,0
Налог на недвижимость	$P_{н.д}$	2429,6	2426,1
Итого	$C_1, C_2$	373757,3	303903,0

Расчет величины годового экономического эффекта:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 605398100 - 499684200 = 105713,9 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет срока окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_2 - C_1} = \frac{147476,0 - 127751,3}{586235400 - 477562800} = 0,2 \text{ года.}$$

Таким образом, капитальные вложения окупятся за 0,28 года.

## **9. Экономическая эффективность организации производства**

### **9.1. Методические основы оценки экономической эффективности совершенствования организации производства**

Методические положения оценки экономической эффективности улучшения организации производства основываются на общей теории и методологии определения экономической эффективности производства.

Эффект совершенствования организации производства возникает при проведении конкретных и частных мероприятий по совершенствованию организации производства и представляет собой качественно и количественно величину, отличную от суммы отдельных частных эффектов.

Экономический эффект от внедрения конкретных мероприятий по организационному усовершенствованию может определяться в стоимости или в натуральном выражении. При этом следует иметь в виду, что результаты организационных мероприятий по-разному влияют на экономический эффект, возникает необходимость классифицировать источники экономического эффекта организационных усовершенствований. В основу классификации может быть положен принцип выявления источников экономического эффекта по результату воздействия организации производства на использование основных ресурсов (табл. 9.1).

Следует отметить, что то или иное мероприятие по совершенствованию организации производства может ввести в действие как один, так и несколько источников экономического эффекта. При этом одни источники могут дать положительный эффект, другие — отрицательный. Оценивая

Таблица 9.1

Источники экономического эффекта от частных мероприятий  
по совершенствованию организации производства

Улучшение использования трудовых ресурсов	Улучшение использования орудий труда	Улучшение использования предметов труда	Повышение качества
Сокращение потерь рабочего времени	Более полная загрузка оборудования	Сокращение длительности производственного цикла	Сокращение потерь от внутрипроизводственного брака и дефектов
Более полное использование квалификации работников	Сокращение времени пребывания оборудования в ремонте	Сокращение времени освоения производства новой продукции	Уменьшение затрат на контроль качества
Совершенствование структуры кадров	Сокращение простоев оборудования	Сокращение времени пролеживания деталей изделий	Сокращение потерь от реализации
Сокращение времени выполнения технологических операций	Более полное использование технических возможностей оборудования	Сокращение размеров производственных запасов и заделов	Сокращение затрат на предупреждение, профилактику брака и обеспечение высокого качества
Уменьшение текучести кадров	Сокращение времени наладки и переналадки оборудования	Сокращение времени и затрат на транспортировку предметов труда	—
—	Высвобождение оборудования и производственных площадей	—	—

экономическую эффективность организационных усовершенствований, необходимо выявить все источники, через которые они влияют на экономический эффект, провести конкретные расчеты.

Общий экономический эффект рассчитывается по следующей формуле, руб.:

$$\Delta = (C_0 - C_1) + E_n K,$$

где  $C_0$  — затраты на производство продукции до реализации мероприятий, руб.;  $C_1$  — затраты на производство продукции после реализации мероприятий, руб.;  $E_n$  — нормативный коэффициент экономической эффективности;  $K$  — затраты на осуществление организационного мероприятия, руб.

В том случае, если сумма расходов незначительна, она вычитается из разницы затрат в расчете на год.

Методы определения размера экономии по каждому конкретному мероприятию строго индивидуализированы и определяются характером этих мероприятий.

## 9.2. Порядок определения экономической эффективности совершенствования организации производства

Деятельность по совершенствованию организации производства является важным средством повышения эффективности производственных систем. Определение экономической эффективности улучшения организации осуществляется путем реализации ряда последовательных этапов (рис. 9.1).

Методы оценки эффективности основаны на сопоставлении показателей сравниваемых объектов, поэтому по каждому мероприятию необходимо выбрать объект для сравнения. Возможны следующие варианты сопоставления:

- сравнение с базой, т.е. фактическим положением до осуществления организационного мероприятия;
- сравнение с вариантом плана совершенствования организации производства для выбора лучшего варианта;

- сравнение с аналогичными объектами на других предприятиях;
- сравнение на основе нормативов организации производства.

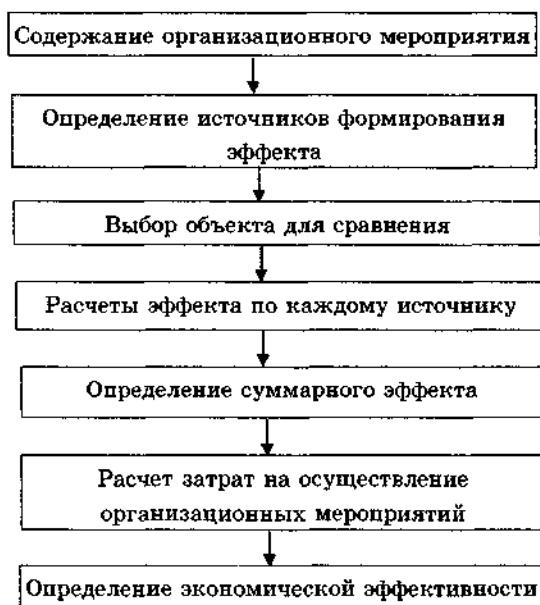


Рис. 9.1. Основные этапы определения экономической эффективности совершенствования организации производства

Экономический эффект рассчитывается по каждому источнику эффективности. При этом следует иметь в виду, что факторы, определяющие экономический эффект, по возможности их измерения подразделяются на следующие группы:

- факторы, поддающиеся стоимостному измерению и, следовательно, калькуляции, расчетам;
- факторы, которые измеряются нестоимостными количественными показателями, но могут быть представлены и в стоимостном выражении;



— факторы, которые не поддаются количественному и стоимостному измерению (например, монотонность труда).

При расчетах экономического эффекта учитываются две первые группы факторов, однако экономическая оценка должна выполняться во всех случаях организационного совершенствования. Не поддающиеся стоимостному измерению факторы необходимо также охарактеризовать количественно и качественно, сравнить с затратами на осуществление данного организационного мероприятия и принять решение о его целесообразности.

После выполнения расчетов экономического эффекта по каждому источнику эффективности определяется суммарный эффект.

Ответственным этапом цикла определения экономической эффективности по организационному совершенствованию является расчет затрат на осуществление этих мероприятий. При выполнении расчетов следует учитывать лишь те затраты, которые связаны непосредственно с проведением организационных мероприятий. Вместе с тем в тех случаях, где то или иное организационное усовершенствование требует применения новых технических средств, без которых оно не может быть реализовано, затраты на них должны быть учтены.

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений по организационному мероприятию определяется

по формуле  $E = \frac{\Delta_c}{K}$ .

Рассчитанный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений сравнивается с установленным нормативным коэффициентом  $E_n = 0,15$ .

### 9.3. Методические указания, типовая задача с решением и задачи для решения

#### Методические указания

Годовой экономический эффект на стадии проектирования от мероприятий унификации и стандартизации:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = n t_{\text{шт.}} \mathcal{Z}_{\text{н}} + K_{\text{д}} E_{\text{н}}, \quad (9.1)$$

где  $n$  — количество типоразмеров деталей, проектирование которых отпадает в связи с их унификацией;  $t_{\text{шт.}}$  — трудоемкость проектирования одной детали, ч;  $\mathcal{Z}_{\text{н}}$  — заработная плата с начислениями за 1 час проектирования, руб.;  $K_{\text{д}}$  — дополнительные капитальные вложения при проектировании, руб.;  $E_{\text{н}}$  — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений,  $E_{\text{н}} = 0,15$ .

Годовой экономический эффект на стадии изготовления:

$$\mathcal{E}_{\text{изг}} = (C_{\text{б}} + E_{\text{н}} K_{\text{б}}) - (C_{\text{н}} + E_{\text{н}} K_{\text{н}}), \quad (9.2)$$

где  $C_{\text{б}}$ ,  $C_{\text{н}}$  — удельная себестоимость продукции по базовому и проектируемому варианту, руб.;  $K_{\text{б}}$ ,  $K_{\text{н}}$  — удельные капитальные вложения по базовому и проектируемому варианту, руб.

Эффект от увеличения срока службы за счет восстановления деталей:

$$\mathcal{E} = \left( \frac{\Pi_{\text{н}} + \Pi_{\text{тр}} - \Pi_{\text{ом}}}{T_{\text{сл}}^{\text{н}}} - \frac{C_{\text{в}}}{T_{\text{сл}}^{\text{в}}} \right) Q_{\text{в}}, \quad (9.3)$$

где  $\Pi_{\text{н}}$  — цена новой детали, руб.;  $\Pi_{\text{ом}}$  — цена отходов при списании, руб.;  $\Pi_{\text{тр}}$  — затраты на транспортировку, руб.;  $C_{\text{в}}$  — полная себестоимость восстановления детали, руб.;  $T_{\text{сл}}^{\text{н}}$ ,  $T_{\text{сл}}^{\text{в}}$  — сроки службы новой и восстановленной детали, лет;  $Q_{\text{в}}$  — количество деталей, подлежащих восстановлению, в год, шт.

Эффект от снижения затрат на проектирование:

$$\mathcal{E} = (E_{\text{н}} K_1 + C_{\text{пр1}}) - (E_{\text{н}} K_2 + C_{\text{пр2}}), \quad (9.4)$$

где  $K_1$ ,  $K_2$  — стоимость основных средств до и после перехода на современное оборудование, руб.;  $C_{\text{пр1}}$ ,  $C_{\text{пр2}}$  — стоимость проектирования базового и нового изделия, руб.

Эффект от улучшения использования оборудования:

$$\Delta = (C_{мч1}t_1 - C_{мч2}t_2) Q_r, \quad (9.5)$$

где  $C_{мч1}$ ,  $C_{мч2}$  — средняя стоимость часа работы оборудования до и после внедрения мероприятия, руб.;  $t_1$ ,  $t_2$  — трудоемкость обработки детали, ч.

Эффект от снижения норм расхода материала:

$$\Delta = Q_r \Pi_m (H_1 - H_2), \quad (9.6)$$

где  $\Pi_m$  — цена материала, руб/кг;  $H_1$ ,  $H_2$  — норма расхода материала, кг.

Эффект от сокращения длительности производственного цикла изготовления детали:

$$\Delta = \frac{E_m Q_r C_n (T_{ц1} - T_{ц2})}{2T_d}, \quad (9.7)$$

где  $C_n$  — стоимость изготовления детали, руб.;  $T_{ц1}$ ,  $T_{ц2}$  — длительность производственного цикла по вариантам, ч;  $T_d$  — годовой фонд рабочего времени, ч.

Эффект от совершенствования методов испытаний и контроля:

$$\Delta = \frac{Q_r Z_n}{100} \left( \frac{t_{н1} h_1}{n_1} - \frac{t_{н2} h_2}{n_2} \right), \quad (9.8)$$

где  $t_{н1}$ ,  $t_{н2}$  — время испытаний до и после стандартизации, ч;  $h_1$ ,  $h_2$  — процент выборочности контроля до и после мероприятия, %;  $n$  — число испытательных стендов, шт.;  $Z_n$  — часовая заработная плата контролера или испытателя.

## Типовая задача с решением

**Задача 9.1.** Перед проектной организацией поставлена задача: спроектировать новое изделие А. Проектные работы можно осуществить традиционными методами, т.е. вручную, или с применением САПР. Необходимо определить экономически выгодный вариант проектирования и производства нового изделия А при исходных данных, приведенных в табл. 9.2–9.4.

Таблица 9.2

Исходные и нормативные данные для расчета

Показатели	Условные обозначения	Базовый вариант	Новый вариант
Среднегодовой фонд рабочего времени, ч	$F_3$	1815	1815
Годовой расход потребляемого материала, кг: углеродной стали нержавеющей стали	$M_y$ $M_n$	1680 700	2016 840
Коэффициент, учитывающий эквивалентность металла	$K_m$	—	0,5
Стоимость 1 кг потребляемого металла, тыс. руб.: углеродной стали нержавеющей стали	$\Pi_y$ $\Pi_n$	100 1000	100 1000
Стоимость 1 м <sup>2</sup> служебно-бытовых помещений, тыс. руб.	$\Pi_{сп}$	100	100
Средняя площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного работающего, м <sup>2</sup>	$S_{сл}$	7	7
Средняя стоимость оснащения одного рабочего места проектировщика и рабочего, тыс. руб.	$\Pi_{р.м}$	7	7
Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_v$	0,5	0,5
Стоимость 1кВт·ч электроэнергии, руб.	$\Pi_э$	280	280
Среднегодовая основная заработная плата разработчика технической документации, тыс. руб.	$P_{з.о}$	5000	5000
Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату	$H_{д.з}$	0,4	0,4

Продолжение табл. 9.2

Показатели	Условные обозначения	Базовый вариант	Новый вариант
Коэффициент, учитывающий отчисления по единому социальному налогу (ЕСН)	$H_{\text{ЕСН}}$	0,35	0,35
Предпроизводственные затраты, тыс. руб.	$K_{\text{пр}}$	—	20000
Машинное время для решения задач САПР и АСТП, ч/год	$t_{\text{маш}}$	—	640
Годовой эффективный фонд времени работы ЭВМ и других ТС, ч	$F_{\text{э.о}}$	—	5445
Численность работников, обслуживающих ТС, САПР и АСТП, чел.	$Ч_{\text{раб}}$	—	23
Коэффициент использования электродвигателя:			
по времени	$K_{\text{эв}}$	—	0,6
по мощности	$K_{\text{эм}}$	—	0,4
Коэффициент загрузки оборудования	$K_{\text{з.о}}$	—	0,9
Потери электроэнергии в сети	$i$	—	1,05
Коэффициент полезного действия оборудования	$\eta$	—	0,75
Годовые затраты на ремонт и содержание одного ЧПУ, тыс. руб.	$Z_{\text{чпу}}$	—	1793
Число установленных ЧПУ, шт.	$K_{\text{чпу}}$	—	1
Норматив затрат на единицу ремонтной сложности, тыс. руб.:			
механической части	$H_{\text{м}}$	—	28,09
электрической части	$H_{\text{э}}$	—	7,05
Установленное число единиц ремонтной сложности, р.е.:			
механической части	$R_{\text{м}}$	—	29,1
электрической части	$R_{\text{э}}$	—	37,5

Продолжение табл. 9.2

Показатели	Условные обозначения	Базовый вариант	Новый вариант
Коэффициент, учитывающий класс точности технических средств	$M$	—	1,1
Норматив отчислений на амортизацию и содержание 1 м <sup>2</sup> площади, тыс. руб.	$P_{пл}$	—	50
Площадь, занимаемая техническими средствами, м <sup>2</sup>	$S_{т.с}$	—	6
Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь	$K_{д.пл}$	—	1,3
Количество технических средств, шт.	$K_{об}$	—	40
Капитальные вложения в программы управления, тыс. руб.	$K_{п.ц}$	—	4800
Коэффициент, учитывающий корректировку программы	$K_{к.п}$	—	1,1
Продолжительность выпуска программы, лет	$Z$	—	5
Численность конструкторско-технологических работников, чел.	$ч_p$	163	30
Цена единицы продукции, тыс. руб.	$Ц_{оj}$	150	150
Себестоимость единицы продукции по годам, тыс. руб.			
1995	$C_{nj}$	105	100
1996	$C_{nj}$	100	95
1997	$C_{nj}$	90	90
1998	$C_{nj}$	85	85
1999	$C_{nj}$	80	80
Годовой объем выпуска продукции, шт.	$N_j$	30000	30000

Окончание табл. 9.2

Показатели	Условные обозначения	Базовый вариант	Новый вариант
Коэффициент приведения денежной единицы к расчетному году:			
1995	$L_t$	1,1	1,1
1996	$L_t$	0,9	0,9
1997	$L_t$	0,82	0,82
1998	$L_t$	0,75	0,75
1999	$L_t$	0,68	0,68

*Примечание.* Средняя площадь и стоимость служебно-бытовых помещений, средняя стоимость оснащения одного рабочего места и коэффициент капитальных вложений принимаются по нормативам, стоимость 1 кВт·ч электроэнергии — по прейскуранту, а остальные показатели — по данным предприятия.

Таблица 9.3

## Нормативные исходные данные

Содержание работы САПР и АСТПП	Плановый объем, шт.	Трудоемкость, н/ч			
		Базовый вариант		Проектируемый вариант	
		Норма ручной выработки	На плановый объем (гр.2×гр.3)	Норма автоматизированной выработки	На плановый объем (гр.2×гр.5)
Разработка техпроцессов	37513	1,8	37523	0,5	18775,65
Проектирование техоснастки: расчеты чертежи	14	0,8	11,2	0,3	4,2
	1414	1,6	2262	0,5	707
Разработка управляющих программ: для СЧПУ	2400	12,0	28500	1,0	2400

Окончание табл. 9.3

Содержание работы САПР и АСТПП	Плановый объем, шт.	Трудоемкость, н/ч			
		Базовый вариант		Проектируемый вариант	
		Норма ручной выра- ботки	На пла- новый объем (гр.2×гр.3)	Норма автомати- зированной вы- работки	На пла- новый объем (гр.2×гр.5)
для участка типа «Кристалл»	2000	3,0	6000	1,0	2000
Расчеты раскройных карт	200	3,6	720	1,0	200
Расчет норм на материалы и тру- довые ресурсы	21000	2,5	55000	0,5	10500
Инженерные расчеты	280	4,0	120	2,0	560
Получение чертежей	9660	8,0	77280	0,5	4830
Разработка вспо- могательной документации	17002	0,4	6800,8	0,2	13601,6
Итого	91483	—	$T^6 =$ =173217	—	$T_n =$ =53559

*Решение*

1. Расчет единовременных (капитальных) вложений в САПР и АСТПП. Единовременные (капитальные) вложения на разработку системы, а также на приобретение и наладку оборудования определяем по формуле

$$K_{\Pi} = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} t_{\text{маш}} : F_{\text{э.о}}$$

где  $K_{\text{пр}}$  — единовременные (предпроизводственные) затраты на НИР и ОКР, определяемые по смете затрат (см. табл. 9.2);  $K_{\text{об}}$  — капитальные вложения на приобретение, транспортировку и монтаж технических средств САПР и АСТПП (табл. 9.4).

$$K_{\Pi} = 20000000 + 12987000 \cdot 640 : 5445 = 21526,5 \text{ тыс. руб.}$$



Таблица 9.4  
Расчетные и нормативные данные по затратам и техническим средствам

Оборудование САПР и АСТПП	Количество, шт.	Цена за единицу оборудования, тыс. руб.	Стоимость оборудования, тыс. руб. (гр.2×гр.3)	Монтажные и наладочные работы, тран- спортировка, тыс. руб. (по ценнику №2)	Затраты на оборудо- вание, тыс. руб. (гр.4+гр.5)	Потребляемая мощность (всего), кВт (паспортные данные)
ЭВМЕС-1046АРМ	1	3000	3000	460	3460	42
СМ-1700-07	1	1000	1000	170	1170	10
СМ-1700-08	1	1000	1000	170	1170	10
«Автограф-В40»	4	100	400	170	570	20
ПЭВМЕС-1840	5	200	1000	30	1030	25
Периферийное оборудование: ПТД-3 ВС8378М модем 2400КМ устройства на микрофишах ПФМ 2-11 ПФМ 1-20 модуль связи с модемом	1 10 5 6 2	400 100 300 300 200	400 1000 1500 1800 400	240 60 10 157 20	640 1060 1510 1957 420	1,5 0,2 0,35 7,7 —
Итого	40	—	—	—	12987	116,75

2. Расчет годовых эксплуатационных затрат на выполнение проектно-конструкторских и технологических работ. Затраты на основную и дополнительную заработную плату работников по разработке проектно-конструкторской и технологической документации определяем по формуле

$$P_{з.п} = P_{з.о} (1 + H_{д.з}) T_n F_3,$$

где  $P_{з.о}$  — среднегодовая основная заработная плата работника проектно-конструкторской и технологической подготовки производства, руб.;  $H_{д.з}$  — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату разработчиков нового изделия;  $T_n$  — трудоемкость разработки годового объема проектно-конструкторской и технологической документации по проектируемому или базовому варианту, чел.-ч (см. табл. 9.3);  $F_3$  — годовой эффективный фонд времени работы одного работника, ч (см. табл. 9.2).

По базовому варианту

$$P_{з.п}^б = 5000000 (1 + 0,4) 173217 : 1815 = 477182 \text{ тыс.руб.}$$

По проектируемому варианту

$$P_{з.п.и}^п = 5000000 (1 + 0,4) \cdot 53559 : 1815 = 206563 \text{ тыс.руб.}$$

Затраты на основную и дополнительную заработную плату работников, обслуживающих ТС САПР и АСТПП, по проектируемому варианту рассчитываем по формуле

$$P_{з.п.р}^п = P_{з.о} (1 + H_{д.з}) K_{раб} = 5000000 \cdot 1,4 \cdot 23 = 161000 \text{ тыс.руб.}$$

Общие затраты на основную и дополнительную заработную плату работников по проектируемому варианту составляют

$$P_{з.п}^п = P_{з.п.и}^п + P_{з.п.р}^п = 206563000 + 161000000 = 367564 \text{ тыс.руб.}$$

Отчисления по единому социальному налогу (ЕСН) рассчитываем по формуле

$$P_{ЕСН} = P_{з.п} H_{ЕСН},$$

где  $H_{ЕСН}$  — коэффициент, учитывающий отчисления по единому социальному налогу.

По базовому варианту

$$P_{ЕСН}^б = 477181820 \cdot 0,35 = 167013 \text{ тыс.руб.}$$

По проектируемому варианту

$$P_{\text{БСН}}^{\text{П}} = 367563000 \cdot 0,35 = 128647 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на использование листового материала определяем по формуле

$$P_{\text{М}} = K_{\text{М}} (M_{\text{У}} \Pi_{\text{У}} + M_{\text{Н}} \Pi_{\text{Н}}),$$

где  $K_{\text{М}}$  — коэффициент, учитывающий экономию материала за счет использования оптимальных карт раскроя;  $M_{\text{У}}$  и  $M_{\text{Н}}$  — годовой расход углеродистой и нержавеющей стали, кг;  $\Pi_{\text{У}}$  и  $\Pi_{\text{Н}}$  — оптовая цена углеродистой и нержавеющей стали, руб./кг.

По базовому варианту

$$P_{\text{М}}^{\text{Б}} = 1(1680 \cdot 100000 + 700 \cdot 1000000) = 868000 \text{ тыс. руб.}$$

По проектируемому варианту

$$P_{\text{М}}^{\text{П}} = 0,5(2016 \cdot 100000 + 840 \cdot 1000000) = 520800 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на потребляемую силовую электроэнергию по проектируемому варианту рассчитываем по формуле

$$\begin{aligned} P_{\text{Э}}^{\text{П}} &= W_{\text{У}} F_{\text{Э}} \Pi_{\text{Э}} K_{\text{СМ}} K_{\text{ЭВ}} K_{\text{Э.М}} K_{\text{Э.О}} i / \phi = \\ &= 116,75 \cdot 1815 \cdot 280 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 1,05 / 0,75 = \\ &= 53826 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание ЧПУ по проектируемому варианту составляют

$$P_{\text{ЧПУ}}^{\text{П}} = Z_{\text{ЧПУ}} K_{\text{ЧПУ}} = 1793000 \cdot 1 = 1793 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание средств по проектируемому варианту составляют

$$\begin{aligned} P_{\text{Р}}^{\text{П}} &= (H_{\text{М}} R_{\text{М}} + H_{\text{Э}} R_{\text{Э}}) M = \\ &= (28090 \cdot 29,1 + 7050 \cdot 37,5) \cdot 1,1 = 1190 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Затраты на амортизацию и содержание площадей, занимаемых техническими средствами, по проектируемому варианту определяем по формуле

$$P_{\text{С.П}}^{\text{П}} = P_{\text{П.Л}} S_{\text{Т.С}} K_{\text{Д.П.Л}} K_{\text{Об}}^{\text{К}} = 50000 \cdot 6 \cdot 1,3 \cdot 40 = 15600 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на амортизацию технических средств по проектируемому варианту составляют

$$P_a^{\text{II}} = K_{\text{об}} H_a = 12987000 \cdot 0,14 = 1818 \text{ тыс. руб.},$$

где  $H_a$  — норма амортизации ( $H_a = 14\%$ ).

Затраты на подготовку и возобновление программ управления по проектируемому варианту рассчитываем по формулам:

по проектируемому варианту

$$P_{\text{с.сн}}^{\text{II}} = P_{\text{пл}} S_{\text{сл}} \text{ч}_p = 50000 \cdot 7 \cdot 30 = 10500 \text{ тыс. руб.};$$

по базовому варианту

$$P_{\text{с.сн}}^{\text{б}} = 50000 \cdot 7 \cdot 163 = 57050 \text{ тыс. руб.}$$

Сумма эксплуатационных затрат по вариантам составляет:

$$U_1 = 477182000 + 167013000 + 57262000 + 4772000 + \\ + 23859000 + 868000000 + 57050000 = 1569245 \text{ тыс. руб.};$$

по проектируемому варианту

$$U_2 = 367564000 + 128647000 + 44108000 + 3676000 + \\ + 18378000 + 520800000 + 53826000 + 1793000 + 1190000 + \\ + 15600000 + 1818000 + 1056000 + 10500000 = \\ = 1102794 \text{ тыс. руб.}$$

3. Расчет экономического эффекта от использования САПР и АСТПП и производства продукции. Величину экономического эффекта за период проектирования нового изделия определяем по формуле

$$\Theta = \sum_{t_n}^{t_k} \Pi_{nj} N_j L_t - \sum_{t_n}^{t_k} (U + C_{nj} N_j + K_n) L_t,$$

где  $\Pi_{nj}$  — цена единицы продукции  $j$ -государство наименования, руб.;  $N_j$  — годовой объем выпуска продукции, шт.;  $L_t$  — коэффициент приведения денежной единицы к расчетному периоду;  $U$  — сумма эксплуатационных затрат на выполнение проектно-конструкторских и технологических работ, руб.;  $C_{nj}$  — себестоимость единицы продукции, руб.;  $K_n$  — единовременные (капитальные) вложения на САПР и АСТПП, руб.

По базовому варианту величину  $\mathcal{E}$  рассчитываем по годам:

$$\mathcal{E}_{1995} = 150000 \cdot 30000 \cdot 1,1 - (1569245000 + 105000 \cdot 30000) \cdot 1,1 = -241170 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1996} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,9 - (1569245000 + 100000 \cdot 30000) \cdot 0,9 = -62320 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1997} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,82 - (1569245000 + 90000 \cdot 30000) \cdot 0,82 = +189220 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1998} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,75 - (1569245000 + 85000 \cdot 30000) \cdot 0,75 = +285566 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1999} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,68 - (1569245000 + 80000 \cdot 30000) \cdot 0,68 = +360913 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект за 5 лет составит

$$\mathcal{E}_n^6 = \sum_1^5 \mathcal{E} = 532209 \text{ тыс. руб.}$$

По проектируемому варианту величину  $\mathcal{E}$  также рассчитываем по годам:

$$\mathcal{E}_{1995} = 150000 \cdot 30000 \cdot 1,1 - (1102794000 + 10000 \cdot 30000 + 21526500) \cdot 1,1 = +825680 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1996} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,9 - (1102794000 + 95000 \cdot 30000 + 21526500) \cdot 0,9 = +75680 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1997} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,82 - (1102794000 + 90000 \cdot 30000 + 21526500) \cdot 0,82 = +554508 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1998} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,75 - (1102794000 + 85000 \cdot 30000 + 21526500) \cdot 0,75 = +229320 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_{1999} = 150000 \cdot 30000 \cdot 0,68 - (1102794000 + 80000 \cdot 30000 + 21526500) \cdot 0,68 = +663462 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект за 5 лет составит

$$\mathcal{E}_n^5 = \sum_1^5 \mathcal{E} = 2348650 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект от внедрения проектируемого варианта составляет

$$\mathcal{E} = 2348650 - 532209 = 1816441 \text{ тыс. руб.}$$

## Задачи для решения

**Задача 9.2.** Определить экономическую эффективность применения ЭВМ для конструкторских расчетов, если известно, что оклад конструктора — 2800 руб., количество отработанных им дней в месяце — 22, дополнительная зарплата конструктора — 5,2 %, отчисления на социальное страхование — 26 %, прочие расходы — 70 % от основной заработной платы. Годовое время полезной работы ЭВМ — 4010 ч, коэффициент экономической эффективности  $E_n = 0,15$ , капитальные затраты на приобретение ЭВМ — 12 тыс. руб., стоимость часа работы ЭВМ — 8 руб. Изменение трудоемкости расчетов приведено в табл. 9.5.

Таблица 9.5

Изменение трудоемкости конструкторских расчетов

№ варианта	Трудоемкость расчетов вручную, ч	Трудоемкость расчетов на ЭВМ, ч
1	52	20
2	58	10
3	60	6
4	68	10
5	48	8
6	44	4
7	68	12
8	72	12
9	84	14
10	96	18
11	76	22
12	54	24
13	62	26
14	82	28
15	50	12
16	70	17
17	80	19
18	94	23

Окончание табл. 9.5

№ варианта	Трудоемкость расчетов вручную, ч	Трудоемкость расчетов на ЭВМ, ч
19	48	14
20	62	10
21	55	20
22	76	15
23	82	18
24	48	10
25	54	20

**Задача 9.3.** Определить экономическую эффективность применения ЭВМ для контроля и регулирования технологического процесса. До внедрения ЭВМ заработная плата в себестоимости изделия составляет 18,4 %, потери от брака — 5 %, себестоимость одного изделия — 20,4 руб., годовой объем выпуска — 300 тыс. шт. Стоимость аппаратов и средств автоматизации, замененных ЭВМ и реализованных на сторону, — 2 тыс. руб. Капитальные затраты на приобретение ЭВМ — 10 тыс. руб. С применением ЭВМ изменились потери от брака и фонд заработной платы (табл. 9.6).

**Задача 9.4.** Рассчитать экономию от внедрения мероприятия, в результате которого стало возможным восстанавливать деталь в изделии, которая раньше приходила в негодность и списывалась в металлолом. Деталь приобреталась раньше со стороны по цене 10 руб. за штуку. Транспортные расходы по ее доставке — 5 % от цены. Стоимость металлолома — 10 коп. Срок службы детали — 6 месяцев, срок службы восстановленной детали — 5 месяцев. Остальные данные приведены в табл. 9.7.

**Задача 9.5.** Определить годовую экономию от использования рационализаторского предложения, позволившего сократить время на операцию, выполняемую рабочими, на 15 %. Рабочий находится на повременно-премиальной системе оплаты труда, заработная плата составляет 12 %. Остальные данные приведены в табл. 9.8.

Таблица 9.6

Снижение потерь от брака и повышение фонда  
заработной платы при применении ЭВМ

№ варианта	Снижение потерь от брака, %	Уменьшение фонда заработной платы, %	№ варианта	Снижение потерь от брака, %	Уменьшение фонда заработной платы, %
1	5,5	2	14	3,8	5,8
2	2	3	15	2,9	6
3	3	4	16	5,1	7
4	4	5	17	6,4	8
5	8	1,9	18	7	7,5
6	3,1	2,7	19	2,2	8
7	2	3,4	20	4,5	5,6
8	2,8	3,8	21	4	4
9	3,2	3,6	22	2,1	3,7
10	4,1	4,2	23	5,6	5
11	6,3	3,7	24	4,8	4,2
12	5,4	4,3	25	3,2	7,6
13	6,2	5,2			

Таблица 9.7

Исходные данные по вариантам

№ варианта	Полная себестоимость восстановленной детали, руб./шт.	Объем восстановления деталей в год, тыс. штук
1	6,4	6
2	4,2	7
3	5,3	8
4	1,2	9
5	1,8	10
6	7,4	11
7	2,6	7
8	2,8	4
9	5,4	3



Окончание табл. 9.7

№ варианта	Полная себестоимость восстановленной детали, руб./шт.	Объем восстановления деталей в год, тыс. штук
10	5,6	2
11	5,5	12
12	5,3	13
13	5,2	5
14	4,7	6,5
15	4,8	14
16	4,3	15
17	4,7	6,8
18	5,1	7,5
19	6,1	8,5
20	7,1	9,5

Таблица 9.8

Исходные данные по вариантам

№ варианта	Количество человек, занятых на операции	Годовой фонд заработной платы одного рабочего, выполняющего операцию, тыс. руб.
1	2	12,4
2	3	12,8
3	4	13,6
4	5	12,8
5	6	13,0
6	7	14,0
7	8	10,0
8	9	9,6
9	10	9,8
10	11	11,4
11	12	11,2
12	13	10,8
13	14	8,9

Окончание табл. 9.8

№ варианта	Количество человек, занятых на операции	Годовой фонд заработной платы одного рабочего, выполняющего операцию, тыс. руб.
14	15	13,2
15	16	11,8
16	17	10,4
17	18	10,8
18	19	14,6
19	20	8,0
20	22	13,4

**Задача 9.6.** Определить годовой эффект и срок окупаемости дополнительных капитальных вложений. Часовая заработная плата конструктора — 56 руб. Дополнительные капитальные вложения — 180 тыс. руб. Основные данные приведены в табл. 9.9.

Таблица 9.9

Исходные данные по вариантам

№ варианта	Норма времени на проектирование одного типоразмера детали, ч	Количество применяемых при проектировании типоразмеров деталей до унификации, шт.	Сокращение количества оригинальных деталей в результате унификации, шт.
1	2	400	15
2	3	300	20
3	4	600	30
4	5	200	35
5	6	100	38
6	7	120	40
7	8	130	41
8	9	140	43
9	10	150	48
10	11	450	46
11	12	350	55

Окончание табл. 9.9

№ варианта	Норма времени на проектирование одного типоразмера детали, ч	Количество применяемых при проектировании типоразмеров деталей до унификации, шт.	Сокращение количества оригинальных деталей в результате унификации, шт.
12	13	380	68
13	14	390	67
14	15	370	54
15	7,5	280	56
16	8,5	290	39
17	9,5	420	44
18	2,5	320	25
19	3,5	450	26
20	4,5	370	28

**Задача 9.7.** Определить годовую экономию от реализации технического мероприятия, в результате которого предприятие отказалось от поставки детали, оптовая цена которой составляла 6 руб. 50 коп. Организовано собственное производство в объеме 15 тыс. деталей. Сумма материальных затрат в себестоимости изделий — 3 руб. Остальные данные приведены в табл. 9.10.

Таблица 9.10

Исходные данные по вариантам

№ варианта	Расходы на доставку одной детали, коп.	Полная себестоимость изготовления детали новой конструкции, руб.	Норматив рентабельности к себестоимости за минусом материальных затрат, %
1	10	5,5	30
2	12	5,6	35
3	11	4,8	40
4	8	3,75	43
5	12,6	5,05	33
6	14	4,24	28

Окончание табл. 9.10

№ варианта	Расходы на доставку одной детали, коп.	Полная себестоимость изготовления детали новой конструкции, руб.	Норматив рентабельности к себестоимости за минусом материальных затрат, %
7	13	3,9	32
8	12,5	4,75	31
9	10,5	5,45	28
10	12,7	5,4	29
11	11,5	5,3	25
12	8,5	4,9	32
13	12,4	4,95	38
14	8	3,6	29
15	9	5,1	28
16	14,5	4,0	42
17	13,5	3,8	45
18	12,8	4,5	50
19	9,5	3,85	32
20	10,5	4,55	33

## Контрольные вопросы и задания

1. Организация производства как часть производственного менеджмента.
2. Система и системообразующие элементы.
3. Раскрыть основные элементы, присущие системам.
4. Перечислить закономерности организации производства, раскрыть их содержание.
5. Предприятие как производственная система, его структура.
6. Перечислить основные принципы организации производственных систем.
7. Производственный цикл и его длительность.
8. Длительность технологического и операционного циклов.
9. Охарактеризовать основные типы организации производства.
10. Дать общую характеристику основных видов движения деталей в производстве.
11. Перечислить основные признаки поточного производства.
12. Механизация и автоматизация поточного производства. Гибкие автоматизированные производства (ГАП).
13. Охарактеризовать основные виды поточных линий.
14. Синхронизация операций на поточных линиях.
15. Характеристика прерывно-поточных линий. Стандартный план работы однопредметной прерывно-поточной линии.
16. Непрерывно-поточные линии, их характеристика. Виды заделов на поточных линиях.
17. Как определяется коэффициент загрузки оборудования и коэффициент загрузки рабочих мест?
18. Пояснить понятие «многостаночное обслуживание» и условие его организации.
19. Какие технико-экономические показатели необходимо рассчитать, чтобы определить эффективность автоматизированных систем управления производством?
20. Раскрыть содержание, этапы и задачи технической подготовки производства.
21. Как выбрать наиболее экономичный вариант технологического процесса?
22. Раскрыть основные правила построения сетевых моделей.
23. Перечислить основные отличия календарного и линейного методов планирования производства.
24. Производственная инфраструктура предприятия: состав и содержание.
25. Организация ремонтного хозяйства предприятия.
26. Энергетическое хозяйство предприятия: его структура и организация.

27. Транспортное обслуживание предприятия.
28. Инструментальное хозяйство предприятия: его структура и организация.
29. Организация складского хозяйства на предприятии.
30. Раскрыть содержание оперативного управления производством.
31. Характеристика последовательного вида движения деталей в производстве.
32. Характеристика параллельного вида движения деталей в производстве.
33. Характеристика параллельно-последовательного вида движения деталей в производстве.
34. Внутрелинейные заделы на непрерывно-поточных линиях.
35. Параметры для событий в сетевых моделях и их расчет.
36. Параметры для работ в сетевых моделях и их расчет.
37. Производственный процесс и его структура.
38. Структура операционного и технологического циклов.
39. Расчет численности рабочих мест на поточной линии.
40. Основные правила планировки рабочих мест на поточной линии.

### Варианты заданий для контрольных работ

Вариант 1	Вопросы 3, 25	Задача 5.4
Вариант 2	Вопросы 4, 17	Задача 4.6
Вариант 3	Вопросы 5, 16	Задача 9.3
Вариант 4	Вопросы 2, 15	Задача 6.2
Вариант 5	Вопросы 1, 16	Задача 6.4
Вариант 6	Вопросы 18, 39	Задача 5.6
Вариант 7	Вопросы 20, 38	Задача 4.7
Вариант 8	Вопросы 8, 40	Задача 4.11
Вариант 9	Вопросы 9, 30	Задача 3.3
Вариант 10	Вопросы 10, 21	Задача 6.13
Вариант 11	Вопросы 11, 28	Задача 3.5
Вариант 12	Вопросы 12, 32	Задача 9.6
Вариант 13	Вопросы 13, 35	Задача 3.6
Вариант 14	Вопросы 6, 14	Задача 5.7
Вариант 15	Вопросы 7, 19	Задача 9.7
Вариант 16	Вопросы 22, 37	Задача 6.5
Вариант 17	Вопросы 23, 34	Задача 9.4
Вариант 18	Вопросы 24, 36	Задача 3.7
Вариант 19	Вопросы 26, 33	Задача 4.12
Вариант 20	Вопросы 27, 31	Задача 9.5