



**Уральский  
федеральный  
университет**

имени первого Президента  
России Б. Н. Ельцина

**Механико-  
машиностроительный  
институт**

**И. В. ЕРШОВА  
Т. А. МИНЕЕВА  
Е. В. ЧЕРЕПАНОВА**

# ОПЕРАТИВНО- ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Учебное пособие



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

И. В. Ершова, Т. А. Минеева, Е. В. Черепанова

# **ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ  
для студентов, обучающихся по направлениям подготовки  
150700 — Машиностроение  
и 27.04.06 — Организация и управление  
научно-производственными предприятиями

Под общей редакцией  
доктора экономических наук, профессора И. В. Ершовой

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2016

УДК 658.512.6(075.8)

ББК 65-231я73

Е80

Рецензенты:

кафедра «Экономика и менеджмент в машиностроении» Инженерно-экономического политехнического университета ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (зав-кафедрой, д-р экон. наук, проф. В. В. Кобзев);

проф. кафедры «Экономика предприятия», д-р экон. наук Е. Г. Калабина (Уральский государственный экономический университет)

**Ершова, И. В.**

Е80 Оперативно-производственное планирование: учебное пособие / И. В. Ершова, Т. А. Минеева, Е. В. Черепанова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 96 с.

ISBN 978-5-7996-1826-1

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Машиностроение». В пособии рассматриваются организационные и методические аспекты оперативно-производственного планирования на машиностроительных предприятиях: взаимосвязь оперативного планирования с общей системой менеджмента предприятия, системы оперативно-производственного планирования, примеры расчетов календарно-плановых нормативов. Основное внимание уделено оперативно-производственному планированию в серийном и единичном производстве. Пособие может быть рекомендовано как материал для подготовки к лекционным и практическим занятиям, а также для выполнения самостоятельных заданий по дисциплине «Оперативно-производственное планирование».

Библиогр.: 8 назв. Рис. 29. Табл. 22.

УДК 658.512.6(075.8)

ББК 65-231я73

ISBN 978-5-7996-1826-1

© Уральский федеральный университет, 2016

# Оглавление

---

---

Введение .....	4
1. Место и задачи оперативно-производственного планирования в общей системе управления предприятием .....	6
1.1. Содержание плановой работы на предприятии и взаимосвязь видов планирования .....	6
1.2. Цели и задачи оперативно-производственного планирования ..	11
1.3. Влияние системы оперативно-производственного планирования на экономические и финансовые результаты работы предприятия .....	22
2. Нормативно-справочная база оперативно-производственного планирования .....	31
2.1. Производственный цикл машиностроительной продукции...	31
2.2. Расчеты производственной мощности.....	37
2.3. Календарно-плановые нормативы .....	40
2.4. Структура баз данных для оперативного планирования .....	43
3. Системы оперативного производственного планирования.....	46
3.1. Критерии выбора системы оперативного производственного планирования .....	46
3.2. Разновидности выталкивающих систем ОПП.....	52
3.3. Разновидности вытягивающих систем ОПП .....	57
4. Особенности оперативно-производственного планирования в единичном и мелкосерийном производстве .....	67
4.1. Специфика ОПП в единичном и мелкосерийном производстве ...	67
4.2. Деловая ситуация .....	77
5. Особенности оперативно-производственного планирования в серийном производстве.....	80
5.1. Специфика ОПП в серийном производстве .....	80
5.2. Деловая ситуация .....	82
Заключение .....	93
Библиографический список .....	94

# Введение

---

---

**Р**ост конкуренции и повышение требования потребителей к срокам и качеству поставки продукции диктуют особое внимание к системам оперативно-производственного планирования производства как основного фактора, обеспечивающего ритмичность работы предприятия и выполнение заказов в срок.

Традиционная концепция управления производством базировалась на сокращении себестоимости продукции за счет увеличения партий запуска и создания запасов для обеспечения ритмичной работы. Современная логистическая концепция уделяет большее внимание ускорению оборачиваемости запасов, возможно в ущерб затратным показателям.

В пособии рассмотрены основные разновидности систем оперативного планирования производства традиционной и логистической концепций, приведены методики и примеры расчета календарно-плановых нормативов для серийного и единичного типов производства, показано влияние оперативно-производственного планирования на экономические и финансовые результаты работы предприятия.

В первой главе (авторы: д-р экон. наук, проф. И. В. Ершова, канд. экон. наук, доц. Е. В. Черепанова) рассматривается место оперативно-производственного планирования в общей системе управления предприятием, определяются его цели и задачи и показана взаимосвязь между системами оперативного планирования и основными результатами деятельности предприятия. Вторая глава (авторы: д-р экон. наук, проф. И. В. Ершова, канд. экон. наук, доц. Т. А. Минеева, канд. экон. наук, доц. Е. В. Черепанова) посвящена определению основных понятий и методик расчета первичных показателей для создания информационно-справочной базы оперативного планирования. Третья глава (авторы: д-р экон. наук, проф. И. В. Ершова, канд. экон. наук, доц. Е. В. Черепанова) описывает основные системы оперативно-про-

изводственного планирования, их применимость в различных типах производства. Четвертая и пятая главы (авторы: д-р экон. наук, проф. И. В. Ершова, канд. экон. наук, доц. Е. В. Черепанова) посвящены вопросам разработки оперативных планов в единичном и серийном производстве как наиболее часто встречающихся типов производства в машиностроении.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Машиностроение» и «Организация и управление наукоемкими производствами».

# 1. Место и задачи оперативно-производственного планирования в общей системе управления предприятием

---

---

## 1.1. Содержание плановой работы на предприятии и взаимосвязь видов планирования

---

---

**По** образному выражению одного из основоположников науки управления П. Друкера, управление — это процесс, «превращающий неорганизованную толпу в эффективно работающую группу». Но что нужно для этого превращения? *Во-первых*, необходимо определить общую цель, *во-вторых* разработать и распределить между участниками действия по достижению поставленной цели, *в-третьих*, необходимо стимулировать исполнителей, поощряя их к выполнению заданных действий и, наконец, *в-четвертых*, необходимо периодически контролировать результаты, т. е. процесс управления можно разбить на ряд последовательно выполняемых функций (рис. 1.1).

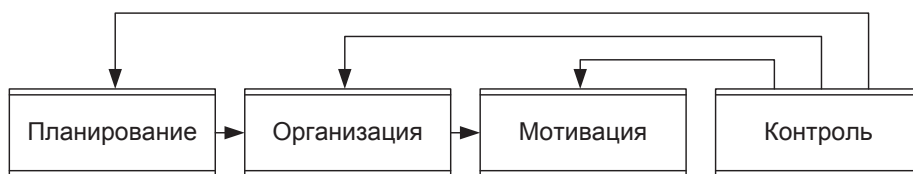


Рис. 1.1. Взаимосвязь функций управления

Таким образом, планирование — это первая, основополагающая функция управления.

**Планирование — это процесс определения желаемого будущего состояния организации и разработки программ действий по его достижению**



В простейшем виде в процессе планирования нужно ответить на следующие вопросы:

1. Каково нынешнее положение дел?
2. Каким оно должно быть в будущем?
3. Что нам может помешать?
4. Что следует предпринять?

Последовательность поставленных вопросов позволяет определить порядок выполнения основных этапов планирования:

1. Оценка ситуации.
2. Определение целей.
3. Выявление ограничений.
4. Выработка программ действий.

Наиболее важным и определяющим является этап постановки целей. Цели могут различаться как по временному горизонту (долгосрочные, среднесрочные, оперативные), так и по направленности: внешние, характеризующие отношения организации с внешней средой (покупателями, конкурентами, поставщиками, кредиторами и т. п.), и внутренние — определяющие отношения между различными подразделениями организации.

Внешние цели являются, как правило, более глобальными, т. е. для их достижения требуются скоординированные действия практически всех подразделений предприятия. Например, для завоевания определенной доли рынка (внешняя цель) могут потребоваться модернизация продукции (отдел главного конструктора), изменение технологии (отдел главного технолога), поиск новых поставщиков сырья и материалов (отдел материально-технического снабжения), организация сбыта (отдел сбыта или маркетинга), поиск источников финансирования (финансовый отдел) и т. п.

Внутренние цели подчиняются внешним и конкретизируют их. В нашем примере внутренними целями могут выступать снижение издержек производства; создание и поддержание уровня необходимых запасов сырья; определение сроков запуска—выпуска изделий по отдельным цехам и т. п.

Различия в характере целей требуют разных подходов к их определению как с точки зрения используемых методов, так и состава исполнителей.

Глобальные внешние цели, определяющие долгосрочные перспективы развития предприятия, разрабатываются высшим звеном управ-

ления: советом директоров, правлением или владельцем предприятия с привлечением руководителей всех функциональных служб и отделов преимущественно качественными методами. Внутренние, более конкретные, цели разрабатываются работниками специальных служб и отделов (планово-экономических, финансовых, технических) с использованием количественных методов.

Данная классификация целей позволяет выделить три вида планирования:

- стратегическое;
- текущее (тактическое);
- оперативное.

Классификация видов планирования приведена на рис. 1.2.

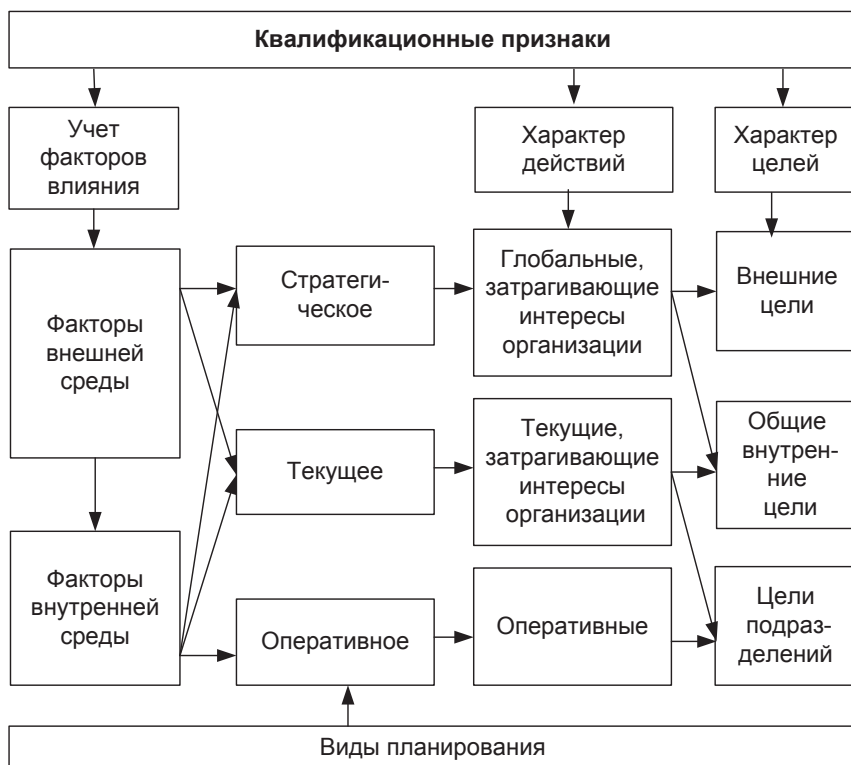


Рис. 1.2. Классификация видов планирования

*Стратегическое планирование* — это процесс определения глобальных внешних целей и разработки программы перспективных долгосрочных действий по развитию предприятия.

*Текущее планирование* — это процесс определения внутренних целей организации и разработки программы текущих действий.

*Оперативное планирование* — это процесс определения целей подразделений, согласованных с внешними и общими внутренними целями организации, и разработки программы краткосрочных действий по их достижению.

Возможные цели при планировании производства и реализации продукции приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Примеры целей при различных видах планирования

Вид планирования	Цели
Стратегическое	Доля рынка, объем продаж
Текущее	Годовые объемы валовой, товарной, реализуемой продукции
Оперативное	Квартальные и месячные программы производства по цехам

Планирование — первая функция управления, но не единственная. Эффективность управления зависит от скоординированного последовательного выполнения всех управленческих функций. С точки зрения места планирования, в общем процессе управления предприятием можно сформулировать основные задачи, решаемые в процессе организации плановой работы:

1. Уменьшить неопределенность будущего, т. е. определить с допустимой вероятностью перспективы развития предприятия с учетом внешних и внутренних факторов влияния.

2. Облегчить контроль. Важная задача, определяющая требования к плановым разработкам: их количественное и временное выражение, распределение обязанностей в процессе реализации планов.

3. Минимизировать затраты на сам процесс планирования, который вытекает из общего принципа эффективности производства.

Являясь первой функцией управления, планирование входит в общую систему управления организацией, однако его можно рассматривать и как самостоятельную систему.

На рис. 1.3 представлены взаимосвязь планирования с прочими элементами управляющей системы (внешняя среда) и укрупненные эле-

менты системы планирования (внутренняя среда). Рисунок представляет собой поэтапный срез системы планирования, возможны и другие срезы: по видам, по объектам планирования и т. п.



Рис. 1.3. Элементы системы планирования и ее взаимосвязь с управляющей системой

Наиболее явным является последний элемент системы планирования — результат планирования, т. е. совокупность целей, задач, программ действий. В то же время, по мнению многих руководителей, предшествующий ему элемент — процесс планирования — является самым важным, так как именно он обеспечивает координацию действий всех работников организации. И, наконец, планированием, как и любой другой работой, нужно управлять, следовательно, появляется третий элемент — управление планированием.

Информационное обеспечение включает в себя базы первичных данных о работе предприятия и его контрагентов, а также прогнозы развития внешней среды. Организационное обеспечение определяет формальный и неформальный статусы работников предприятия,

занимающихся планированием (их функции, подчиненность, оплате труда).

Необходимо заметить, что планирование в организации не самоцель, а база для принятия управленческих решений, поэтому из внешних связей наиболее важной является связь планирования с системой принятия решений. Именно она в конечном итоге обеспечивает эффективность как самого процесса планирования, так и управления в целом.

В настоящее время наиболее формализованы процессы текущего и оперативного планирования, ими занимаются специальные отделы и службы: планово-экономический отдел, производственно-диспетчерский отдел и т. п.

## 1.2. Цели и задачи оперативно-производственного планирования

---

Главной целью оперативного планирования основного производства (оперативно-производственного планирования — ОПП) является организация слаженной работы всех подразделений предприятия для обеспечения ритмичного выпуска продукции в установленном объеме и номенклатуре при оптимальном использовании производственных ресурсов. Следствием достижения данной цели являются:

- Обеспечение плановых сроков поставок.
- Обеспечение ритмичного хода производства и уменьшение непроизводительных затрат.
- Оптимизация запасов сырья и материалов.
- Сокращение запасов и затрат незавершенного производства.
- Уменьшение длительности производственного цикла.

Для эффективного обеспечения указанной цели необходимо решение следующих задач:

- Разработка календарно-плановых нормативов.
- Разработка плана выпуска продукции предприятия по месяцам года.
- Составление оперативно-календарных планов выпуска и графиков производства узлов и деталей цехами, участками по месяцам, неделям, суткам, сменам.

- Объемные расчеты загрузки оборудования и площадей.
- Сменно-суточное планирование.

Оперативное управление основным производством реализуется в рамках функциональной, элементной и организационной подсистем. Взаимосвязь решаемых задач и подсистем приведена на рис. 1.4.

Функциональная подсистема обеспечивает организацию движения предметов труда (заготовок, деталей, узлов и т. п.) с учетом времени. При этом, чем выше уровень производства, тем длиннее временной период, на который разрабатываются планы. По предприятию в целом оперативные планы производства формируются на год, квартал, месяц. По цехам планы составляют на месяц, декаду или неделю. По участкам планово-учетные периоды существенно короче: месяц, неделя (пятидневка), сутки, смена, час.

В рамках элементной подсистемы определяются профессиональный состав и квалификация специалистов; перечень технических средств и программного обеспечения, кроме того, содержание планово-учетной документации, календарно-плановых нормативов и планово-учетных единиц. Это определяет характер и напряженность информационных потоков.

Организационная подсистема оперативного управления производством включает перечень структурных подразделений предприятия, специализирующихся на вопросах ОУП. На уровне предприятия — это планово-диспетчерский отдел (ПДО) или производственно-диспетчерский отдел, на уровне цеха — планово-диспетчерское или планово-распределительное бюро (соответственно ПДБ или ПРБ), а на уровне участков вопросы оперативного управления решает планово-управленческий персонал данных участков.

Оперативно-производственное планирование включает календарное планирование и оперативное регулирование хода производства.

Календарное планирование — это детализация годового плана производства продукции предприятия по срокам запуска-выпуска каждого вида продукции и своевременное доведение этих показателей до каждого основного цеха, а внутри цехов — до каждого участка и рабочего места.

Оперативное регулирование (диспетчирование) хода производства осуществляется посредством систематического учета и контроля за выполнением сменно-суточных заданий и применением профилактических мероприятий по устранению причин, нарушающих ритм производства и срывающих выполнение планов.

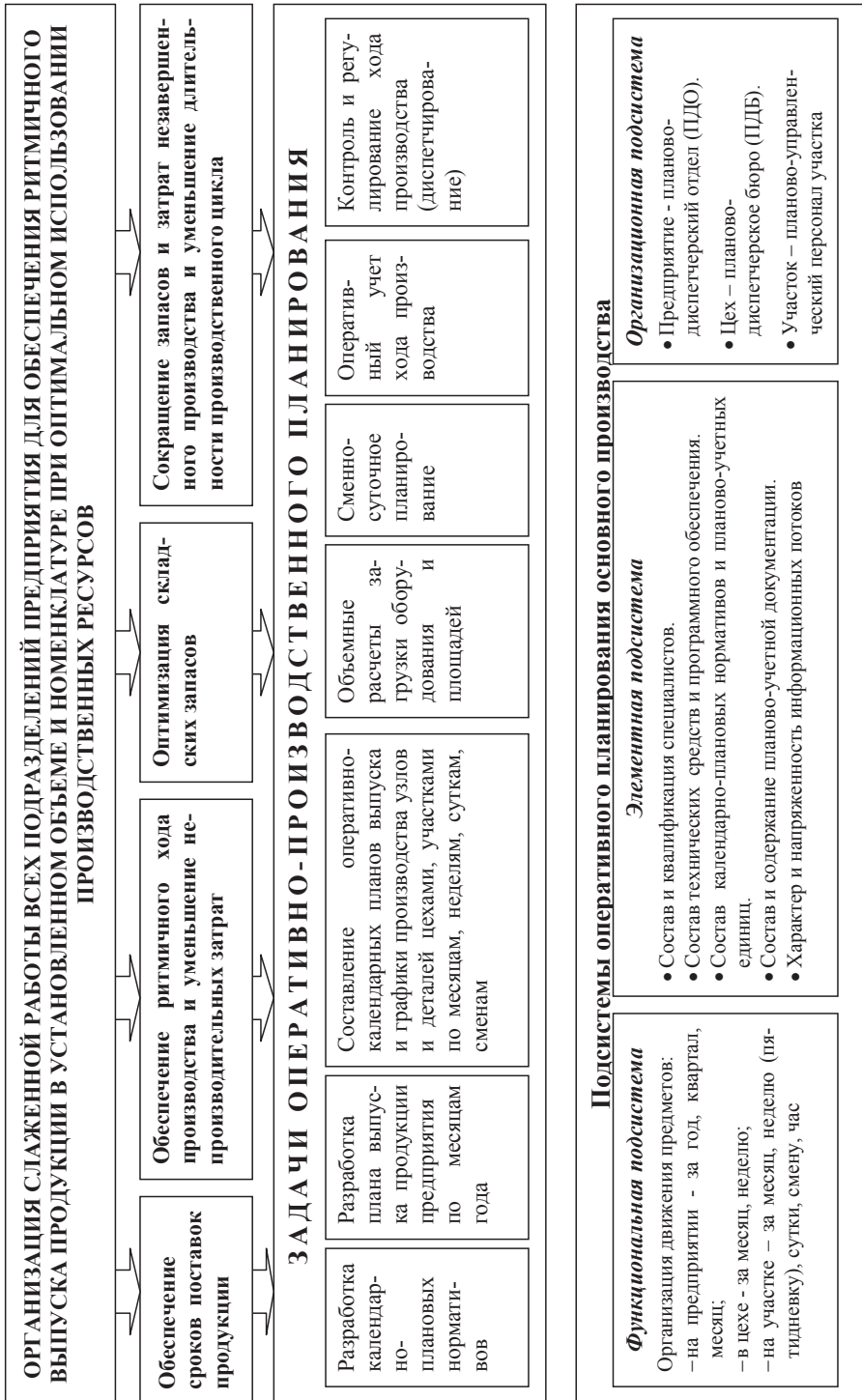


Рис. 1.4. Цели оперативно-производственного планирования и реализующие их подсистемы

Характеристики	Межцеховое ОПП	Внутрицеховое ОПП
Место осуществления	Производственно-диспетчерский отдел (ПДО)	Производственно-диспетчерские бюро (ПДБ)
Выполняемые функции	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработка оперативно-календарных нормативов.</li> <li>• Увязка содержания и сроков календарных графиков работы цехов.</li> <li>• Составление и выдача цехам календарных планов по месяцам (определение количества и времени передачи деталей, сборочных единиц из цеха).</li> <li>• Оперативный учет.</li> <li>• Диспетчирование выполнения календарного плана</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определение места и сроков начала и окончания обработки каждой детали операции, их групп или детали в целом.</li> <li>• Составление календарного плана-графика работы участков (поточных и автоматических линий) цеха на месяц, декаду, сутки и смену.</li> <li>• Обеспечение ритмичного выполнения участками (и рабочими местами) заданной месячной программы</li> </ul>

**Оперативно-производственное планирование основного производства**

**Календарное планирование** – это детализация годового плана производства продукции предприятия по срокам запуска-выпуска каждого вида продукции и своевременное доведение этих показателей до каждого основного цеха, а внутри цехов – до каждого участка и рабочего места.

*Календарное планирование включает также оперативный учет выполнения производственных заданий*

**Оперативное регулирование (диспетчирование)** хода производства осуществляется посредством систематического учета и контроля за выполнением сменно-суточных заданий и применением профилактических мероприятий по устранению причин, нарушающих ритм производства и срывающих выполнение планов

Рис. 1.5. Характеристика оперативно-производственного планирования по месту осуществления



Производственно-диспетчерский отдел (ПДО) выполняет следующие функции:

- разработку оперативно-календарных нормативов;
- увязку содержания и сроков календарных графиков работы цехов;
- составление и выдачу цехам календарных планов по месяцам (определение количества и времени передачи деталей, сборочных единиц из цеха);
- оперативный учет хода производства;
- диспетчирование выполнения календарного плана.

За производственно-диспетчерскими бюро (или ПРБ) закреплены работы:

- определение места и сроков начала и окончания обработки каждой детали операции, их групп или детали в целом;
- составление календарного плана-графика работы участков (поточных и автоматических линий) цеха на месяц, декаду, сутки и смену;
- обеспечение ритмичного выполнения участками (и рабочими местами) заданной месячной программы.

Оперативное планирование должно учитывать отраслевую специфику, тип производства (серийность), конструктивные и технологические особенности выпускаемой продукции, характер используемых технологий (например, использование групповых технологий обработки), уровень внешней кооперации (аутсорсинга) основного производства и т. д.

Оперативное планирование должно быть взаимосвязано с материально-техническим снабжением, конструкторско-технологической и организационной подготовкой производства, текущим планированием, управленческим учетом и бюджетированием. В условиях единичного и мелкосерийного производства при высокой загрузке оборудования возможные ограничения по производству должны учитываться на стадии, предшествующей заключению договора при установлении срока поставки продукции (выполнения работ), то есть возможна (а иногда — необходима) взаимосвязь оперативно-производственного планирования и сбыта еще на преддоговорной стадии.

Система оперативно-производственного планирования состоит из следующих взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов:

- планово-учетные периоды — временные промежутки, на которые составляется план;

- планово-учетные единицы — объект планирования и учета, детализируемый в зависимости от типа производства (заказ, узел, деталь и т. п.);
- календарно-плановые нормативы — количественные и временные значения показателей (например, размер партии, длительность производственного цикла и др.);
- системы оперативно-производственного планирования — набор правил процедур для расчета плановых заданий подразделений по запуску-выпуску продукции.

На рис. 1.6 показана взаимосвязь элементов ОПП и требования к построению системы.

При выборе системы ОПП также учитываются следующие факторы: динамика спроса на продукцию, стоимость заемных финансовых ресурсов, материалоемкость продукции, стоимость труда (часовые тарифные ставки, премия, доплаты и т. д.), количество технологических переделов, коэффициент покрытия расходов на содержание и эксплуатацию оборудования (или коэффициент покрытия общепроизводственных расходов), коэффициент специализации производства.

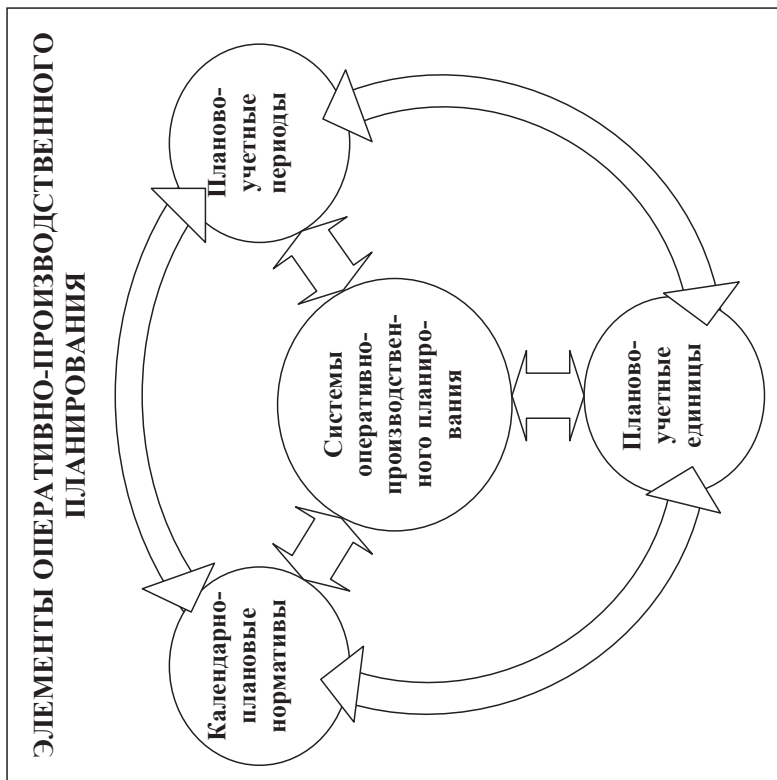
Особенности элементов ОПП, обусловленные типом производства, приведены в табл. 1.2.

Оперативно-производственное планирование должно учитывать:

- отраслевую специфику;
- тип производства (серийность);
- конструктивные и технологические особенности выпускаемой продукции;
- характер используемых технологий (например, использование групповых технологий обработки);
- уровень внешней кооперации (аутсорсинга) основного производства.

Оперативно-производственное планирование должно быть взаимосвязано:

- с материально-техническим снабжением;
- конструкторско-технологической и организационной подготовкой производства;
- управленческим учетом;
- бюджетированием;
- текущим планированием.



*Оперативно-производственное планирование должно учитывать:*

- отраслевую специфику;
- тип производства (серийность);
- конструктивные и технологические особенности выпускаемой продукции;
- характер используемых технологий (например, использование групповых технологий обработки);
- уровень внешней кооперации (аутсорсинга) собственного производства.

*Оперативно-производственное планирование должно быть взаимосвязано :*

- ✓ с материально-техническим снабжением;
- ✓ конструкторско-технологической и организационной подготовкой производства;
- ✓ управленческим учетом;
- ✓ бюджетированием;
- ✓ текущим планированием.

Рис. 1.6. Структура оперативно-производственного планирования и требования к ней

Таблица 1.2

**Особенности оперативно-производственного планирования,  
обусловленные типом производства**

Сравниваемый признак	Единичное производство	Серийное производство	Массовое производство
Основная особенность данного типа производства	Однократность или нерегулярная повторяемость заказа и нестабильность производства по объему и номенклатуре	Изделия выпускаются периодически повторяющимися мелкими, средними или крупными сериями	Большой объем выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение длительного времени
Преобладающая специализация	Технологическая специализация производственных подразделений	Предметная и технологическая специализация производственных подразделений	Предметная специализация производственных подразделений
Специализация рабочих мест (закрепление операций)	В течение месяца может выполняться более 40 деталей-операций (по наименованиям)	В течение месяца детали-операции периодически повторяются: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мелкосерийное производство — 20–40,</li> <li>• Среднесерийное производство — 10–20,</li> <li>• Крупносерийное производство — 2–10</li> </ul>	Одна постоянно повторяющаяся операция На конвейере за рабочим местом может быть закреплено несколько высокопроизводительных операций, общая трудоемкость которых равна такту конвейера
Планово-учетные единицы (для обрабатывающих цехов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Заказ</li> <li>• Узел</li> <li>• Ведущая деталь</li> <li>• Узловой комплект</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Серия изделий</li> <li>• Партия деталей</li> <li>• Групповой комплект</li> <li>• Машинокомплект</li> <li>• Условный машинокомплект</li> <li>• Условный сутко-комплект</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Деталь</li> </ul>
Минимальные по продолжительности планово-учетные периоды в системе ОПП цехов	В зависимости от сложности и трудоемкости деталей: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Половина месяца — при длительных циклах обработки.</li> </ul>	Среднесерийное производство; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рабочий день.</li> <li>• Смена</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Час</li> </ul>

Окончание табл. 1.2

Сравниваемый признак	Единичное производство	Серийное производство	Массовое производство
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Декада.</li> <li>Неделя (пятиневка) — при непродолжительных циклах</li> </ul>		
Календарно-плановые нормативы (КПН)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Длительность производственного цикла.</li> <li>Опережение по запуску.</li> <li>Опережение по выпуску.</li> <li>Пролеживание.</li> </ul> При обработке стандартизированных деталей используется партионная обработка	<ul style="list-style-type: none"> <li>Серия изделий.</li> <li>Партия запуска (выпуска) деталей.</li> <li>Периодичность запуска-выпуска партий деталей.</li> <li>Заделы оборотные и страховые.</li> </ul> Календарно-плановые нормативы представлены наиболее полно, причем в мелкосерийном производстве они соответствуют единичному производству, а в крупносерийном — массовому	<ul style="list-style-type: none"> <li>Такт (ритм) работы участков, линий, рабочих мест.</li> <li>Темп производства.</li> <li>Заделы.</li> </ul> Нормативы имеют самую высокую точность
Календарное планирование	План-график работы цеха и участка отражает факт нахождения в производстве заказа, узла или ведущей детали в данном планово-учетном периоде (неделя, декада или половина месяца)	Календарный график запуска партий деталей в производство. Он отражает по каждой партии деталей день (или смену) запуска в производство, периодичность и последовательность запуска и окончание обработки. График строится по ведущему оборудованию	Стандартный план-график работы участка. Он предусматривает определенную последовательность выполнения всех деталяеопераций на каждом рабочем месте

Тип производства оказывает влияние не только на различные компоненты оперативно-производственного планирования, но и на особенности контроля и диспетчирования производственного процесса. Причем, по разным видам работ это влияние неодинаково.

Контроль оперативной подготовки производства не зависит от типа производства и заключается в отслеживании подготовки производства

по наиболее важным элементам: конструирование и изготовление технологической оснастки, приспособлений, инструмента, модернизация оборудования (необходимость которой вызвана освоением выпуска новой продукции) и т. п.

При отставании от графика производства при всех типах производства осуществляется контроль за изготовлением «отставших» деталей, сборочных единиц (ДСЕ) и изделий (заказов) в целом. Отличается только временной интервал: если в массовом производстве возможен почасовой контроль в реальном времени, то в крупносерийном производстве контроль — один раз в день (возможен один раз в смену). В среднесерийном, мелкосерийном и единичном производстве одинаковой периодичности контроля за ДСЕ, выбившимися из графика, нет; контроль «привязан» к прохождению технологических переделов, он, как правило, поэтапный (в некоторых случаях — пооперационный).

При контроле величины заделов на межцеховых складах в разных типах производства отличаются учетные единицы: в крупносерийном и массовом производстве выполняется учет по детали каждого наименования, в серийном производстве — в групповых комплектах, машинокомплектах, партиях деталей. В единичном и мелкосерийном производстве — в комплектах ДСЕ на заказ, в узловых комплектах.

Контроль своевременности межцеховых передач заготовок, деталей, узлов в серийном, единичном и мелкосерийном производстве заключается в проверке соответствия срока их передач в последующий по технологической цепочке цех месячному календарному плану. В крупносерийном и массовом производстве разрабатываются стандартные план-графики работы участков, на основании которых, учитывая продолжительность выполнения вспомогательных производственных процессов (контроль, транспортировка и т. д.), устанавливаются стандартные сроки подач ДСЕ в последующие цеха. Контроль своевременности межцеховых передач в этом случае сводится к проверке соблюдения установленных сроков.

В массовом, крупносерийном и серийном производстве выполнение плана предприятия по номенклатуре и плана по отгрузке продукции контролируется по соответствию сроков выпуска изделий сборочным цехом (а при необходимости — прохождением испытаний) календарному плану; по обрабатывающим цехам и цехам узловой сборки — по срокам выпуска ведущих деталей и узлов. В массовом

и крупносерийном производстве контроль организован в соответствии с установленным ритмом (или тактом) в реальном масштабе времени. В среднесерийном производстве выполнение плана отслеживают в соответствии с календарным планом (календарным графиком) производства. В мелкосерийном и единичном производстве контроль выполняется на основании соответствия сроков прохождения заказа (комплекта деталей на заказ) план-графику работы цеха и/или календарному графику прохождения заказа.

При разработке оперативных планов используют различные графические и расчетные методы:

- линейные графики (диаграммы) Ганта;
- сетевое планирование;
- метод балльных оценок с учетом заданной периодичности;
- метод индексной оценки загрузки оборудования;
- метод оптимизации асинхронности.

Выбор конкретного метода прежде всего зависит от типа производства, а также от сложности выпускаемой продукции, разнообразия технологических процессов, уровня внешней кооперации, полноты нормативной базы и т. д.

На эффективность ОПП помимо качества календарного планирования влияют разнообразные факторы, часть которых приведена на рис. 1.7.



Рис. 1.7. Причины низкой эффективности оперативно-производственного планирования

### 1.3. Влияние системы оперативно-производственного планирования на экономические и финансовые результаты работы предприятия

Система ОПП оказывает непосредственное влияние на такие первичные показатели работы подразделений, как уровень запасов незавершенного производства, величина простоев и сверхурочных работ, трудоемкость обработки. Соответственно меняется себестоимость продукции и величина денежных средств, «омертвленных» в запасах.

Невыполнение плана по объему и номенклатуре приводит к срыву поставок. За этим следует не только снижение текущих показателей выручки, прибыли, рентабельности, но и ухудшение конкурентного статуса предприятия, в результате чего уменьшается выручка и прибыль будущих периодов. В табл. 1.3 приведены основные последствия неэффективной организации ОПП и их влияние на конечные показатели работы предприятия.

Таблица 1.3

#### Влияние ОПП на технико-экономические и финансовые результаты деятельности предприятия

Факторы производства, зависящие от уровня ОПП	Негативные последствия неэффективного ОПП	Виды потерь	Влияние на технико-экономические и финансовые показатели работы предприятия
Выпуск продукции в плановой номенклатуре	Невыполнение обязательств по договорам поставки	Штрафы, пени, неустойки за недопоставку продукции. Снижение притока денежных средств. Упущенная выгода	Невыполнение плана по реализации. Невыполнение плана по прибыли (в т. ч. за счет эффекта масштаба). Снижение показателей оборачиваемости, в т. ч. длительности финансового цикла. Снижение показателей рентабельности. Ухудшение ликвидности и платежеспособности. Дополнительная потребность в заемных средствах и снижение коэффициента автономии



Продолжение табл. 1.3

Факторы производства, зависящие от уровня ОПП	Негативные последствия неэффективного ОПП	Виды потерь	Влияние на технико-экономические и финансовые показатели работы предприятия
Ритмичность производства	<p>Неритмичная работа, вызывающая:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• простои рабочих;</li> <li>• сверхурочные работы;</li> <li>• увеличение брака</li> </ul>	<p>Оплата вынужденных простоев. Оплата сверхурочных работ. Затраты на исправление брака и потери по окончательно забракованной продукции. Оплата штрафных санкций (если брак не был выявлен на предприятии). Затраты (упущенная выгода) от необходимости формирования (увеличения) страховых запасов и заделов</p>	<p>Перерасход по фонду оплаты труда. Перерасход себестоимости. Снижение балансовой прибыли. Снижение рентабельности продукции. Ухудшение ликвидности (абсолютной и быстрой, но возможен рост текущей ликвидности) и платежеспособности. Увеличение оборотных активов. Снижение оборачиваемости запасов и активов</p>
Своевременная комплектация сборочных цехов	<p>Некомплектная поставка деталей и узлов на сборку вызывает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• штурмовщину;</li> <li>• снижение качества;</li> <li>• необходимость изготовления деталей с нарушением принципа партионности</li> </ul>	<p>Аналогично предыдущему пункту, кроме того, дополнительные затраты на наладку оборудования и простои оборудования в наладке (при высокой загрузке приводит к снижению производительности)</p>	<p>Дополнительная потребность в заемных средствах и снижение коэффициента автономии</p>
Соблюдение нормативных заделов	<p>Увеличение длительности производственного цикла в связи со сверхнормативным пролеживанием деталей</p>	<p>Дополнительное финансирование роста незавершенного производства (проценты по кредиту или упущенная</p>	<p>Снижение прибыли. Перерасход по фонду оплаты труда. Замедление оборачиваемости запасов и оборотных активов в целом.</p>

Окончание табл. 1.3

Факторы производства, зависящие от уровня ОПП	Негативные последствия неэффективного ОПП	Виды потерь	Влияние на технико-экономические и финансовые показатели работы предприятия
Соблюдение нормативных заделов		выгода при использовании собственных источников финансирования)	Снижение рентабельности активов. Увеличение коэффициента текущей ликвидности при снижении абсолютной ликвидности. Увеличение финансово-эксплуатационной потребности предприятия. Снижение финансовой автономии

На рис. 1.8 представлены потери рабочего времени и времени работы оборудования, вызванные неэффективной организацией и планированием (кроме того, возможны потери сырья, основных и вспомогательных материалов, инструмента, различных видов энергии). Причины снижения прибыли подробно указаны в рис. 1.9.

Общая экономическая закономерность выбора системы ОПП определяется законом непрерывности и рассчитывается с помощью модели Дюпона (рентабельность активов определяется как произведение величины рентабельности продаж и значения оборачиваемости активов).

Закон непрерывности заключается в том, что возможно добиться либо непрерывной загрузки оборудования путем создания дополнительного количества запасов незавершенного производства, либо непрерывности движения предметов труда (ДСЕ), сокращая производственный цикл. Одновременное выполнение требований непрерывности загрузки и непрерывности движения возможно только в массовом производстве при организации поточного конвейера.

Для серийного и тем более единичного производства необходимо выбрать приоритеты непрерывности.

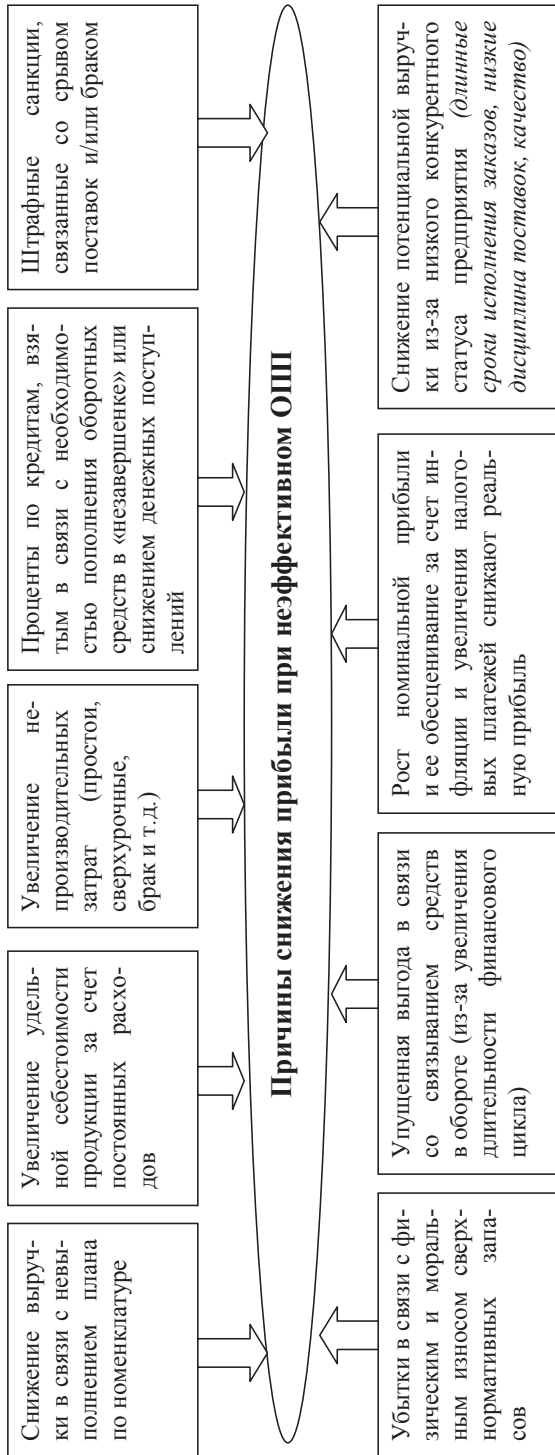


Рис. 1.8. Причины снижения прибыли при неэффективном ОПП

ПЕРСОНАЛ		ОБОРУДОВАНИЕ		
Номинальный фонд рабочего времени		Режимный фонд времени работы оборудования		
Плановый фонд рабочего времени	Потери из-за некачественного менеджмента	Плановый фонд времени работы оборудования		
		Потери из-за лишних движений, простоев		
	Фактическое время работы	Время фактической загрузки	Потери при замене инструмента	Потери при запуске
			Потери из-за низкого уровня автоматизации	Потери от остановок и холостого хода
			Потери при изменениях и регулировке	Потери от снижения скорости
			Потери из-за брака и его исправления	Потери из-за поломок
	Эффективное время работы	Чистое время работы	Потери при переналадке	
	Время полезной работы		Время полезной работы	Потери из-за брака и его исправления
	Плановые неявки (очередные и дополнительные от- пуска, болезни и т.п.)		Плановые остановки на техобслуживание и ремонт	

Рис. 1.9. Основные потери рабочего времени и времени работы оборудования при недостаточной эффективности организации и планирования производства

Понимая, что основным показателем эффективности деятельности промышленного предприятия является рентабельность активов (РОА), зависящая как от рентабельности продаж, так и от показателя оборачиваемости активов, для принятия решения о приоритетах можно использовать модель Дюпона.

$$POA = \frac{P}{V} \cdot \frac{V}{A}, \quad (1.1)$$

где  $P$  — прибыль от реализации продукции;  $V$  — объем продаж;  $A = \text{ОФ} + \text{ОС}$  — величина активов, состоящая из суммы основных фондов и оборотных средств.

Таким образом, возможно при сокращении запасов достигнуть уровня рентабельности выше, чем при сокращении себестоимости. Воспользуемся соотношением:

$$\frac{360}{D_o} = n = \frac{C}{O}, \quad (1.2)$$

где  $D_o$  — длительность оборота;  $n$  — оборачиваемость;  $C$  — стоимость продукции;  $O$  — потребность в оборотных средствах.

Преобразовав формулу, получим формулу для расчета изменения потребности в оборотных средствах:

$$\Delta O = O - O' = \frac{C}{360} (D_o - D_o'). \quad (1.3)$$

Высокая степень непрерывности процессов производства и сокращение длительности производственного цикла имеют большое экономическое значение: снижаются размеры незавершенного производства и ускоряется оборачиваемость оборотных средств, улучшается использование оборудования и производственных площадей, снижается себестоимость продукции. Исследования, выполненные О. Г. Туровцом, В. Б. Родионовым, М. И. Бухалковым, показали, что там, где средняя длительность производственного цикла не превышает 18 дней, каждый затрачиваемый рубль обеспечивает получение продукции на 12 % больше, чем на заводах, где длительность цикла равна 19–36 дням, и на 61 % больше, чем на заводе, где продукция имеет цикл выше 36 дней.

Повышение уровня непрерывности производственного процесса и сокращение длительности производственного цикла достигаются, во-первых, повышением технического уровня производства,

во-вторых, мерами организационного характера. Первое направление в значительной мере влияет на сокращение длительности технологического цикла. Капиталоемкость последнего варианта существенно ниже. Оба пути взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Техническое совершенствование производства идет в направлении внедрения новой технологии, прогрессивного оборудования и новых транспортных средств. Это способствует сокращению производственного цикла за счет снижения трудоемкости собственно технологических и контрольных операций, уменьшения времени на перемещение предметов труда. Например, при техническом перевооружении АОО «Машиностроительный завод им. Калинина», по нашим расчетам, сокращение времени обработки детали «шток» при передаче обработки с универсального оборудования на обрабатывающие центры сократилось в 10 раз, при этом длительность производственного цикла за счет сокращения перерывов партионности сократилось с 5 суток до 0,5 смены.

Организационные мероприятия должны предусматривать: во-первых, исключение простоев, вызванных низким уровнем организации производства (отсутствие инструмента, заготовок и др.), во-вторых, сокращение перерывов, вызванных межоперационным пролеживанием, и перерывов партионности за счет применения параллельного и параллельно-последовательного методов движения предметов труда, оптимизации величины транспортной партии и улучшения системы планирования; в третьих, построение графиков комбинирования различных производственных процессов, обеспечивающих частичное совмещение во времени выполнения смежных работ и операций.

Совершенствование оперативно-производственного планирования и оперативного управления производством в целом улучшает не только экономические, но и финансовые показатели (рис. 1. 10).

Для многих промышленных предприятий проблема обеспечения платежеспособности и ликвидности весьма актуальна. Один из возможных вариантов ее решения — сокращение потребности в финансовых ресурсах путем уменьшения длительности финансового цикла, который определяется суммой продолжительности оборота запасов и дебиторской задолженности, уменьшенной на величину длительности оборота кредиторской задолженности

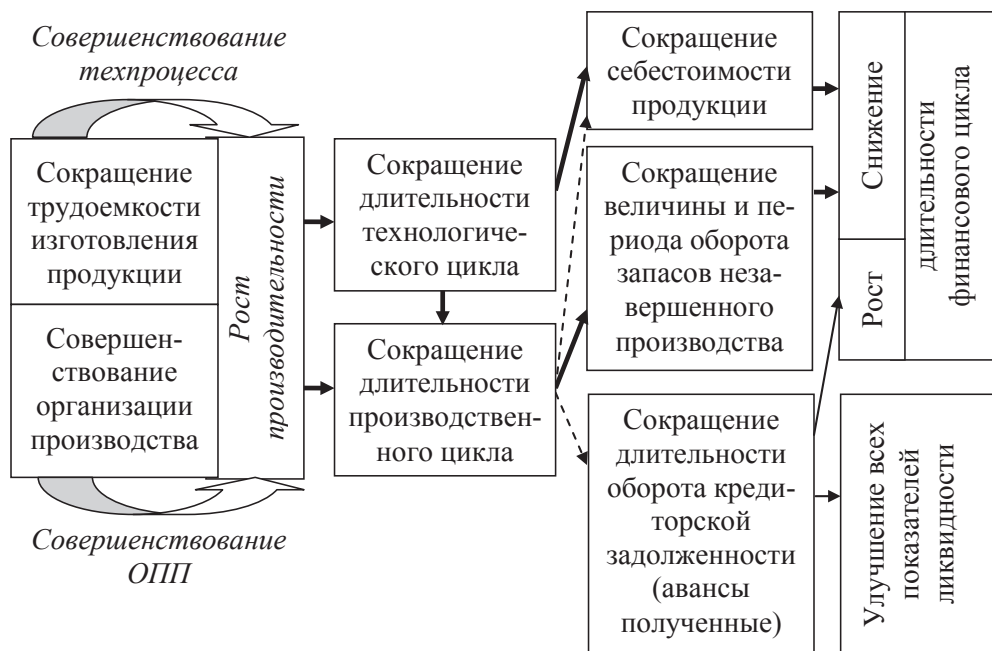


Рис. 1.10. Влияние эффективности ОПП на длительность финансового цикла и ликвидность

Производство может повлиять на финансовый цикл путем увеличения производительности труда, сокращения себестоимости и уменьшения времени пролеживания. Это позволит уменьшить величину запасов незавершенного производства и длительность их оборота. На предприятиях единичного и мелкосерийного типов производства, выпускающих сложную продукцию с длительным производственным циклом, существует тесная зависимость между его величиной и сроками кредиторской задолженности (авансовые платежи, как правило, «привязаны» к срокам окончания определенных этапов работы). Таким образом, сокращается не только цикл выполнения работ, но и продолжительность использования краткосрочных пассивов.

Уменьшение кредиторской задолженности в виде авансов полученных может увеличить финансовый цикл. Однако этого может и не произойти, так как время выполнения заказа (работ) все чаще становится дополнительным конкурентным преимуществом и способствует привлечению новых клиентов. Рост выручки в этом случае играет роль

противовеса. Таким образом, повышение эффективности оперативно-производственного планирования обеспечивает усиление конкурентоспособности продукции и предприятия в целом и становится инструментом обеспечения роста выручки. Однако в любом случае за счет сокращения кредиторской задолженности улучшатся показатели ликвидности, что приведет к усилению финансового потенциала предприятия.



## 2. Нормативно-справочная база оперативно-производственного планирования

---

---

### 2.1. Производственный цикл машиностроительной продукции

---

---

**М**ашиностроительная продукция является сложной по составу и исполнению. Количество деталей, входящих в состав готового изделия может превышать тысячи наименований. Согласование процессов производства оригинальных деталей, их сборки, покупки необходимых комплектующих со стороны — важная составляющая управления машиностроительным предприятием.

Время от начала запуска первой детали (заготовки) в производство до приемки готовой продукции называется *производственным циклом*.

Производственный цикл включает в себя как время выполнения основных технологических операций, так и время перерывов, и время на выполнение вспомогательных операций (например, транспортировку), а также на протекание естественных процессов.

Схематично структура производственного цикла представлена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Структура производственного цикла:

- 1 — время технологических операций обработки; 2 — время ожидания; 3 — время транспортировки к следующей операции; 4 — время регламентированных перерывов

Время выполнения технологических операций в производственном цикле может составлять менее 10% от общей величины. Поэтому основные резервы сокращения производственного цикла кроются в организации процессов производства, в сокращении времени перерывов и ожиданий.

Время ожиданий может быть обусловлено как технологическими особенностями, так и нарушениями в производственном процессе. Время межоперационного пролеживания определяется перерывами партионности, ожидания и комплектования. Перерывы партионности возникают при изготовлении изделий партиями и обусловлены тем, что обработанные изделия пролеживают, пока вся партия не пройдет через данную операцию. Производственной партией называется группа изделий одного и того же наименования и типоразмера, запускаемых в производство в течение определенного времени при одном и том же подготовительно-заключительном периоде. Перерывы ожидания вызываются несогласованной длительностью двух смежных операций технологического процесса, а перерывы комплектования — необходимостью ожидания того времени, когда будут изготовлены все заготовки, детали или сборочные единицы, входящие в один комплект изделий. Перерывы комплектования возникают при переходе от одной стадии производственного процесса к другой.

Время перерывов обусловлено установленным режимом труда (двух- или трехсменный режим работы, количество регламентированных перерывов внутри смены и др).

В наиболее общем виде длительность производственного цикла  $T_{ц}$  выражается формулой

$$T_{ц} = T_{т} + T_{пз} + T_{е} + T_{к} + T_{тр} + T_{мо} + T_{пр}, \quad (2.1)$$

где  $T_{т}$  — время технологических операций;  $T_{пз}$  — время работ подготовительно-заключительного характера;  $T_{е}$  — время естественных процессов;  $T_{к}$  — время контрольных операций;  $T_{тр}$  — время транспортирования предметов труда;  $T_{мо}$  — время межоперационного пролеживания (внутрисменные перерывы);  $T_{пр}$  — время перерывов, обусловленных режимом труда.

Длительность технологических операций и подготовительно-заключительных работ в совокупности образует операционный цикл  $T_{ц.оп}$ .

Операционный цикл — это продолжительность законченной части технологического процесса, выполняемой на одном рабочем месте.

Понятие «*производственный цикл*» применимо как к отдельным деталям, так и к сборочным узлам и изделию в целом. В первом случае говорят о простом цикле, в двух других — о сложном.

Цикл может быть однооперационным и многооперационным. Длительность цикла многооперационного процесса зависит от способа пе-

редачи деталей с операции на операцию. Существуют три вида движения предметов труда в процессе их изготовления: последовательный, параллельный и параллельно-последовательный.

*При последовательном виде движения* вся партия деталей передается на последующую операцию после окончания обработки всех деталей на предыдущей операции (рис. 2.2). При последовательном виде движения отсутствуют перерывы в работе оборудования, но длительность цикла наибольшая из-за значительного времени внутрипартионного пролеживания деталей.

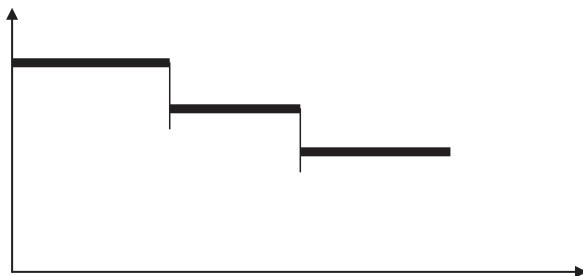


Рис. 2.2. Последовательный вид движения

*При параллельном виде движения* детали передаются на следующую операцию транспортной партией сразу после окончания ее обработки на предыдущей операции (рис. 2.3). Каждая транспортная партия обрабатывается непрерывно, но возможны простои оборудования между обработкой разных транспортных партий. В этом случае обеспечивается наиболее короткий цикл, но и сложность составления графиков работы — наибольшая.

Условием реализации данного вида движения является синхронизация выполняемых операций, при их рассогласовании неизбежны простои оборудования и рабочих.

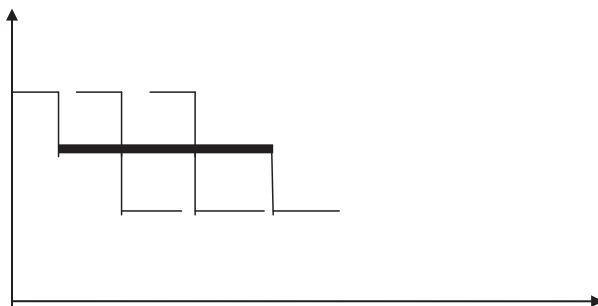


Рис. 2.3. Параллельный вид движения

При параллельно-последовательном виде движения партий деталей с операции на операцию детали передаются транспортными партиями или поштучно (рис. 2.4). При этом происходит частичное совмещение времени выполнения смежных операций, а вся партия обрабатывается на каждой операции без перерывов. Рабочие и оборудование работают без перерывов. Производственный цикл длительнее по сравнению с параллельным, но короче, чем при последовательном движении предметов труда.

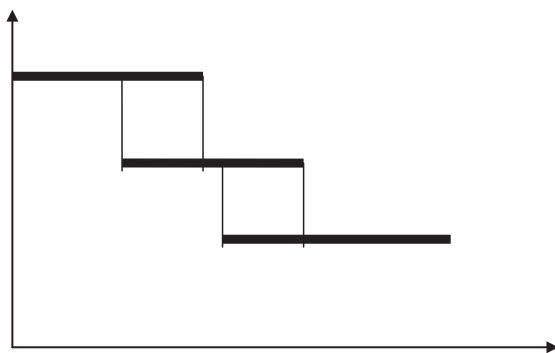


Рис. 2.4. Параллельно-последовательный вид движения

При параллельно-последовательном виде движения происходит частичное совмещение во времени выполнения смежных операций. Существует два вида сочетания смежных операций во времени. Если время выполнения последующей операции больше времени выполнения предыдущей, то можно применять параллельный вид движения деталей. Если время выполнения последующей операции меньше времени выполнения предыдущей, то 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 транспортной партии) на последующей операции.

Иногда, для сохранения резервов по срокам изготовления, связанных с укрупненными расчетами, используют длительность цикла при последовательном виде движения, скорректированную на коэффициент параллельности, равный 0,7 (значение коэффициента может варьироваться в зависимости от величины партии и количества транспортных партий).

При расчете сложного производственного цикла используют визуальное представление процесса производства (цикловой график). Сложное изделие делят на сборочные узлы и определяют последовательность выполнения работ (рис. 2.5).

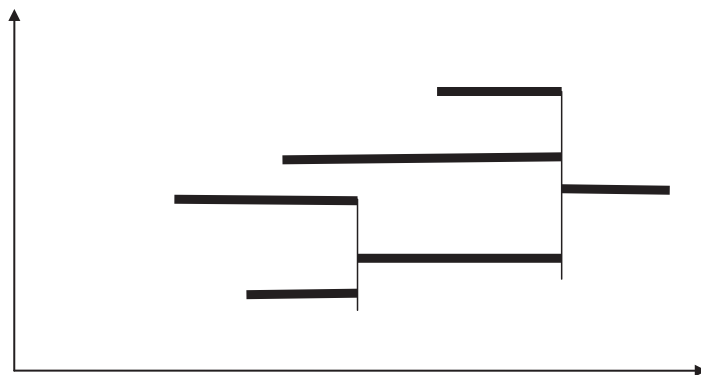


Рис. 2.5. Поузловой график сборки

Предварительно устанавливаются производственные циклы простых процессов, входящих в сложный. По цикловому графику анализируется срок опережения одних процессов другими и определяется общая продолжительность цикла сложного процесса производства изделия или партии изделий как наибольшая сумма циклов связанных между собой простых процессов и межоперационных перерывов. На графике справа налево в масштабе времени откладываются циклы частичных процессов, начиная от испытаний и кончая изготовлением деталей.

При этом в каждом узле выбирают *ведущую деталь* — деталь с максимальной трудоемкостью исполнения, на основании которой рассчитывается производственный цикл всего узла. При этом предполагается, что изготовление остальных деталей происходит параллельно с изготовлением ведущей детали.

Для выдачи заданий производственным подразделениям используют ленточные графики (графики Ганта) с указанием начала и окончания изготовления

На величину производственного цикла, помимо длительности технологических операций, влияют организационные факторы:

- величина пролеживаний, обусловленная недостатками материально-технического снабжения (логистики), неритмичностью

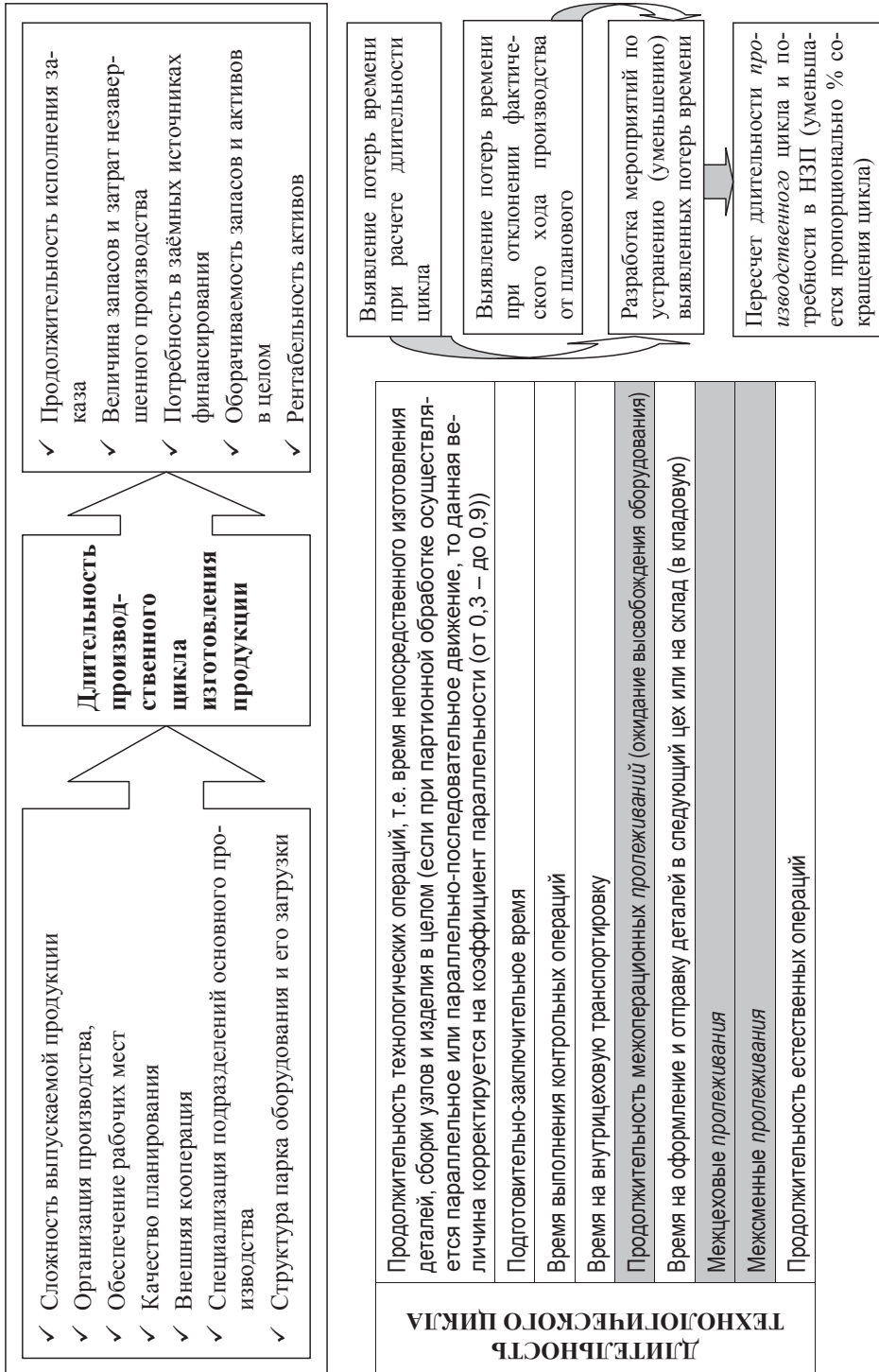


Рис. 2.6. Производственный цикл: факторы и последствия изменения длительности

производства, неэффективной величиной партии деталей, нерациональной последовательностью запуска партий деталей в производство, низкой сменностью работы оборудования;

- брак по организационным причинам, что увеличивает партию запуска деталей по сравнению с необходимой величиной партии выпуска и т. п.

Экономические последствия изменения длительности производственного цикла и факторы, его определяющие, приведены на рис. 2.6.

## 2.2. Расчеты производственной мощности

---

---

*Под производственной мощностью понимается максимально возможный выпуск продукции в структуре и ассортименте плана при нормативном уровне использования оборудования.*

Производственная мощность, как вытекает из определения, величина динамическая. Ее значения могут меняться не только при изменениях в парке оборудования, но и при изменении структуры производственной программы.

Расчеты производственной мощности преследуют две цели:

- проверку и обоснование возможности выпуска плановой производственной программы;
- создание информационно-аналитической базы для разработки плана организационно-технического развития.

Производственная мощность может измеряться как в натуральных, так и в стоимостных единицах аналогично единицам измерения товарной продукции. В натуральных единицах производственная мощность (ПМ) рассчитывается по формуле

$$\text{ПМ} = \Phi/t, \quad (2.2)$$

где  $\Phi$  — действительный (эффективный) фонд времени работы оборудования;  $t$  — трудоемкость изготовления единицы продукции.

Наиболее часто для многономенклатурного производства производственную мощность рассчитывают в процентах к плану. В этом случае формула (2.2) примет вид

$$\text{ПМ} = \frac{\Phi}{T} \cdot 100, \quad (2.3)$$

где  $T$  — трудоемкость годовой программы.

Расчет производственной мощности начинается с отдельных групп взаимозаменяемого оборудования основных цехов, при этом различают мощность на начало, на конец периода и среднегодовую.

Порядок расчета производственной мощности состоит из следующих этапов:

### **Этап 1. Расчет производственной мощности на начало года**

1) Определяется производственная мощность по группам взаимозаменяемого оборудования предметно-замкнутых участков, основных цехов или производств:

$$\text{ПМ} = \Phi_{\text{д}} n / T, \quad (2.4)$$

где  $\Phi_{\text{д}}$  — действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования, определяемый исходя из двухсменного режима работы, а для тяжелого и уникального оборудования — из трехсменного режима;  $n$  — количество единиц оборудования в группе;  $T$  — станкоемкость годовой программы по данной группе оборудования, определяемая делением трудоемкости на коэффициент выполнения норм.

В расчет производственной мощности принимается установленное оборудование основного производства за исключением вспомогательного и резервного.

При расчете трудоемкости производственной программы учитываются основная номенклатура, а также разовые заказы и запчасти.

2) Выбор ведущей группы оборудования.

*Под ведущей группой понимается группа оборудования, недоиспользование которой наносит наибольший ущерб.*

Классическим критерием отбора ведущих групп является соотношение

$$\max (A + 3П),$$

где  $A$  — величина амортизационных отчислений по группе оборудования;  $3П$  — основная и дополнительная заработная плата станочников, занятых на данном оборудовании.

На практике данный критерий используется в упрощенных вариантах.



Под ведущей группой понимается группа оборудования:

- с наибольшим количеством оборудования;
- с наибольшей балансовой стоимостью оборудования;
- с наибольшей трудоемкостью работ;
- финишных операций (если существуют повышенные требования к качеству выпускаемой продукции).

3) Мощность цеха принимается равной мощности ведущей группы оборудования.

Если в составе цеха имеется несколько предметно-замкнутых участков, то вначале определяется мощность каждого участка по ведущей группе участка, а мощность цеха равняется сумме мощностей предметно-замкнутых участков.

4) Мощность предприятия определяется по мощности ведущего цеха.

В качестве ведущего цеха обычно принимается выпускающий цех (сборочный или механо-сборочный). Если выпускающих цехов несколько, то мощность предприятия определяется как сумма их мощностей.

### **Этап 2. Расчет производственной мощности на конец года**

Производится аналогично действиям этапа 1.

### **Этап 3. Расчет среднегодовой производственной мощности**

Для целей текущего планирования необходимо знать среднегодовую величину производственной мощности. Среднегодовую мощность можно рассчитать двумя способами.

1) Если в плановом периоде не происходит изменений в парке производственного оборудования, среднегодовая мощность определяется как средняя величина:

$$\overline{\text{ПМ}} = \frac{\text{ПМ}_{\text{н.г}} + \text{ПМ}_{\text{к.г}}}{2}, \quad (2.5)$$

где  $\text{ПМ}_{\text{н.г}}$  и  $\text{ПМ}_{\text{к.г}}$  — производственная мощность на начало и конец периода соответственно.

2) Если в течение планового периода меняется количество оборудования или проводятся другие организационно-технические мероприятия, то среднегодовая мощность рассчитывается по средней хронологической:

$$\begin{aligned} \overline{\text{ПМ}} = & \text{ПМ}_{\text{нг}} + \frac{\sum \Delta \text{ПМ}_{\text{вв.}i} m_i}{12} - \frac{\sum \Delta \text{ПМ}_{\text{выб.}i} m_i}{12} + \\ & + \frac{\sum \Delta \text{ПМ}_{\text{орг-тех.}i} m_i}{12} \pm \frac{\sum \Delta \text{ПМ}_{\text{стр.}i} m_i}{12}, \end{aligned} \quad (2.6)$$

где  $\Delta \text{ПМ}_{\text{вв}}$  — прирост ПМ в результате ввода основных фондов;  $\Delta \text{ПМ}_{\text{выб}}$  — сокращение ПМ в результате выбытия основных фондов;  $\Delta \text{ПМ}_{\text{орг-тех}}$  — прирост ПМ в результате организационно-технических мероприятий;  $\Delta \text{ПМ}_{\text{стр}}$  — изменение ПМ в результате изменения структуры выпуска;  $m$  — количество полных месяцев действия мероприятия.

**Этап 4. После расчета среднегодовой производственной мощности составляется баланс мощностей и разрабатываются мероприятия по расширению узких мест.**

*Под узким местом понимается группа оборудования, пропускная способность которой меньше мощности ведущего звена.*

На практике расчеты производственной мощности иногда заменяют расчетами загрузки оборудования:

$$K_3 = T/\Phi, \quad (2.7)$$

где  $T$  — станкоемкость работ по группе оборудования, станко-часы;  $\Phi$  — действительный фонд времени работы группы оборудования, станко-часы.

Если сравнить формулы (2.3) и (2.7), то можно увидеть, что противоречия в этих расчетах не существует.

После расчета производственной мощности и проверки возможности выполнения плановых заданий на имеющихся мощностях проводят проверку по материальным и трудовым ресурсам. Для этого разрабатываются план материально-технического снабжения и план по труду и кадрам.

### 2.3. Календарно-плановые нормативы

---

Различают количественные и временные календарно-плановые нормативы, используемые в производственном планировании.

К временным нормативам относят:

- длительность производственного цикла;

- такт и ритм запуска-выпуска;
- опережения запуска-выпуска.

К количественным нормативам относят:

- размер партии;
- размер серии;
- величину заделов.

Описание основных календарно-плановых нормативов приведено в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Система календарно-плановых нормативов, планово-учетных единиц и периодов**

Календарно-плановые нормативы	Планово-учетные единицы	Планово-учетные периоды
<i>Такт (ритм) работы</i> участков, линий, рабочих мест — время, необходимое для выпуска единицы продукции (детали)	<i>Партия запуска</i> деталей	Год
<i>Темп производства</i> — количество продукции (деталей), выпускаемых в единицу времени	<i>Партия выпуска</i> деталей меньше партии запуска в связи с браком	Квартал
<i>Серия</i> — количество одинаковых изделий, одновременно запускаемых в производство	<i>Заказ</i> — одно или несколько изделий, одновременно запускаемых в производство	Месяц
<i>Партия запуска</i> — количество запускаемых в производство деталей (заготовок), изготавливаемых с однократной наладкой оборудования	Крупный контракт может быть разбит на несколько самостоятельных заказов, а одинаковые изделия, одновременно поставляемые разным клиентам, — объединены в один заказ	Полумесячные периоды при ОПП в <i>единичном производстве</i>
<i>Периодичность запуска-выпуска</i> партий деталей (серий изделий) — количество дней (иногда месяцев) между двумя их последовательными запусками		Декада (10 календарных дней) при ОПП в <i>единичном и мелкосерийном производстве</i>
<i>Заделы</i> деталей. <i>Оборотные (межцеховые и межучастковые) заделы</i> создаются между подразделениями с разной периодичностью или сроками запуска-выпуска партий. Они характеризуют количество дней работы, обеспеченных деталями, находящимися в кладовой цеха	Комплект деталей, в т. ч.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• узловой,</li> <li>• групповой,</li> <li>• машинокомплект,</li> <li>• условный машинокомплект,</li> <li>• условный сутко-комплект</li> </ul>	Неделя календарная (5 рабочих дней) при ОПП в <i>единичном, мелко-, средне- и крупносерийном производстве</i>

Окончание табл. 2.1

Календарно-плановые нормативы	Планово-учетные единицы	Планово-учетные периоды
<i>Опережение по запуску (выпуску) — это отрезок времени, на который начало (окончание) предыдущего частичного процесса должно опережать соответствующий ему последующий частичный процесс</i>		Рабочий день при ОПП в <i>среднесерийном, крупносерийном и массовом производстве</i>
<i>Разница опережений по запуску и выпуску равна межцеховому пролеживанию</i>	Узел	Смена при ОПП в <i>крупносерийном и массовом производстве</i>
<i>Длительность производственного цикла изготовления изделий (заказов) — это время между запуском материала (заготовки) в производство и поступлением готового изделия (заказа) на склад</i>	Ведущая деталь	Час при оперативном планировании в <i>массовом производстве</i>
	Деталь	

Первичными данными для расчета нормативов является объем производства и штучное время на операцию.

*Норма штучного времени* — это необходимые затраты рабочего времени на выполнение единицы работы (операции, штуки) без учета подготовительно-заключительного времени. В нее входят следующие элементы:

$$T_{шт.} = T_{оп} + T_{об} + T_{пт} + T_{от.л} \text{ (чел.-мин/ед.)}, \quad (2.8)$$

где  $T_{оп}$  — оперативное время;  $T_{об}$  — время обслуживания рабочего места;  $T_{пт}$  — время неустраимых перерывов, предусмотренных организацией и технологией производственного процесса;  $T_{от.л}$  — время на отдых и личные надобности.

Подготовительно-заключительное время в машиностроении и некоторых других отраслях устанавливается на партию изделий. В этих случаях оно учитывается в норме штучно-калькуляционного времени ( $T_{шт.к}$ ).

В ее состав входит часть подготовительно-заключительного времени, приходящаяся на единицу продукции:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.9)$$

где  $n$  — количество изделий в партии;  $T_{\text{пз}}$  — сумма подготовительно-заключительного времени на партию изделий.

Норму времени на изготовление всей партии изделий определяют из выражения

$$T_{\text{ПАРТ}} = T_{\text{пз}} + T_{\text{шт.}} \cdot n.$$

Производственный цикл изделия определяется по длительности изготовления ведущих узлов, а узлов — по ведущей детали с учетом циклового графика сборки.

Производственный цикл ведущей детали =  
 = технологическая трудоемкость ведущей детали +  
 + время пролеживаний +  
 + продолжительность услуг по кооперации.

Производственный цикл изготовления узла =  
 = Производственный цикл ведущей детали +  
 + технологический цикл сборки узла + время пролеживаний.

## 2.4. Структура баз данных для оперативного планирования

---

Для расчета необходимых нормативов и плановых заданий на предприятии необходимо создавать и поддерживать структурированную базу данных. Особенно это актуально при внедрении автоматизированных расчетов. Варианты структурирования баз данных зависят от используемых программных продуктов, поэтому в данном параграфе мы ограничимся укрупненной структурой, приведенной в табл. 2.2.

Предлагаемая структура подразумевает следующее.

1. Таблицы «Вид ресурса», «Функции», «Оборудование», «Деталь», «Архив продукции» являются справочными и первоначальными.

Данные таблицы содержат информацию о возможностях предприятия. Таблица «Цены» описывает первоначальную стоимость потребляемых ресурсов, таблица «Нормы расходов» содержит рассчитанные нормы по расходу ресурсов для каждой функции и используемого оборудования.

Таблица 2.2

## Структура баз данных

Название таблицы	Содержание справочных баз	Уровень структуры
<i>Вид ресурса</i>	Виды используемых ресурсов: материалы, персонал, время	1
<i>Оборудование</i>	Существующее оборудование на предприятии	1
<i>Функции</i>	Данные о составе функций, используемых для создания продукции	1
<i>Архив Продукции</i>	Параметры произведенной уникальной продукции	1
<i>Деталь</i>	Набор деталей и узлов	1
<i>Цены</i>	Цены за единицу ресурса	2
<i>Нормы расходов</i>	Нормы расходов для каждой функции при использовании указанного оборудования на каждый вид ресурса	2
<i>Комплектация изделия</i>	Состав уникальной продукции, собираемой на основании деталей, характеристик с помощью функций	2
<i>Фактический расход</i>	Необходимые работы (процессы) для создания продукции. Формируются на основании кодов комплекта, оборудования и ресурса. Дополнительно указаны сроки выполнения, класс точности выполненной работы и количество использованного ресурса	3
<i>Продукция</i>	Параметры создаваемой продукции на основании желаний клиента	3

Данные таблицы являются справочной составляющей информационной базой предприятия, на их основе собирается информация об уникальной продукции. Таблица *Комплектация изделия* позволяет сформировать комплектацию продукции на основании характеристик и функций.

2. Таблица *Фактический расход* позволяет описать работы по созданию продукции, а таблица *Продукция* содержит первоначальные данные от клиента и позволяет учесть будущие параметры и рассчитать цену продукции.

В табл. 2.3 и 2.4 приведены более подробные фрагменты структуры баз данных, разработанные для позаказного единичного производства.



## 3. Системы оперативного производственного планирования

---

---

### 3.1. Критерии выбора системы оперативного производственного планирования

---

---

**С**истемы оперативного планирования по выбранным приоритетам закона непрерывности разделяются на две большие группы: выталкивающие и вытягивающие системы.

Выталкивающими называются системы, движение материального потока в которых основано на принципе «выталкивания» материальных ресурсов предыдущим производственным звеном в последующее, когда для каждого участка централизованно составляются индивидуальные планы производства и для этого резервируются определенные материалы и межоперационные заделы.

Вытягивающими системами называются системы, движение материального потока в которых основано на принципе «вытягивания» материальных ресурсов последующим в технологической цепочке производственным звеном из предыдущего.

Оба вида систем находят применение на различных предприятиях и в различных типах экономики (рыночной, централизованно управляемой, переходной). Обе системы нацелены на удовлетворение потребности последующего звена за счет соответствующей (по объему, срокам, качеству и т. д.) поставки от предшествующего звена. Различие касается способов управления движением потоков в первую очередь по степени централизации планирования поставок по межзвенным передачам. В табл. 3.1 приведена характеристика систем ОПП, а на рис. 3.1 представлены основные критерии выбора вытягивающих и выталкивающих систем планирования производства.



Кроме того, «выталкивающая» и «вытягивающая» системы ориентируются на различный характер потребительского спроса. «Выталкивающая» система ориентирована преимущественно на относительно постоянный спрос в течение довольно длительного промежутка времени.

Таблица 3.1

## Характеристика систем ОПП

Признаки	Системы управления производством	
	Выталкивающая	Вытягивающая
Характеристика систем управления производством	По завершении обработки на одном участке изделие (деталь) «выталкивается» на следующий участок независимо от времени их обработки (сборки)	Изготавливаемые изделия (заказы, узлы, детали) последовательно «вытягивают» с предыдущих участков по мере их необходимости
Основной принцип	Непрерывность загрузки оборудования и рабочих	Непрерывность обработки изделия
Основная задача	Снижение себестоимости продукции	Сокращение длительности производственного цикла и ускорение оборачиваемости
Направленность системы	Ориентация на производителя	Ориентация на потребителя
Критерий выбора	Максимизация прибыли	

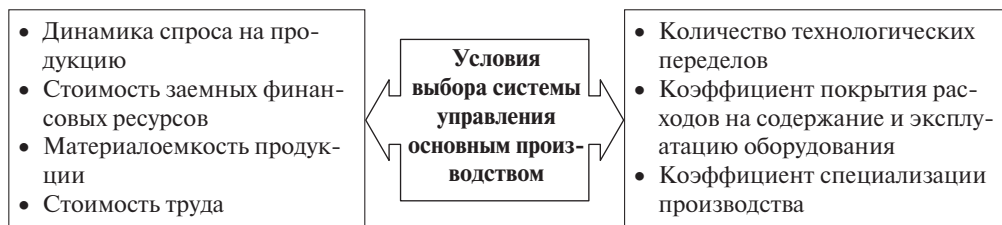


Рис. 3.1. Критерии выбора систем ОПП

Поэтому в основе всех плановых расчетов она может использовать постоянные значения ритма изготовления продукции. Системы «вытягивающего» типа в качестве планового периода для определения средних оборотных заделов рассматривают периоды от одного до трех месяцев. Оперативное управление в этих системах производится на значительно меньшем горизонте планирования.

*Первый вариант — выталкивающая система.* Такие модели более характерны для традиционных методов организации производства и, как

правило, предполагают наличие разветвленной диспетчерской службы. Функцией такой службы является сопровождение всего процесса производства с целью координации процессов производства и перемещения продукции, в том числе и «расширки узких мест». Возможность повышения эффективности применения толкающих систем появилась в связи с внедрением вычислительной техники, что позволило согласовывать планы действия всех подразделений предприятия с учетом динамики рынка.

На практике применяются различные программно-инструментальные средства для толкающих систем, известные под названием «системы MRPI и MRPII». MRP (Material Requirement Planning) — это общепринятая идеология, технология, организация и стандарты управления промышленными предприятиями. Системы MRP характеризуются высоким уровнем автоматизации управления, позволяющим реализовывать следующие основные функции:

- разрабатывать единый план закупок сырья, материалов и комплектующих изделий, связанный с планом производства и реализации заказов;
- обеспечивать контроль и регулирование уровня производственных запасов;
- в реальном масштабе времени согласовывать и оперативно корректировать планы и действия различных служб предприятия — снабженческих, производственных, сбытовых.

В системе класса MRP существуют три базовых блока.

1. *Формирование плана на основе заказов клиентов и прогноза спроса.* Этот процесс предполагает проверку выполнимости плана по ресурсам, так называемое приблизительное планирование мощности — Rough Gut Capacity Planning.

2. *Планирование потребностей*, т. е. составление плана-графика изготовления изделий собственного производства и плана-графика закупки материалов и комплектующих. При этом предполагается расчет размеров заказов и дат запуска партий на основе сетевых моделей. На этом этапе выполняется также расчет загрузки ресурсов или балансировка плана-графика по ресурсам — процедура «планирование мощности» — Capacity Planning.

3. *Оперативное управление.* Процедуры проверки укомплектованности и запуска заказов, управление ходом производства через механизмы производственных циклов, приоритетов, размеров заказов. Учет выполнения операций и заказов. Складской учет.

*Второй вариант — вытягивающая система.* При этом способе производственная программа отдельного технологического звена определяется размером заказа последующего звена, а система управления ставит задачу лишь конечному звену производственной технологической цепи. К преимуществам и особенностям вытягивающей системы относятся:

- отказ от избыточных запасов;
- наличие резервных мощностей для быстрого реагирования на изменение спроса;
- замена политики продажи произведенных товаров политикой производства продаваемых товаров;
- минимизация сроков прохождения продукции по технологическому процессу;
- сокращение простоев и нерациональных внутривозовых перевозок.

Вклад в развитие вытягивающих систем внесли концепции (JIT — just in time) — «точно в срок» и внутрипроизводственная система KANBAN. Идея концепции «точно в срок» — синхронизация процессов доставки материалов и изделий в необходимых количествах и точно к тому моменту, когда звенья логистической цепи в них нуждаются для выполнения заданного подразделением-потребителем заказа. Цель концепции «точно в срок» — минимизация затрат, связанных с созданием запасов. Необходимые условия реализации концепции JIT:

- наличие в экономической системе надежных поставщиков;
- использование систем обмена информацией о требуемых материальных ресурсах, например, карточки в системе KANBAN;
- высокая скорость физической доставки нужных материалов и деталей, в том числе за счет сокращения времени промежуточного хранения и ожидания грузопереработки;
- достоверные прогнозы на ближайшее будущее и точная информация о текущем состоянии производства.

Примером синтеза в производстве продукции ключевых элементов MRP и KANBAN на основе современных информационно-компьютерных технологий служит система OPT (Optimized Production Tehnology) — оптимизированная производственная технология, которая относится к классу «тянущих» систем, интегрирующих процессы снабжения и производства. Основной принцип работы этой системы

заключается в выявлении в производственном процессе так называемых «узких» мест (критических ресурсов).

Кроме того, внутри каждой системы существуют свои разновидности, обусловленные типом производства (табл. 3.2). Следует также учесть, что внутри предприятия возможно смешение различных типов производства, например, серийное при изготовлении повторяющихся деталей для разных заказов и единичное для производства оригинальных деталей и узлов конкретного заказа.

Таблица 3.2

**Особенности оперативно-производственного планирования,  
обусловленные типом производства**

Сравниваемый признак	Единичное производство	Серийное производство	Массовое производство
Основная особенность данного типа производства	Однократность или нерегулярная повторяемость заказа и нестабильность производства по объему и номенклатуре	Изделия выпускаются периодически повторяющимися мелкими, средними или крупными сериями	Большой объем выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение длительного времени
Преобладающая специализация	Технологическая специализация производственных подразделений	Предметная и технологическая специализация производственных подразделений	Предметная специализация производственных подразделений
Специализация рабочих мест (закрепление операций)	В течение месяца может выполняться более 40 деталей операций (по наименованиям)	В течение месяца детали операции периодически повторяются: <ul style="list-style-type: none"> <li>• мелкосерийное производство — 20–40,</li> <li>• среднесерийное производство — 10–20,</li> <li>• крупносерийное производство — 2–10</li> </ul>	Одна постоянно повторяющаяся операция На конвейере за рабочим местом может быть закреплено несколько высокопроизводительных операций, общая трудоемкость которых равна такту конвейера

Продолжение табл. 3.2

Сравниваемый признак	Единичное производство	Серийное производство	Массовое производство
Планово-учетные единицы (для обрабатывающих цехов)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Заказ</li> <li>Узел</li> <li>Ведущая деталь</li> <li>Узловой комплект</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Серия изделий</li> <li>Партия деталей</li> <li>Групповой комплект</li> <li>Машинокомплект</li> <li>Условный машинокомплект</li> <li>Условный суткокомплект</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Деталь</li> </ul>
Минимальные по продолжительности планово-учетные периоды в системе ОПП цехов	<p>В зависимости от сложности и трудоемкости деталей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Половина месяца — при длительных циклах обработки</li> <li>Декада</li> <li>Неделя (пятиневка) — при непродолжительных циклах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Рабочий день</li> <li>Смена</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Час</li> </ul>
Календарно-плановые нормативы (КПН)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Длительность производственного цикла</li> <li>Опережение по запуску</li> <li>Опережение по выпуску</li> <li>Пролеживание</li> </ul> <p>При обработке стандартизированных деталей используется партионная обработка</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Серия изделий</li> <li>Партия запуска (выпуска) деталей</li> <li>Периодичность запуска-выпуска партий деталей</li> <li>Заделы оборотные и страховые</li> </ul> <p>Календарно-плановые нормативы представлены наиболее полно, причем в мелкосерийном производстве они соответствуют единичному производству, а в крупносерийном — массовому</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Такт (ритм) работы участков, линий, рабочих мест</li> <li>Темп производства</li> <li>Заделы</li> </ul> <p>Нормативы имеют самую высокую точность</p>

Окончание табл. 3.2

Сравниваемый признак	Единичное производство	Серийное производство	Массовое производство
Календарное планирование	<i>План-график работы цеха и участка</i> отражает факт нахождения в производстве заказа, узла или ведущей детали в данном планово-учетном периоде (неделя, декада или половина месяца)	<i>Календарный график запуска партий деталей в производство.</i> Он отражает по каждой партии деталей день (или смену) запуска в производство, периодичность и последовательность запуска и окончание обработки. График строится по ведущему оборудованию	<i>Стандартный план-график работы участка.</i> Он предусматривает определенную последовательность выполнения всех деталиеопераций на каждом рабочем месте

### 3.2. Разновидности выталкивающих систем ОПП

В настоящее время наиболее широко используются различные виды выталкивающих систем оперативно-производственного планирования (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Виды выталкивающих систем

Востребованность вытягивающих систем будет увеличиваться по мере ужесточения требований клиентов к срокам выполнения заказов.

*Показная система.* Планово-учетной единицей и объектом планирования является заказ. По каждому заказу разрабатываются сквозные цикловые графики подготовки и производства. Разрабатывают сетевые или цикловые графики и рассчитывают время производства и опережения по запуску и выпуску для каждой детали. Это позволяет устанавливать обоснованные сроки выполнения как отдельных деталей, так и заказа в целом. Основная трудность — увязка планов прохождения разных заказов во времени и по производственной мощности (оборудованию).

*Система по заделам.* Для каждой стадии производства устанавливается норматив задела по каждому виду полуфабрикатов. Данный норматив постоянно поддерживается.

*Система по ритму выпуска.* Изготовление всех деталей приурочено к ритму выпуска продукции (для этого обеспечивается выравнивание по производительности).

*Партионно-периодическая система.* Разрабатываются постоянно действующие (стандартные) расписания изготовления партий деталей применительно к ритму производственного процесса на последующих стадиях (с учетом режимов потребления деталей сборочных единиц).

*Подetailная система.* Планирование ведется по каждой детали для каждого цеха, участка, линии. Система эффективна для устоявшейся номенклатуры при выпуске продукции, состоящей из относительно небольшого количества деталей.

*Покомлектная (комплектная) система.* Детали группируются в зависимости от включения их в конкретный вид продукции (в условную единицу продукции). Цех-поставщик передает цеху-потребителю все детали, входящие в комплект, который является планово-учетной единицей. Исключается некомплектность, обеспечивается равномерность работы сборочного цеха и выполнение плана по номенклатуре. Ниже приведены разновидности комплектных систем.

*Узловой комплект,* в его состав входят детали (с учетом их применимости), образующие технологический (сборочный) узел. Изготовление всех деталей комплекта должно быть завершено к моменту сдачи его на узловую сборку.

*Групповой комплект* формируется по признаку одинаковости технологического маршрута, используемых оборудования, оснастки, периодичности запуска-выпуска или очередности подачи на сборку.

*Машинокомплект* формируется по цехам из заготовок или узлов каждого изделия, изготавливаемого в данном цехе.

*Условный машинокомплект* — разновидность машинокомплекта, за основу принимается изделие, имеющее наибольший удельный вес в плане предприятия и выпускаемое в течение всего планового периода

*Условный суткокомплект* используется, если в программе завода нет «генерального» изделия, которое выпускается весь год и занимает наибольший удельный вес. Суткокомплект включает все детали (с учетом применяемости) для всех изделий, подлежащих изготовлению в плановом периоде из расчета среднесуточной потребности в них.

Помимо приведенных выше систем, в практике отечественных машиностроительных предприятий используется также *система планирования на склад*. Чаще всего она применяется для унифицированных и стандартизированных деталей. Складские запасы этих деталей постоянно поддерживаются на расчетном уровне, гарантирующем бесперебойное снабжение сборки, путем своевременного запуска партий деталей в производство, по существу эта система (при планировании по точке заказа) близка к группе вытягивающих систем. Возможные варианты данной системы:

- *С фиксированной партией запуска* периодичность запусков при неравномерном потреблении детали изменяется. Это усложняет организацию работ в цехе и препятствует обеспечению равномерной загрузки рабочих мест.
- *С фиксированной периодичностью запуска*. Величина партии может изменяться, а также равна разнице величин максимального складского задела и ожидаемого задела на дату выпуска (поступления на склад).

В табл. 3.3 приведена сравнительная характеристика применимости различных систем ОПП в различных типах производства.



Таблица 3.3

## Использование систем ОПП в различных типах производства

Системы ОПП	Тип производства				
	Единичное	М/серийное	Серийное	Кр/серийное	Массовое
1	2	3	4	5	6
<p><b>1. Позаказная система.</b> Планово-учетная единица и объект планирования — заказ. По каждому заказу разрабатываются сквозные цикловые графики подготовки и производства. Разрабатывают сетевые или цикловые графики и рассчитывают время производства и опережения по запуску и выпуску для каждой детали. Это позволяет устанавливать обоснованные сроки выполнения как отдельных деталей, так и заказа в целом. <i>Основная трудность</i> — увязка планов прохождения разных заказов во времени и по производственной мощности</p>	+	+	—	—	—
<p><b>2. Система планирования на склад.</b> Используется для унифицированных и стандартизированных деталей. Складские запасы этих деталей постоянно поддерживаются на расчетном уровне, гарантирующем бесперебойное снабжение сборки, путем своевременного запуска партий деталей в производство</p>	—	+	+	—	—
<p>Возможные варианты данной системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>С фиксированной партией запуска</i>, при этом периодичность запусков при неравномерном потреблении детали изменяется. Это усложняет организацию работ в цехе и препятствует обеспечению равномерной загрузки рабочих мест.</li> <li>• <i>С фиксированной периодичностью запуска</i>. При этом величина партии может изменяться, она равна разнице величин максимального складского задела и ожидаемого задела на дату выпуска (поступления на склад)</li> </ul>	—	+	+	—	—
<p><b>3. По заделам.</b> Для каждой стадии производства устанавливается норматив задела по каждому виду полуфабрикатов. Данный норматив постоянно поддерживается</p>	—	—	—	+	+
<p><b>4. Партионно-периодическая.</b> Разрабатываются постоянно действующие (стандартные) расписания изготовления партий деталей применительно к ритму производства на последующих стадиях производства (с учетом режимов потребления ДСЕ)</p>	—	—	+	+	+

Окончание табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
<b>5. По ритму выпуска.</b> Изготовление всех деталей приурочено к ритму выпуска продукции (для этого обеспечивается выравнивание по производительности)	–	–	–	+	+
<b>6. Подетальная.</b> Планирование ведется по каждой детали для каждого цеха, участка, линии. Система эффективна для устоявшейся номенклатуры при выпуске продукции, состоящей из относительно небольшого количества деталей	–	–	–	+	+
<b>7. Покомплектная.</b> Детали группируются в зависимости от включения их в конкретный вид продукции (в условную единицу продукции). Цех-поставщик передает цеху-потребителю все детали, входящие в комплект, который является планово-учетной единицей. При этом исключается некомплектность, обеспечивается равномерность работы сборочного цеха и выполнение плана по номенклатуре					
<i>7.1. Узловой комплект</i> включает все детали (с учетом их применимости), образующие технологический (сборочный) узел. Изготовление всех деталей комплекта должно быть завершено к моменту сдачи комплекта на узловую сборку	+	+	+	–	–
<i>7.2. Групповой комплект</i> формируется по признаку одинаковости технологического маршрута, используемых оборудования, оснастки, периодичности запуска–выпуска или очередности подачи на сборку	–	+	+	–	–
<i>7.3. Машино-комплект</i> формируется по цехам из заготовок деталей-сборочных единиц (ДСЕ) или узлов каждого изделия, изготавливаемого в данном цехе	+	+	+	+	–
<i>7.4. Условный машинокомплект</i> — разновидность машинокомплекта, за основу принимается изделие, имеющее наибольший удельный вес в плане предприятия, которое выпускается в течение всего планового периода	–	+	+	–	–
<i>7.5. Условный суткокомплект</i> используется, если в программе завода нет «генерального» изделия, которое выпускается весь год и занимает наибольший удельный вес. Суткокомплект включает все детали (с учетом применимости) для всех изделий, подлежащих изготовлению в плановом периоде из расчета среднесуточной потребности в них	+	+	+	–	–
<i>В целом на предприятии ни одна система ОПП не применяется в «чистом» виде</i>					

### 3.3. Разновидности вытягивающих систем ОПП

---

Вытягивающая система — это организация движения материальных потоков, при которой материальные ресурсы подаются («вытягиваются») на следующую технологическую операцию с предыдущей по мере необходимости, поэтому нет жесткого графика движения материальных потоков.

Заказы на изготовления материальных ресурсов (готовой продукции, пополнение запасов) размещаются, когда их количество достигает определенного критического уровня.

При этом план работы, составленный для одного производственного подразделения, автоматически порождает планы работ для всех остальных участков, включенных в технологическую цепочку.

Характерные признаки вытягивающих систем ОУП:

1. Сохранение во всей системе ограниченного объема оборотных заделов (устойчивых запасов) с регулированием их величины на каждом этапе производства.

2. План обработки заказов, составленный для одного участка (единственной точки планирования), определяет планы работ других подразделений.

3. Продвижение заказов происходит как от предыдущего участка к последующему (FIFO, вычисляемые приоритеты), так и наоборот — на израсходованные в процессе производства материальные ресурсы («супермаркет»).

Группа вытягивающих систем оперативного планирования производством включает следующие системы: восполнение «супермаркета», лимитированные очереди FIFO, метод «барабан-буфер-веревка» (DBR), лимит незавершенного производства (НЗП), метод вычисляемых приоритетов.

#### **Восполнение «супермаркета»**

Последовательность работ при использовании метода «супермаркет».

1. Потребляющий цех (участок) забирает материалы, заготовки, детали, комплектующие изделия из ячеек склада или кладовой («супермаркета») по мере производственной необходимости.

2. Для каждого наименования производимой продукции (детали, узла) определяют «точку восполнения» или точку заказа исходных ресурсов (материалов, заготовок и т. д.).

3. Когда общее количество заготовок, деталей и т. п. в ячейках супермаркета и исполняемых заказах опустится до уровня «точки восполнения», подающему подразделению (процессу-поставщику) посылают очередной заказ на их поставку. При этом оформлять заказ в виде бумажного документа не обязательно. В роли данного заказа может выступать промаркированный пустой контейнер, карточка «Канбан», световой сигнал, пустая ячейка «супермаркета» и т. п.

4. Для каждого восполняемого ресурса определяют объем соответствующей партии. Количество изделий во всех новых заказах равно объему восполняемых материалов.

5. Подающее подразделение должно выполнить заказ на восполнение ресурсов (заготовок, деталей и т. д.).

6. После изготовления заказанные ресурсы перемещаются на склад («супермаркет») и помещаются там в соответствующие ячейки.

*Календарный план-график или формальное производственное расписание работ разрабатывается только для процесса-потребителя.* План работ для процесса-поставщика формируется автоматически в реальном масштабе времени самой «Вытягивающей» системой ОПП. При использовании системы «супермаркет» существует только одна точка планирования, независимо от количества процессов, управляемых данной вытягивающей системой

Схема действия метода «супермаркет» отражена на рис. 3.3.

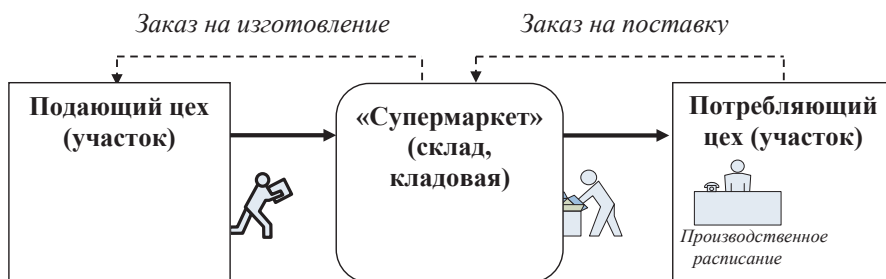


Рис. 3.3. Схема метода «супермаркет»

На величину точки восполнения, количество и общий производственный запас ресурсов по каждому виду продукции влияют:

- усредненный спрос на заготовки и детали за период времени;
- время выполнения заказа от момента получения заявки на восполнение «супермаркета» до момента, когда затребованные для восполнения ресурсы изготовлены, доставлены в «супермаркет» и размещены в его ячейках;
- размер партии восполняемых материалов (заготовок, деталей);
- время, в течение которого процесс-потребитель сможет получить требуемые материалы из ячеек «супермаркета».

Фактическая средняя величина запасов в ячейках «супермаркета» в хорошо спроектированной системе большую часть времени составляет 10–15 % от их общего потенциального объема, обусловленного планом выпуска готовой продукции.

Единственной точкой планирования производства в этой «вытягивающей» системе будет процесс, который изымает продукцию из последнего по технологии производства продукции «супермаркета».

Метод восполнения «супермаркета» хорошо применим лишь в тех случаях, когда участок-потребитель имеет возможность выбирать из множества различных вариантов полуфабрикатов, расположенных в ячейках. В других ситуациях этот метод обычно бывает менее предпочтительным.

### **Лимитированные очереди FIFO**

*При отсутствии необходимости предоставлять участку-потребителю возможность выбора лучше использовать не «супермаркет», а очередь FIFO (First-In-First-Out: «первым пришел, первым вышел», т. е. очередность в порядке поступления).*

Единственная точка расчета производственного расписания находится на участке, который следует непосредственно за последним «супермаркетом» системы. Между участками 2 и 3 находится лимитированная очередь FIFO.

*Если участок 2 закончит изготовление продукта, а очередь FIFO из заданий на участок 3 будет уже заполнена, то он прекращает свою работу во избежание переполнения очереди. Для процесса 2 это — сигнал о том, что он функционирует быстрее всей остальной системы.*

Схема действия метода «Лимитированные очереди FIFO» отражена на рис. 3.4.

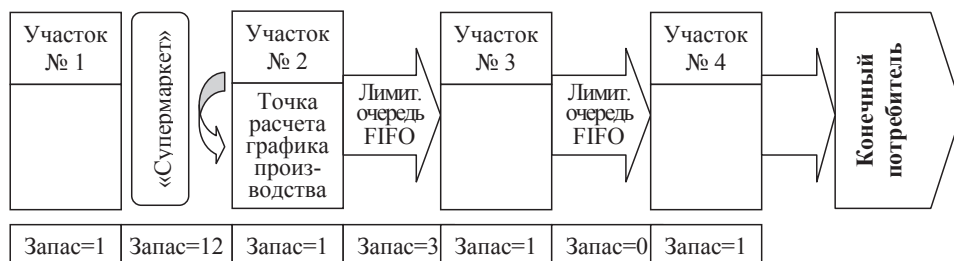


Рис. 3.4. Схема действия метода «Лимитированные очереди FIFO» [8]

Аналогичным образом в случае, если участок 3 затребует следующее задание из предшествующей ему очереди FIFO и окажется, что она пуста, то и процесс 3 тоже остановится. Такая система демонстрирует, какой процесс в данный момент времени является самым медленным.

На рис. 3.4 показаны запасы на каждом участке (предполагается, что каждый участок выполняет только одно текущее задание). Участок 3 в данный момент функционирует медленнее остальных. Это так называемое *текущее ограничение (ресурс, ограничивающий производительность всей системы (РОП))*: процесс, у которого отношение величины запасов в предшествующей очереди FIFO к величине запасов в последующей очереди FIFO максимально. Проще говоря, самый медленный участок образует перед собой наибольший объем незавершенного производства.

Поскольку все производственные участки, которые не являются текущим ресурсом, ограничивающим производительность всей системы, время от времени будут оставаться без работы, то необходимо определить, чем загружать свободные ресурсы в это время. Обычно устанавливают дополнительные задания, которые могут быть выполнены свободными ресурсами, что приводит к увеличению фактического объема незавершенного производства.

Преимущества системы лимитированных очередей FIFO перед «супермаркетами»:

- в этой системе содержится меньше запасов;
- уменьшаются риски срыва сроков исполнения клиентского заказа;
- упрощается управление;
- имеется возможность находить процесс, лимитирующий общую производительность системы, — текущее ограничение ресурса, ограничивающего производительность всей системы.

Лимитированные очереди FIFO можно использовать в массовых и крупносерийных производствах, где объем выпуска достаточно высок и технологический процесс постоянен для всего семейства выпускаемых продуктов.

### Метод «барабан — буфер — веревка» (DBR)

Метод «барабан — буфер — веревка» (DBR — Drum — Buffer — Rope) похож на систему лимитированных очередей FIFO, но в ней запасы в отдельных очередях FIFO не ограничиваются. Устанавливается общий лимит на запасы, находящиеся между единственной точкой составления производственного графика, и ресурсом, ограничивающим производительность всей системы. Схема действия метода «барабан — буфер — веревка» отражена на рис. 3.5. Ресурсом, ограничивающим производительность всей системы (то есть узким местом), на рис. 3.5 является участок 3.

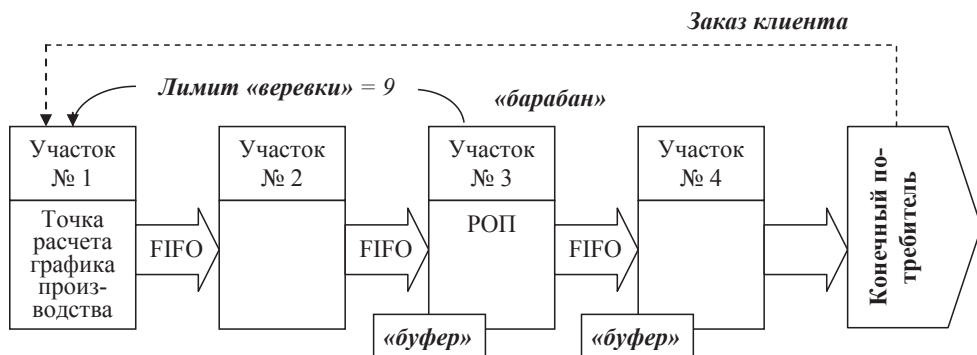


Рис. 3.5. — Схема действия метода «барабан — буфер — веревка» [8]

Когда ресурс, ограничивающий производительность всей системы (РОП), завершает выполнение одной единицы работы (заказа, детали, партии деталей), точка планирования запускает в производство одну единицу работы. Это называется «веревкой» (Rope).

«Веревка» — это механизм управления ограничением перегрузки ресурса, ограничивающего производительность всей системы. «Веревка», по сути, является графиком отпуска материалов, который предотвращает поступление работы в систему в темпе более высоком, чем она может быть обработана в РОП. *Используется для предотвращения по-*



*явления запасов незавершенного производства в большинстве точек системы (кроме защищенных плановыми буферами критических точек).*

Ресурс, ограничивающий производительность системы, диктует *ритм* работы всей производственной системы, поэтому график его работы именуется «*барабаном*» (Drum). Ресурс, ограничивающий производительность системы, определяет максимальный выход производственной системы в целом, так как она не может производить больше, чем ее узкое место (самый маломощный ресурс).

Лимит запасов и временной ресурс оборудования — «*буфер*» (Buffer) — распределяется так, чтобы ресурс, ограничивающий производительность всей системы, всегда мог вовремя начать новую работу.

«*Буфер*» и «*веревка*» *предотвращают недогрузку или перегрузку РОП.* В системе «барабан — буфер — веревка» буферы, создаваемые перед ресурсом, ограничивающим производительность системы, имеют временной, а не материальный характер.

*Временной буфер — это резерв времени, необходимый для защиты запланированного времени начала обработки.* Буферное время служит для «защиты» наиболее ценного ресурса от простоев.

Поступление материалов может осуществляться на основе заполнения ячеек «супермаркета». Передача деталей на последующие этапы обработки после их прохождения через ресурс, ограничивающий производительность системы уже не является лимитируемым FIFO, так как производительность этих процессов заведомо выше.

Только *критические пункты* в производстве защищаются буферами, ими являются:

- сам ресурс с ограниченной производительностью (участок 3);
- последующие этапы сборки с использованием детали, обработанной РОП;
- отгрузка готовой продукции, содержащей детали, обработанные РОП.

Поскольку в методе «барабан — буфер — веревка» (DBR) защита от возможных отклонений сосредоточена в наиболее критичных местах производства и устраняется во всех прочих местах, производственный цикл может быть сокращен до 50 % и более, без ухудшения надежности.

*Недостаток* метода DBR: обязательное существование ресурса, ограничивающего производительность системы, локализуемого на заданном горизонте планирования, что возможно только в серийном и крупносерийном производстве.



### Лимит незавершенного производства (НЗП)

Система с лимитом незавершенного производства похожа на метод «барабан — буфер — веревка». Отличие в том, что *создаются не временные буферы, а фиксированный лимит материальных запасов*, который распределяется на все процессы системы и не заканчивается только на ресурсе, ограничивающем производительность.

Этот подход значительно проще рассмотренных выше систем ОПП, внедряется легче и более эффективен.

Данная система эффективна для ритмичных производств со стабильной номенклатурой, неизменяемыми техпроцессами (*массовое, крупносерийное и серийное* производство). В единичном и мелкосерийном производстве, где постоянно запускаются новые заказы с оригинальной технологией, где сроки выпуска продукции диктуются потребителем и могут изменяться в процессе изготовления.

Схема действия метода «Лимит незавершенного производства» отражена на рис. 3.6.

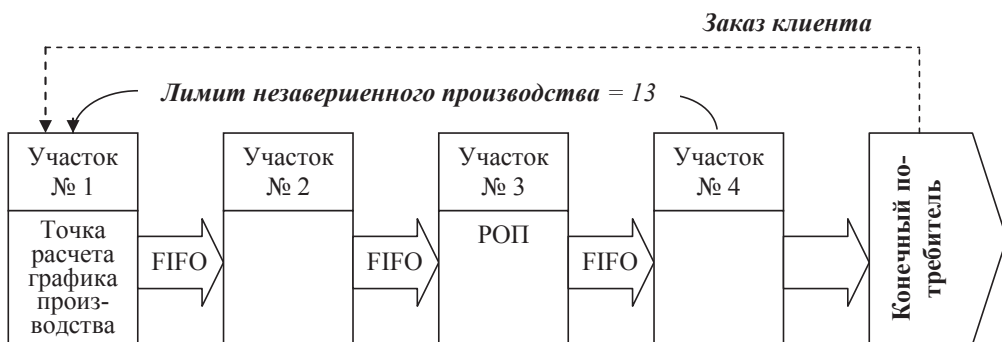


Рис. 3.6. Схема действия метода «Лимит незавершенного производства» [8]

**Преимущества** системы с лимитом незавершенного производства (по сравнению с методом «барабан — буфер — веревка» и очередями FIFO):

- проблемы процессов с запасом производительности не приведут к остановке производства из-за отсутствия работы для РОП и не снизят общую пропускную способность системы;
- правилам планирования должен подчиняться только один процесс;
- не требуется фиксировать (локализовать) положение РОП;

- легко обнаружить местонахождение текущего участка РОП;
- меньше «ложных сигналов» по сравнению лимитированными очередями FIFO.

Особенностью рассмотренных систем является возможность вычисления времени выпуска изделий на основе ритма (ритм — это количество изделий, выпускаемых в единицу времени).

В единичном и мелкосерийном производстве каждый из участков может быть РОП для одних заказов, не вызывая проблем при обработке других заказов, возникает *эффект «виртуального узкого места»*. Для таких случаев наиболее эффективен метод вычисляемых приоритетов.

### **Метод вычисляемых приоритетов**

Метод вычисляемых приоритетов наиболее эффективен в единичном и мелкосерийном производстве, когда узкое место (РОП) двигается при изменении плана производства. В этом случае станочный парк в среднем недогружен, а его пропускная способность низкая.

Метод вычисляемых приоритетов является обобщением системы пополнения «супермаркета» и системы с лимитированными очередями FIFO. *Разница* в том, что в данной системе *не все пустые ячейки в «супермаркете»* *пополняются в обязательном порядке*, а производственные задания, оказавшись в лимитированной очереди, *продвигаются по участкам не по правилам FIFO*, а по другим приоритетам. Правила вычисления приоритетов назначают в единственной точке планирования — на участке, следующем непосредственно за первым «супермаркетом»:

- ближайший срок готовности;
- $\max$  длительность обработки;
- $\min$  длительность обработки;
- директивный приоритет.

На каждом участке должна быть система, обеспечивающая своевременную обработку заданий с учетом их текущего приоритета. «Вытягивание» осуществляется за счет того, что последующий участок выполняет только те задания, которые имеют максимальный приоритет при заполнении ячеек «Супермаркета». Последующий участок, являясь единственной точкой планирования, сам вынужден выполнять только наиболее приоритетные задания. Численные значения приоритетов заданий получают за счет вычислений на каждом из участков значений общего для всех критерия. Вид этого критерия задает-

ся на уровне предприятия, а его значения каждый производственный участок вычисляет самостоятельно для заданий, вставших в очередь на обработку.

Очередь производственных заданий, передаваемых от участка к участку, лимитирована, но сами задания в этой очереди могут меняться местами в зависимости от их текущего приоритета. Исполнитель сам не может выбрать задания, с которого надо начинать работу, а при изменении приоритета заданий он должен переключиться на выполнение наиболее приоритетного. При значительном числе заданий и большом числе станков на участке необходимо проводить локальную оптимизацию материальных потоков, проходящих через участок. *Для оборудования каждого участка, не являющегося единственной точкой планирования, составляется локальное оперативное производственное расписание, которое корректируется каждый раз после изменения приоритета исполняемых заданий.* Для решения внутренних оптимизационных задач используются *критерии* загрузки оборудования. Задания, ожидающие обработки между участками, не связанными «супермаркетом», упорядочивают по «*Правилам выбора из очереди*» (обработка в порядке очереди, *max* длительность операции, *min* длительность операции и т. д.).

Правила выбора могут изменяться в течение времени. Правила вычисления приоритетов заданиям назначаются «извне» по отношению к каждому производственному участку (процессу), а критерии загрузки оборудования участка определяют характер прохождения внутренних материальных потоков. Они выбираются непосредственно диспетчером участка в режиме реального времени (равномерная загрузка станков, *min* количество переналадок, *min* количество используемых станков, *min* грузопоток, *max* загрузка оборудования и т. д.)

Чтобы вычислить значение приоритета конкретного задания на конкретном участке, проводится предварительная группировка заданий (заказов) по ряду признаков:

- 1) номер сборочного чертежа изделия (заказа);
- 2) обозначение детали по чертежу;
- 3) номер заказа;
- 4) трудоемкость обработки детали на оборудовании участка;
- 5) длительность цикла обработки деталей данного заказа на участке;
- 6) суммарная трудоемкость операций по деталям, входящим в заказ;
- 7) время переналадки оборудования;

- 8) признак обеспеченности обрабатываемых деталей техоснасткой;
- 9) процент готовности детали (число завершенных технологических операций);
- 10) число деталей из данного заказа, прошедших обработку на данном участке;
- 11) общее число деталей, входящих в заказ.

Детали из одного заказа, находящиеся на разных участках, могут иметь различные значения вычисляемого приоритета.

Метод вычисляемых приоритетов обладает значительными *преимуществами*:

- текущие отклонения, возникающие в ходе производства, компенсируются изменяющимися приоритетами выполняемых заданий, что значительно повышает пропускную способность всей системы в целом;
- фиксировать (локализовать) положение РОП и лимитировать незавершенное производство нет необходимости;
- можно оперативно контролировать серьезные сбои (поломка оборудования) на каждом участке и пересчитывать оптимальную последовательность обработки заказов;
- функционально-стоимостной анализ производства возможно проводить на отдельных участках локальных производственных расписаний.

Использование вытягивающих методов оперативного планирования приводит к сокращению длительности производственного цикла изготовления продукции, увеличивая ее конкурентоспособность, и уменьшает запасы незавершенного производства, что при прочих равных условиях увеличивает рентабельность оборотных средств и активов в целом.

## 4. Особенности оперативно-производственного планирования в единичном и мелкосерийном производстве

---

---

### 4.1. Специфика ОПП в единичном и мелкосерийном производстве

---

---

Отличительной особенностью планирования единичного производства является включение в цикл изготовления заказа всех стадий подготовки производства и изготовления изделия: разработка конструкции, технологии, нормирования затрат труда, проектирование и изготовление оснастки, изготовление, испытание и доводка изделий.

Поскольку единичное производство характеризуется неповторяемостью изделий, то плановой единицей является конкретный заказ.

Задачи и особенности систем ОПП в единичном и мелкосерийном производстве приведены на рис. 4.1. Виды необходимых работ при составлении оперативных планов в единичном производстве приведены на рис. 4.2.

На предприятиях единичного и мелкосерийного типов производства в соответствии с заключенными договорами целесообразно составлять *сводную таблицу*, в которой по каждому заказу отражаются следующие группы информации:

- номер, наименование, обозначение заказа;
- количество и масса (удельная и общая);
- срок выполнения проектно-конструкторских работ;
- характер заказа (металлоконструкция, покупное изделие и т. д.);
- даты окончания разработки технологического маршрута, ведомостей покупных изделий, материалов, заготовок;
- дата копирования комплекта конструкторской документации;

### ОСОБЕННОСТИ ОПП В ЕДИНИЧНОМ И МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Особенность единичного и мелкосерийного производства – однократность или нерегулярная повторяемость заказа и нестабильность производства по объему и номенклатуре.

**Основная задача ОПП в единичном и мелкосерийном производстве: обеспечение согласованного и комплексного хода производства и равномерного выпуска продукции путем организации своевременной подготовки и запуска заказов в производство на основе цикловых графиков выполнения заказов с учетом плановых сроков выпуска.**

Иначе говоря, основная задача заключается в оптимальном сочетании выполнения различных заказов в установленные сроки при равномерном использовании дефицитных ресурсов (оборудование, рабоче, финансы).

<p><b>Особенности ОПП в единичном и мелкосерийном производстве</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обоснование планов подготовки производства по каждому заказу.</li> <li>2. Определение состава календарно-плановых нормативов (КПН), на которых будут базироваться календарно-плановые расчеты.</li> <li>3. Применение более эффективных «серийных» методов организации производства и систем ОПП на участках, изготавливающих унифицированные и стандартизированные детали.</li> </ol>
<p><b>Особенности межцехового планирования в единичном и мелкосерийном производстве</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Годовой выпуск распределяется по периодам в соответствии с портфелем заказов и условиями загрузки производства.</li> <li>2. Невозможность создания и применения стабильных КПН (из-за нестабильности производства), поэтому нормативный характер имеют цикловые графики и объемно-календарные расчеты аналогичных заказов прошлых лет.</li> <li>3. Закрепление номенклатуры за цехами, участками, рабочими местами переменное, определяемое на основе объемных расчетов с учетом специализации подразделений.</li> <li>4. Цеховые программы строятся в позаданном и реже – в комплектно-узловом разрезе.</li> <li>5. Календарное распределение заданий осуществляется по установленным срокам сдачи (комплектования) по каждому заказу с учетом календарных опережений в работе цехов.</li> </ol>

Рис. 4.1. Задачи и особенности систем ОПП в единичном и мелкосерийном производстве

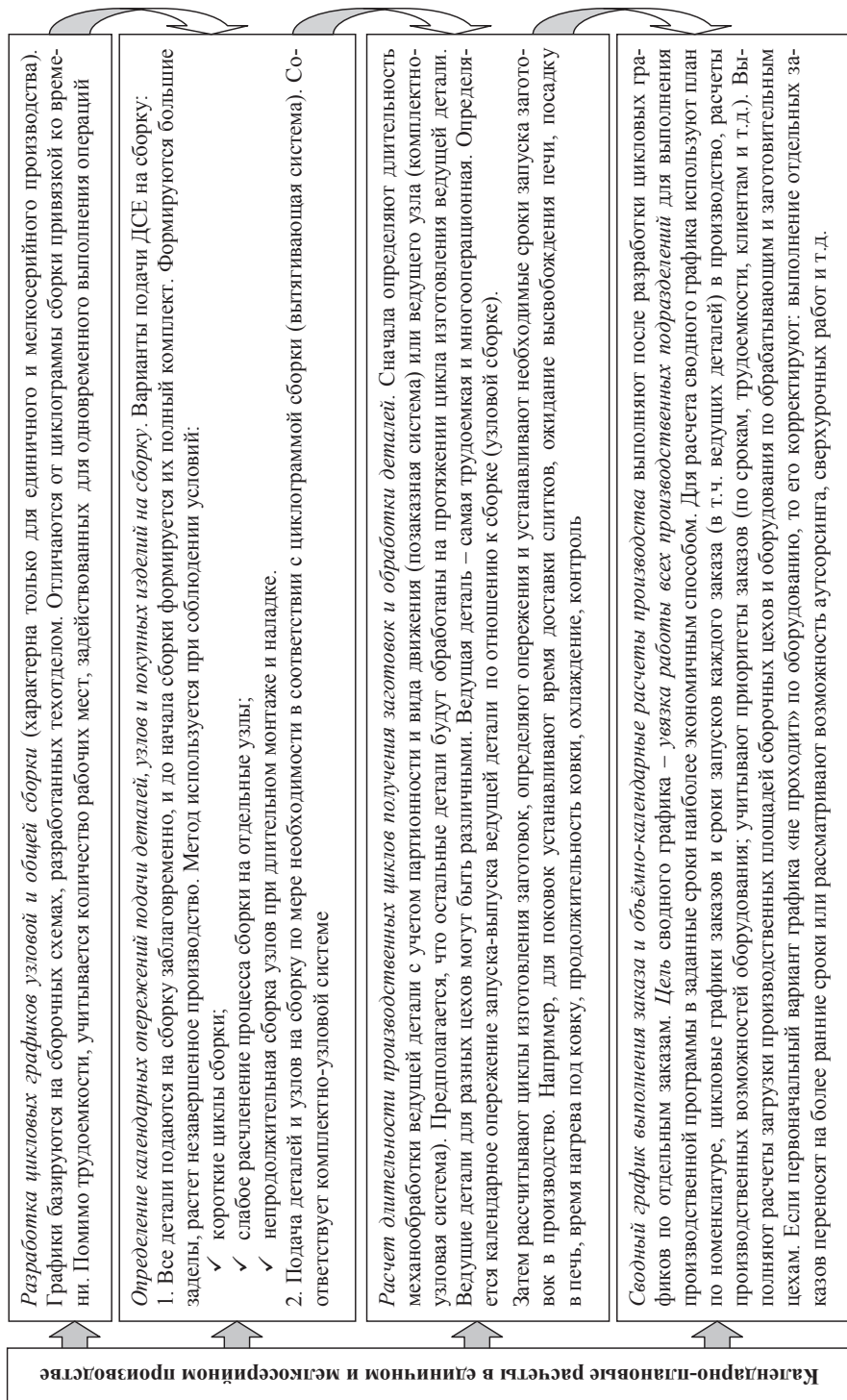


Рис. 4.2. Процедуры оперативно-производственного планирования в единичном производстве



- даты окончания разработки техпроцесса для литейки, кузницы, механообработки, сборки, техоснастки и т. д.;
- поздние сроки получения заготовок и комплектующих;
- срок запуска в производство (заключение договоров поставки);
- изготовитель комплектующих (заготовок), дата и номер договора (служебной записки);
- дата передачи конструкторской документации поставщику;
- дата выдачи рабочих чертежей ОГК;
- дата оплаты аванса;
- срок изготовления заказа;
- срок отгрузки заказа (поставки на станцию назначения с указанием станции назначения);
- ответственный руководитель/исполнитель.

После составления первоначального графика выполнения заказа проводится его проверка выполнимости, что предусматривает проверку проекта плана на выполнение следующего условия: трудоемкость выполнения плановых работ на всех группах оборудования за период (месяц, квартал) должна быть меньше действительного фонда времени оборудования соответствующих групп за этот период. Требования, учитываемые при разработке объемно-календарных планов выполнения заказов, приведены на рис. 4.3.

Чтобы уменьшить трудоемкость расчетов, необходимо *выявить группу ведущего оборудования и узкое место*. На начальной стадии проверки достаточно проводить по узкому месту, в дальнейшем, по мере формирования портфеля заказов, — по ведущему звену, предусмотрев меры по расшивке узких мест. Узким местом является наиболее загруженное оборудование, если производственная программа выполняема на узком месте, значит, с большой вероятностью она выполнима на остальных рабочих местах цеха. В информационном справочнике «Оборудование» должна быть отметка о принадлежности к ведущему звену или узкому месту.

Для проверки выполнимости плана необходима информация:

- сроки запуска-выпуска узлов (источник информации — проект плана производства);
- трудоемкость выполнения всех деталей и узлов в плановом периоде на узком месте (источник информации — справочник «*Детали*»);



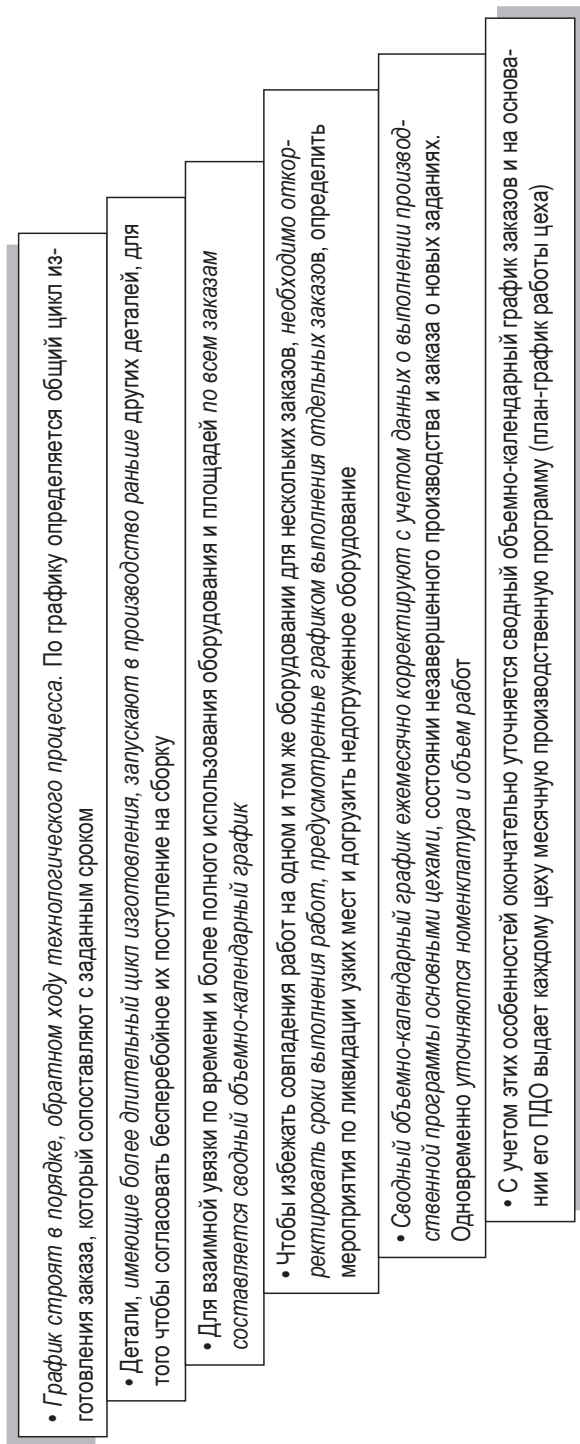


Рис. 4.3. Требования, учитываемые при разработке объемно-календарных планов выполнения заказа

- действительный фонд времени по данному оборудованию (режим работы и продолжительность простоя в плановом ремонте);
- *при отсутствии возможности оперативной замены рабочего-станочника необходимо учитывать сроки его очередного отпуска.*

Процедура проверки выполнимости плана производства

1. Определяют трудоемкость выполнения программы (в разрезе узлов) по узкому месту.

2. Распределяют трудоемкость каждого узла по учетно-плановым периодам (в приведенной ниже таблице — неделя) с учетом сроков запуска-выпуска. Для упрощения процедуры проверки исходят из условия равномерного распределения трудоемкости по неделям в течение всей длительности производственного цикла.

*Если в процессе изучения использования рабочего времени выявлено невыполнение норм, то плановую трудоемкость делят на коэффициент выполнения норм. При переходе от единичного производства к серийному (в т. ч. мелкосерийному) выпуску так же используют коэффициент выполнения норм, потому что нормы штучно-калькуляционного времени уменьшаются из-за партионной обработки деталей и распределения подготавлительно-заключительного времени между всеми деталями партии. Данную трудоемкость (станкоемкость) называют прогрессивной.*

3. Учитывая график работы оборудования, определяют действительный (плановый) фонд времени работы оборудования узкого места и распределяют его по планово-учетным периодам (неделям).

4. По каждому учетно-плановому периоду рассчитывают коэффициент загрузки оборудования узкого места, разделив прогрессивную станкоемкость на действительный фонд времени узкого места.

$$\text{Коэффициент загрузки} = \frac{\text{Трудоемкость за период}}{\text{Действительный фонд времени узкого места} \times \text{Коэффициент выполнения норм}}$$

Если по всем учетно-плановым периодам (неделям) планового периода (месяц, квартал) коэффициент загрузки не выше единицы, то программа выполнима и при условии обеспеченности материальными ресурсами проект плана может быть утвержден руководителем и переведен в статус плана. По мере совершенствования организации производства и повышения объективности норм времени можно довести максималь-

ный коэффициент загрузки до  $0,90 \div 0,95$ . Схемы проведения проверки выполнимости плана по узкому месту и выполнения объемно-календарных расчетов по предприятию приведены в табл. 4.1, так же в табл. форме (см. с. 80), пример плана-графика производства цеха — в табл. 4.3.

Если за какой-либо учетно-плановый период коэффициент загрузки больше 1,00 или существенно выше, чем в других периодах, то рассматривается возможность переноса сроков запуска (в некоторых случаях — выпуска) отдельных узлов или заказов. При этом учитывается возможность закупки материалов для данных узлов в более ранние сроки. При положительном решении осуществляется корректировка проекта плана производства и плана (проекта плана) по снабжению.

При невозможности запуска отдельных узлов в более ранние учетно-плановые периоды из-за высокой загрузки узкого места в предшествующие периоды или из-за невозможности закупки необходимых материалов в более ранние сроки предусматривают продление срока выпуска узла. Скорректированное время выпуска зависит от сроков получения материалов.

Осуществляется повторная проверка с учетом изменения сроков выпуска узлов. Если коэффициент загрузки не превышает 1,0, то с учетом изменения сроков запуска-выпуска отдельных изделий корректируются проекты плана производства, плана по реализации и плана по снабжению (возможно изменение только в части выделенных лимитов денежных средств).

Приоритет по сохранению в плане заказов, изделий (узлов для изделий) принадлежит заказам (изделиям) по которым:

- 1) заключен контракт и полностью получена оплата (аванс — 100 %);
- 2) заключен контракт и получена частичная оплата (аванс — менее 100 %);
- 3) заключен контракт, которым предусмотрен аванс, но денежные средства еще не поступили, так как не наступило время платежей;
- 4) заключен контракт, но авансы не предусмотрены договором;
- 5) на момент составления проекта плана контракты не подписаны, но были запущены в производство в прошлом периоде;
- 6) на момент составления проекта плана контракты не подписаны.

На основании принятого плана производства цеха разрабатываются месячные оперативные задания для участков основного производства, при этом учитывается их специализация (рис. 4.4).

Таблица 4.1

Схема проверки выполнимости плана цеха по узкому месту

№ заказа	Изделие/узел	Количество		Трудоем- кость по уз- кому месту	июль				август					
		Изделий и примеяе- мость узлов	Узлов на за- на за- каз		1	2	3	4	1	2	3	4		
	Котел													
	газовый тракт			Тр1	Тр1/2									
	узел водогрейный			Тр2	Тр2/4	Тр2/4	Тр2/4	Тр2/4						
	Котел													
	основание			Тр3	Тр3/3	Тр3/3								
	каркас			Тр4	Тр3/5	Тр3/5	Тр3/5	Тр3/5						
	комплект установочный			Тр4			Тр5/3	Тр5/3						
	топка			Тр5	Тр5/6	Тр5/6	Тр5/6	Тр5/6	Тр5/6	Тр5/6	Тр5/6	Тр5/6		
	прокладка основной горелки			Тр6			Тр6/2	Тр6/2						
	<b>Итого трудоемкость за период</b>				Т1.07	Т2.07	Т3.07	Т4.07	Т1.08	Т2.08	Т3.08	Т4.08		
	Количество единиц оборудования узкого места													
	Действительный фонд времени узкого места													
	Коэффициент загрузки													

Выполнение объемно-календарных расчетов по предприятию (за полугодие)

Цехи	Объем работ в нор- мо-часах	Число рабо- чих мест	Режим смен- ности	Календарное распределение общего объема загрузки по заказам (по ½ ме- сяца)									
				Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь				
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2



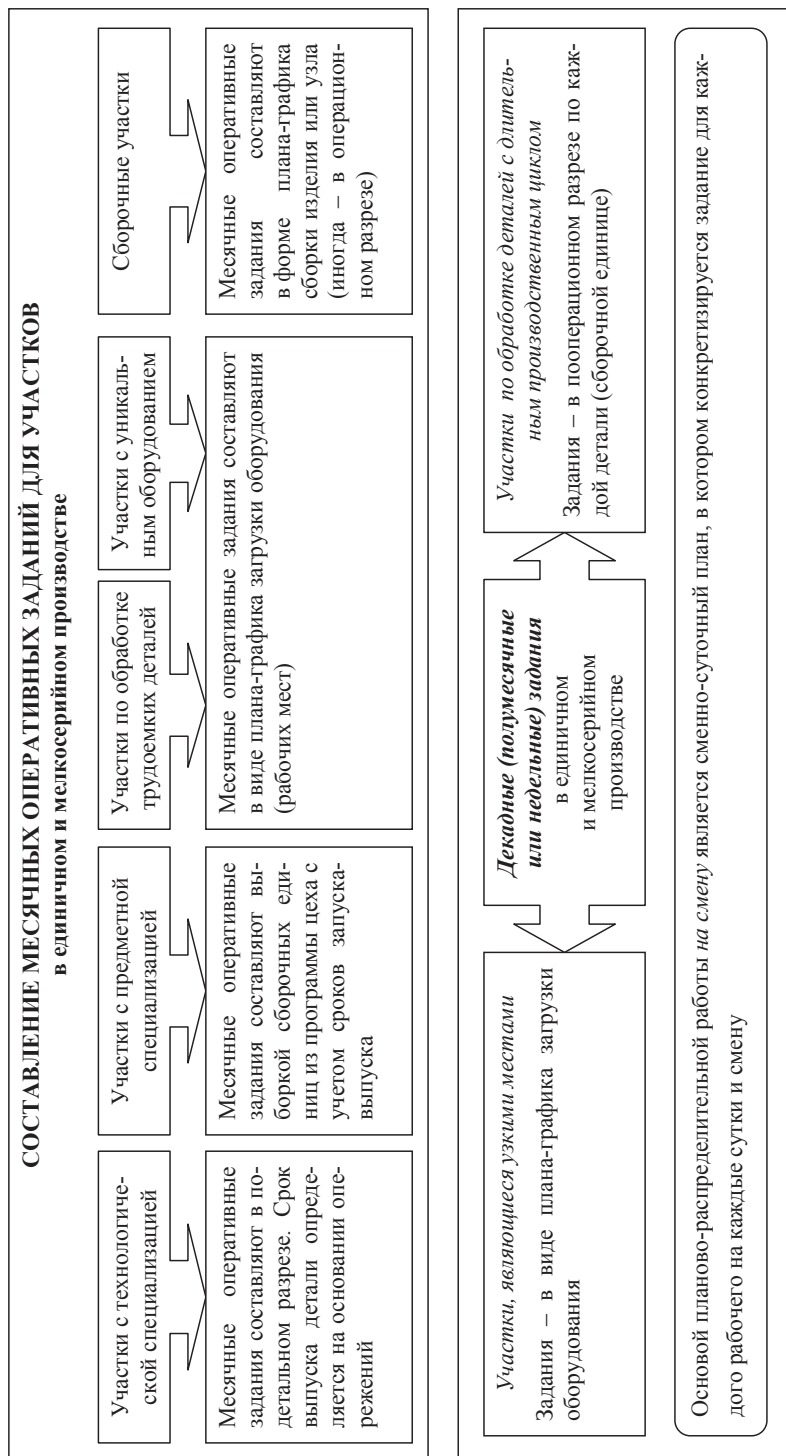


Рис. 4.4. Особенности месячных оперативных заданий для участков

## 4.2. Деловая ситуация

Необходимо составить квартальный план запуска изделий в производство с учетом производственных и финансовых ограничений.

Исходные данные для составления квартального графика запуска заказов приведены в табл. 4.3. В табл. 4.4 приведена дополнительная информация для расчетов и показан один из возможных вариантов решения задачи. Планово-учетный период — 0,5 месяца.

Таблица 4.3

Календарная программа выпуска изделий

№ заказа	Трудоемкость по «узкому месту»	Цена договорная, д. е.	Полная себестоимость, д. е.	Материалы	Сроки поставки	Длительность изготовления, месяц
М-1	400	20	17	7	15 декабря	2 месяца
М-2	200	10	8	2	1 декабря	1 месяц
М-3	200	8	6	3	15 декабря	1 месяц
М-4	300	12,5	10	2	31 декабря	1,5 месяца

### Вариант решения задачи

1. Составим графики запуска-выпуска каждого изделия. График строится с конечного срока сдачи готового изделия с учетом длительности производственного цикла. Трудоемкость изготовления распределяется пропорционально длительности производственного цикла.

Заказ	Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
М-1	–	100	100	100	100	–
М-2	–	–	100	100	–	–
М-3	–	–	–	100	100	–
М-4	–	–	–	100	100	100
Фонд времени по «узкому месту»	200	200	200	200	200	200

2. Проведем проверку по узкому месту. Коэффициент выполнения норм в данном случае принят равным 1.

Показатели	Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
	0	100	200	400	300	100
Суммарная трудоемкость	0	100	200	400	300	100
Фонд времени по «узкому месту»	200	200	200	200	200	200
Коэффициент загрузки	0	0,5	1	2	1,5	0,5

Как видно из расчетов, план не выполним, так как загрузка второй половины ноября и первой половины декабря превышает 100 %. Обратите внимание, что коэффициент загрузки, рассчитанный исходя из суммарной квартальной трудоемкости, меньше 100 % (1100/1200). В этом состоит принципиальное отличие текущего планирования от оперативного: при оперативном планировании временные промежутки не суммируются.

3. Рассчитаем производственные затраты на выполнение заказов и распределим их по периодам. Принимаем, что затраты на материалы списываются на себестоимость в начале периода изготовления в полном объеме, а прочие производственные затраты распределяются равномерно по всей длительности производственного цикла. Таким образом, для запуска изделия М-1 получим величину затрат  $7 + (17-7)/4 = 9,5$ . Для каждого периода величина затрат суммируется по всем изделиям (табл. 4.4).

Таблица 4.4

#### Первоначальный вариант плана

Заказ	Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
	—	100	100	100	100	—
М-1	—	100	100	100	100	—
М-2	—	—	100	100	—	—
М-3	—	—	—	100	100	—
М-4	—	—	—	100	100	100
Фонд времени по «узкому месту»	200	200	200	200	200	200
Производственные затраты	—	9,5	5,5	14,7	11,7	2,7
Оплата	—	—	—	10	28	12,5
Поток денежных средств	—	-9,5	-15	-19,7	-3,4	<b>6,4</b>

Аналогично по периодам распределим получаемые денежные средства от продажи продукции.

4. Для составления реального плана необходимо «разгрузить» первую половину декабря и вторую половину ноября. Решения об изменении сроков запуска изделий в производство могут приниматься по разным критериям. Чаще сдвигают на ранние периоды наиболее длительные



заказы. Если есть возможность «разбивки» заказов на отдельные части, допустим разрыв производственного цикла. Часть деталей и сборочных единиц выпускается заранее и пролеживают в ожидании сборки. При этом следует учесть, что величина запасов незавершенного производства растет и финансовые ресурсы «омертвляются» в запасах. Наиболее выгодным экономически будет вариант решения об удлинении производственного цикла и переносе сроков запуска на более ранние периоды, который коснется заказов наименьшей себестоимости или, по крайней мере, материалоемкости. В нашем случае — это изделие М-2. Однако его перенос на октябрь не разгружает вторую половину ноября. Принимаем дополнительное решение о переносе с разрывом производственного цикла изделия М-4 (табл. 4.5). Скорректированный план удовлетворяет ограничениям по загрузке «узкого места».

Как видно из сопоставления табл. 4.4 и 4.5, денежный поток к концу квартала достигает одной и той же величины при различных вариантах плана. Однако если принять условие финансирования заказов за счет заемных ресурсов, то вариант с переносом заказов на более ранние сроки потребует больших ресурсов за счет дополнительных процентов за кредит. К сожалению, вопросы оптимизации финансовых потоков в настоящее время не учитываются отделами оперативно-производственного планирования, что приводит к парадоксальным ситуациям: имея рентабельный портфель заказов на период, к концу периода предприятие получает убытки за счет кредитования неэффективной последовательности выполнения заказов.

Таблица 4.6

## Скорректированный вариант плана

Заказ	Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
М-1	—	100	100	100	100	—
М-2	—	—	100	100	—	—
М-3	100	100	—	—	—	—
М-4	100	—	—	—	100	100
Фонд времени по «узкому месту»	200	200	200	200	200	200
Производственные затраты	10,7	12,5	7,5	5,5	5,2	2,7
Оплата	—	—	—	10	28	12,5
Поток денежных средств	−10,7	−23,2	−30,7	−26,2	−3,4	6,4

## 5. Особенности оперативно-производственного планирования в серийном производстве

---

---

### 5.1. Специфика ОПП в серийном производстве

---

---

**В** серийном производстве запуск и выпуск изделий, узлов и деталей осуществляются сериями и партиями. Основными задачами ОПП в серийном производстве являются:

- Расчет оптимальной партии запуска.
- Закрепление конкретных операций за рабочими местами.
- Расчет периодичности запуска.

Партия деталей — это количество деталей, обрабатываемых между двумя переналадками оборудования. Время на переналадку распределяется между всеми деталями партии. Чем больше партия, тем меньше количество переналадок оборудования и штучно-калькуляционное время, но тем больше продолжительность внутривартионного пролеживания.

Из-за ограничений, накладываемых на *оптимальный* размер партии (стойкость инструмента, дефицитность и материалоемкость детали и т. д.), в расчетах используют *нормативный* размер партии деталей. Он устанавливается методом подбора: определяют минимально допустимый размер партии, с точки зрения экономически целесообразного использования оборудования, и корректируют его в сторону увеличения в зависимости от конкретных производственных условий.

*Минимально допустимый размер партии деталей* определяется двумя способами в зависимости от времени, необходимого на наладку оборудования, на котором обрабатываются данные детали.

1. Если время на наладку составляет 20 мин и более, то минимальный размер партии деталей  $n_{\min}$  определяется по ведущей операции,

имеющей наибольшее отношение времени на наладку ( $t_{пз}$ ) к норме штучного времени ( $t_{шт.}$ ):

$$n_{\min} = t_{пз} / t_{шт.} \cdot \alpha, \quad (5.1)$$

где  $\alpha$  — допустимый удельный вес времени на наладку оборудования в продолжительности смены исходя из оптимального размера партии.

2. Если время на наладку по всем операциям детали составляет менее 20 мин, то минимальный размер партии определяется по наиболее производительной операции из операций, на которых обрабатывается рассматриваемая деталь:

$$n_{\min} = T_{см.} / t_{шт.} = 480 / t_{шт.}, \quad (5.2)$$

где  $T_{см.}$  — продолжительность смены, мин.

Корректировка минимального размера партии деталей и доведение его до нормативного осуществляется с учетом ряда требований.

1. Размер партии деталей должен способствовать повышению производительности труда на каждой операции. Он должен быть больше сменной (в крайнем случае, полусменной) выработки или равен ей.

2. Размер партии деталей должен укладываться целое число раз в месячную программу по данной детали.

3. Периодичность запуска партии деталей  $R$  должна быть удобной для планирования. Периодичность запуска партии деталей определяется отношением размера партии деталей  $n$  к дневной потребности сборки в этих деталях  $N_{дн.}$ , т. е.  $R = n : N_{дн.}$ .

Если за основу унификации периодичностей запуска партии деталей принять, как наиболее удобную, однодневную потребность, то периодичность должна быть кратна продолжительности месяца, например: 1, 2, 4, 5, 10 (если в месяце 22 рабочих дней, то не 10, а — 11).

4. Размер партии деталей одного наименования должен согласовываться с размерами партий других деталей, т. е. средняя продолжительность операции каждой детали должна соответствовать сложившемуся в производстве коэффициенту закрепления операций. Нормативный размер партии деталей должен быть не меньше минимального.

## 5.2. Деловая ситуация

### *Исходные данные*

Ежемесячный выпуск изделий — 960 шт., применяемость каждой детали на изделие — 1 шт.

Число рабочих дней в месяце — 20.

Длительность смены ( $T_{см}$ ) — 8 часов, режим работы цеха — двухсменный.

Время среднего межоперационного пролеживания и выполнения вспомогательных операций — 3,5 час.

Коэффициент, учитывающий параллельно-последовательный вид движения ( $K_{пн}$ ), — 0,7.

Коэффициент, учитывающий допустимые потери времени на наладку оборудования, ( $\alpha$ ) — 0,05 от штучного времени.

Закрепление детали операций за оборудованием участка и прогрессивные нормы времени выполнения операций техпроцесса указаны в табл. 5.1.

1. Определить размер партии запуска деталей в производство и периодичность запуска.

2. Построить календарный график запуска партий деталей в производство.

3. Рассчитать величину переходящих цикловых и складских заделов на начало месяца.

### *Решение*

1. Определение размера партии запуска деталей в производство и периодичности запуска.

Размер партии запуска деталей в производство определяется на основе коэффициента, учитывающего допустимые потери времени на наладку оборудования (0,05 от штучного времени). То есть, подготовительно-заключительное время, приходящееся на одну деталь, равно произведению нормы штучного времени и коэффициента, учитывающего допустимые потери времени на наладку оборудования:

$$t_{пз}/n_{\min} = \alpha \cdot t_{шт.}$$



Следовательно, минимально необходимый размер расчетной партии, удовлетворяющий уровню потерь времени на наладку оборудования:

$$n_{\min} = \frac{t_{\text{пз}}}{(\alpha \cdot t_{\text{шт.}})} = t_{\text{пз}} / \alpha / t_{\text{шт.}}$$

Вычисление минимального размера расчетной партии (графа 4 табл. 5.2) осуществляется по ведущему оборудованию, у которого соотношение продолжительности наладки (подготовительно-заключительного времени) и нормы штучного времени максимально. В данной задаче этому требованию соответствует агрегатно-сверлильный станок.

Таблица 5.2

#### Определение величины расчетной партии деталей

Деталь	$N_{\text{шт.}}$ , мин.	$T_{\text{пз}}$ , мин.	Расчетная (минимальная) партия деталей, шт.	Расчетная периодичность запусков партии деталей, дн.	Принятая периодичность запусков, дн.	Принятая партия деталей, шт.
Шкив	1,2	30	$30/0,05/1,2 = 500$	$500/(960/20) = 10,4$	20	$48 \cdot 20 = 960$
Вилка	1,9	30	$30/0,05/1,9 = 316$	$316/(960/20) = 6,6$	10	$48 \cdot 10 = 480$
Вилка	1,5	30	$30/0,05/1,5 = 400$	$400/(960/20) = 8,3$	10	$48 \cdot 10 = 480$
Рычаг	2,2	30	$30/0,05/2,2 = 273$	$273/(960/22) = 5,7$	10	$48 \cdot 10 = 480$
Рычаг	2,8	40	$40/0,05/2,8 = 286$	$286/(960/20) = 6,0$	10	$48 \cdot 10 = 480$
Рукоятка	3,0	40	$40/0,05/2,9 = 276$	$276/(960/20) = 5,7$	10	$48 \cdot 10 = 480$
Вилка	1,8	50	$50/0,05/1,8 = 556$	$556/(960/20) = 11,6$	20	$48 \cdot 20 = 960$
Вилка	2,1	30	$30/0,05/2,1 = 286$	$286/(960/20) = 6,0$	10	$48 \cdot 10 = 480$
Вилка	1,0	30	$30/0,05/1,0 = 600$	$600/(960/20) = 12,5$	20	$48 \cdot 20 = 960$
Рычаг	1,1	30	$30/0,05/1,1 = 545$	$545/(960/20) = 11,4$	20	$48 \cdot 20 = 960$

$N_{\text{шт.}}$  — норма штучного времени, мин;  $T_{\text{пз}}$  — норма подготовительно-заключительного времени, мин.

Величина принятой партии должна быть не меньше величины расчетной партии. При определении принятой партии необходимо учитывать требование кратности периодичности запуска (и количества запусков) продолжительности месяца, например: 1, 2, 4, 5, 10, 20. При этом, одновременное использование для партий разных деталей периодич-

ности запуска 4 и 5 дн. нежелательно, так как это может существенно усложнить построение графика либо сделать невозможной обеспечение заданной периодичности запуска по всем партиям деталей.

Периодичность запуска партии деталей равна отношению размера партии деталей к среднесуточной потребности сборки в этих деталях. Среднесуточная потребность сборки в детали каждого наименования составляет 48 единиц ( $960/20 = 48$ ). Сначала определяется расчетная периодичность запусков (графа 5 табл. 5.2).

Если расчетную периодичность запусков партий деталей округлять до меньшего целого (например, по шкиву — до 10 дней), то принятая величина партии будет меньше ее расчетной величины и потери времени на наладку оборудования будут больше допустимого уровня. Округление периодичности запусков до большего целого значения приведет к значительному усложнению календарного графика, а при большой номенклатуре закрепленных за участком деталей, — к невозможности его построения. Поэтому *расчетную периодичность запусков округляют до ближайшего большего значения* унифицированного ряда периодичностей запуска (графа 6 табл. 5.2).

В завершении определяется принятая (плановая) величина партии деталей каждого наименования умножением среднесуточной потребности данных деталей и принятой периодичности запусков партии (графа 7 табл. 5.2).

## 2. Построение календарного графика запуска партий деталей в производство.

Календарный график запуска партий деталей в серийном производстве строится по ведущему оборудованию (321 — агрегатно-сверлильный станок).

Для построения графика необходимо определить:

А. Продолжительность операционного цикла обработки на ведущем оборудовании партии деталей каждого наименования.

Для этого величину принятой партии деталей умножают на норму штучного времени и к полученному значению прибавляют подготовительно-заключительное время. Для удобства построения графика операционный цикл рассчитывается в рабочих сменах ( $8 \times 60 = 480$  мин) или в рабочих днях, с учетом сменности работы участка (табл. 5.3, графы 1–5).

Таблица 5.3

**Продолжительность операционного цикла обработки партии деталей  
на ведущем оборудовании и технологического цикла**

Деталь	Норма штучного времени, мин.	Подгото- витель- но-заклю- чительное время, мин	Приня- тая пар- тия де- талей, шт.	Длительность операци- онного цикла, смены	Длитель- ность тех- нологи- ческого цикла, смен
Шкив	1,2	30	960	$(1,2 \cdot 960 + 30)/480 = 2,5$	8,1
Вилка	1,9	30	480	$(1,9 \cdot 480 + 30)/480 = 2,0$	8,0
Вилка	1,5	30	480	$(1,5 \cdot 480 + 30)/480 = 1,6$	7,8
Рычаг	2,2	30	480	$(2,2 \cdot 480 + 30)/480 = 2,3$	10,5
Рычаг	2,8	40	480	$(2,8 \cdot 480 + 40)/480 = 2,9$	8,8
Рукоятка	2,9	40	480	$(2,9 \cdot 480 + 40)/480 = 3,0$	8,3
Вилка	1,8	50	960	$(1,8 \cdot 960 + 50)/480 = 3,7$	16,1
Вилка	2,1	30	480	$(2,1 \cdot 480 + 30)/480 = 2,2$	9,5
Вилка	1	30	960	$(1,0 \cdot 960 + 30)/480 = 2,1$	11,3
Рычаг	1,1	30	960	$(1,1 \cdot 960 + 30)/480 = 2,3$	16,1

Б. Продолжительность технологического цикла ( $T_{\text{тц}}$ ) обработки партии деталей каждого наименования.

Технологический цикл определяют с учетом вида движения. В данном случае расчет укрупненный: длительность технологического цикла обработки партии деталей при последовательном виде движения корректируется с помощью коэффициента, учитывающего параллельно-последовательный вид движения (0,7).

$$T_{\text{тц}} = (n \cdot \sum t_{\text{шт.}} + \sum t_{\text{пз}}) K_{\text{пп}} / 60 / T_{\text{см.}}$$

Если на ведущем оборудовании выполняются не начальные операции техпроцесса, то отдельно рассчитывается часть длительности технологического цикла, предшествующая обработке на ведущем оборудовании и последующая за ней.

Шкив, см.:

$$(960 (1,2 + 2,0 + 1,5 + 1,0) + (30 + 15 + 15)) 0,7/60/8 = 8,1.$$

Аналогичные расчеты проводят для партий остальных деталей. Результаты расчетов приведен в табл. 5.3, графа 6.



В. Продолжительность производственного цикла обработки партии деталей каждого наименования.

Производственный цикл больше технологического цикла на величину времени межоперационного пролеживания и выполнения вспомогательных операций производственного процесса.

В данной задаче естественных операций нет, а межцеховые пролеживания не учитываются в связи с тем, что расчеты ограничены производственным участком.

Количество межоперационных пролеживаний каждой партии на единицу меньше количества операций техпроцесса. Расчет продолжительности производственного цикла обработки партии деталей приведен в табл. 5.4.

Если на ведущем оборудовании выполняются не начальные операции техпроцесса, то отдельно рассчитывается часть длительности производственного цикла, предшествующая обработке на ведущем оборудовании и последующая за ней.

Таблица 5.4

**Продолжительность производственного цикла обработки партии деталей**

Деталь	Длительность технологического цикла, смен	Количество операций техпроцесса	Длительность производственного цикла, смен
Шкив	8,1	4	$8,1 + 3,5 (4-1)/8 = 9,4$
Вилка	8,0	7	$8,0 + 3,5 (7-1)/8 = 10,6$
Вилка	7,8	6	$7,8 + 3,5 (6-1)/8 = 10,0$
Рычаг	10,5	7	$10,5 + 3,5 (7-1)/8 = 13,1$
Рычаг	8,8	6	$8,8 + 3,5 (6-1)/8 = 11,0$
Рукоятка	8,3	6	$8,3 + 3,5 (6-1)/8 = 10,5$
Вилка	16,1	6	$16,1 + 3,5 (6-1)/8 = 18,3$
Вилка	9,5	7	$9,5 + 3,5 (7-1)/8 = 12,1$
Вилка	11,3	6	$11,3 + 3,5 (6-1)/8 = 13,5$
Рычаг	16,1	7	$16,1 + 3,5 (7-1)/8 = 18,7$

Г. Последовательность запуска партий деталей в производство.

Сначала запускаются в производство партии деталей с минимальной периодичностью запуска (10 рабочих дней). Если приоритеты последовательности запуска партий деталей не рассчитываются, то из партий с одинаковой периодичностью сначала предусматривают запуск

партий деталей с более коротким операционным циклом обработки на ведущем оборудовании.

В очереди партии деталей выстраиваются по мере роста длительности операционного цикла. В табл. 5.5 представлена выборка партий деталей с периодичностью запуска 10 дней, проранжированная по увеличению продолжительности операционного цикла.

Таблица 5.5

**Последовательность запуска в производство партий деталей с периодичностью запуска 10 дней**

Деталь	№ чертежа	Длительность цикла, смены		Последовательность запуска
		операционного	производственного	
Вилка	02–35	2,0	10,6	2
Вилка	02–36	1,6	10,0	1
Рычаг	02–40	2,3	13,1	4
Рычаг	02–41	2,9	11,0	5
Рукоятка	03–15	3,0	10,5	6
Вилка	07–30	2,2	12,2	3

### *Построение графика*

Календарный график начинается с построения графика загрузки ведущего оборудования (ведущего станка) с учетом последовательности запуска.

На графике отражается длительность операционного цикла (на ведущем оборудовании) партий деталей с минимальной периодичностью запуска. В общем случае партии деталей запускаются непрерывно. Затем, учитывая периодичность, в той же последовательности показывают остальные запуски партий данных деталей (рис. 5.1).

Партии деталей, запускаемых 1 раз в месяц, «встраиваются» в свободные смены (с начала первой смены 8-го дня по вторую смену 10-го дня включительно и с первой смены 18-го дня по вторую смену 20-го дня включительно). При наличии резерва времени по ведущему оборудованию запуски предусматриваются с начала смены. Партии группируются с учетом продолжительности «свободных» участков. Например, нельзя после обработки шкива 02–13 (операционный цикл 2,5 смены) запустить вилку 07–29 (операционный цикл 3,7 смены), так как их совокупная загрузка ведущего оборудования превысит 6 смен, свободных от обработки партий с периодичностью запуска 10 дней.



После изображения обработки на ведущем оборудовании всех партий на графике откладывается продолжительность производственного цикла обработки партии деталей на участке (рис. 5.2).

Обработка многих партий деталей оканчивается в следующем периоде. Поэтому в первоочередном порядке на графике указывают окончание обработки партий, запущенных в производство в предыдущем месяце (переходящие заделы). При условии равномерного распределения производственной программы по месяцам, «хвосты», оставшиеся с прошлого месяца, равны заделам, переходящим на следующий месяц (на рис. 5.2 — обозначены пунктирной линией).

3. Расчет величины переходящих цикловых и складских заделов на начало месяца.

Переходящие цикловые заделы характеризуют наличие партий деталей в процессе обработки на конкретную дату (обычно на начало периода), они определяются на основании календарного графика запуска партий деталей в производство. В общем случае, в производстве на разной стадии обработки одновременно может находиться несколько партий деталей одного и того же наименования. В данном примере в первый рабочий день месяца в обработке были партии следующих деталей: вилка 02—35, вилка 02—36, рукоятка 3—15, рычаг 07—33 и шкив 02—13. Партии деталей рукоятка 3—15, рычаг 07—33 и шкив 02—13 были запущены в производство в предыдущем месяце (перешедшие с прошлого периода). Партии деталей: вилка 02—35 и вилка 02 были запущены в плановом периоде. Цикловые заделы считаются партиями и (или) штуками, их величина приведена в табл. 5.6.

Складские заделы (запасы) должны обеспечить непрерывность работы сборочного цеха. Их наличие объясняется тем, что в серийном производстве в обработку детали запускаются, как правило, периодически партиями, а на сборке они потребляются равномерно. Складские заделы определяются как в планово-учетных периодах (рабочих днях или сменах), так и в натуральных измерителях (единицах).

Складские заделы рассчитывают на основании календарного графика (как день (или смена) выпуска первой в этом месяце партии деталей, независимо от месяца запуска) и продолжительности межцехового пролеживания (последние в данной задаче не учитываются).

Количество деталей в складском заделе равно произведению величины среднесуточного (или среднего за смену) потребления деталей

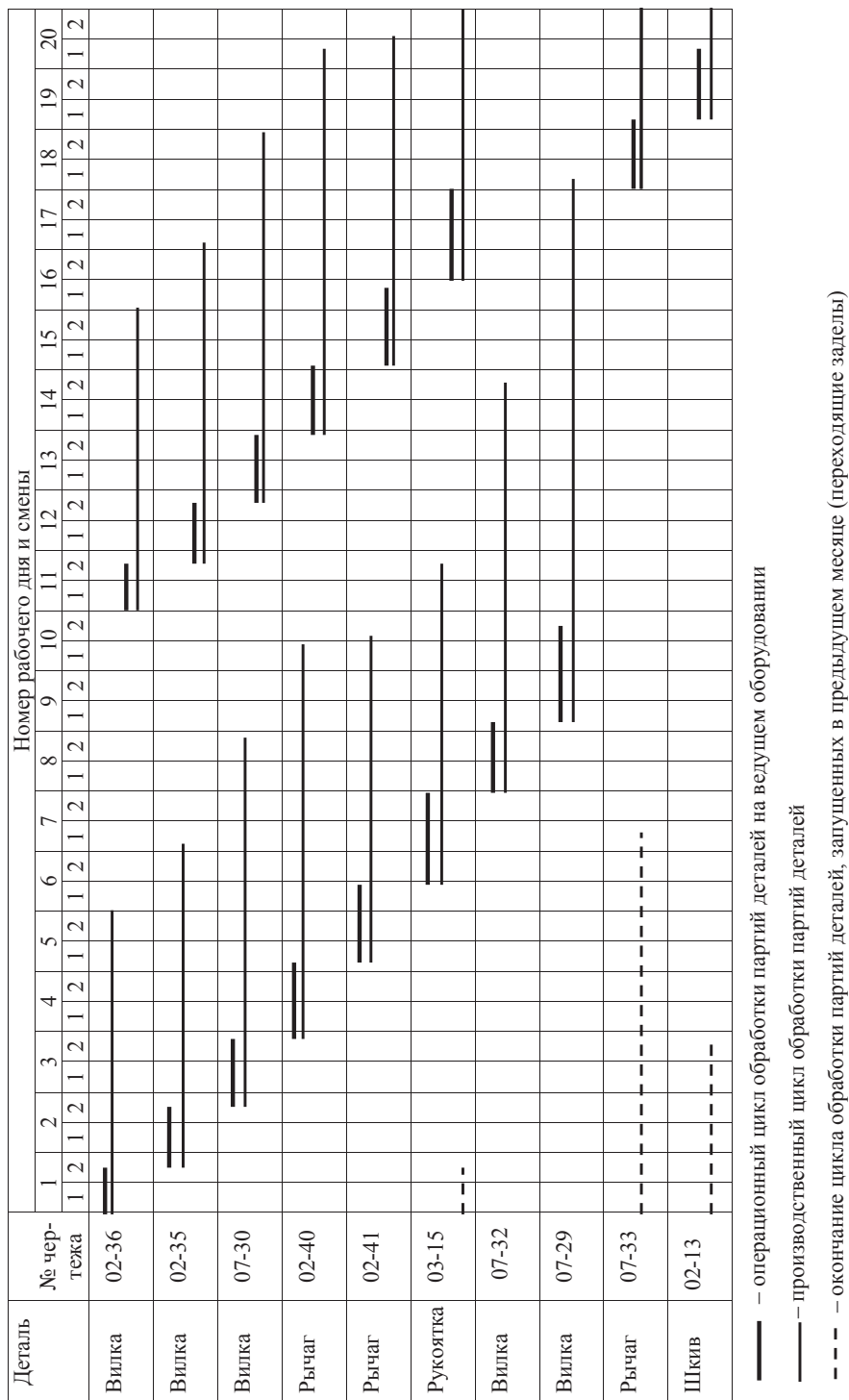


Рис. 5.2. Календарный график запуска партий деталей в производство

данного наименования и величины складского задела рабочих дней (сменах).

Таблица 5.6

**Переходящие цикловые и складские заделы на начало месяца**

Деталь	№ чертежа	Планово-учетный период — смена			Планово-учетный период — рабочий день		
		Складской задел, смены	Складской задел, шт.	Цикловой задел, шт.	Складской задел, раб.дн.	Складской задел, шт.	Цикловой задел, шт.
Шкив	02–13	6	$24 \cdot 6 = 144$	960	3	$48 \cdot 3 = 144$	960
Вилка	02–35	13	$24 \cdot 13 = 312$	0	7	$48 \cdot 7 = 336$	480
Вилка	02–36	10	$24 \cdot 10 = 240$	480	5	$48 \cdot 5 = 240$	480
Рычаг	02–40	19	$24 \cdot 19 = 456$	0	10	$48 \cdot 10 = 480$	0
Рычаг	02–41	20	$24 \cdot 20 = 480$	0	10	$48 \cdot 10 = 480$	0
Рукоятка	03–15	2	$24 \cdot 2 = 48$	480	1	$48 \cdot 1 = 48$	480
Вилка	07–29	35	$24 \cdot 35 = 840$	0	18	$48 \cdot 18 = 864$	0
Вилка	07–30	16	$24 \cdot 16 = 384$	0	8	$48 \cdot 8 = 384$	0
Вилка	07–32	28	$24 \cdot 28 = 672$	0	14	$48 \cdot 14 = 672$	0
Рычаг	07–33	13	$24 \cdot 13 = 312$	960	7	$48 \cdot 7 = 336$	960

Обработка партии шкивов 02–13 закончится в течение 6-й смены. Ближайшая партия вилок 02–35 будет завершена в 13-ю смену, значит, для бесперебойной работы сборки складских запасов должно хватить соответственно на 6 и 13 смен (в рабочих днях — 3 и 7).

Складские заделы в единицах деталей определяются с учетом среднесуточного (48 шт.) или среднего за смену (24 шт.) потребления деталей.

## Заключение

---

**В** пособии приведены основные теоретические и расчетные рекомендации по построению и выбору систем оперативно-производственного планирования.

На практике вопросы создания эффективных систем ОПП гораздо сложнее и зависят не только от тех производственных и рыночных факторов, которые рассмотрены в пособии, но и от ряда других: технического оснащения предприятия, квалификации его специалистов и т. п.

Чтобы оценить масштабы работы по построению информационно-справочной базы для ОПП представьте, что среднее количество наименований продукции на предприятии около 100 номенклатурных позиций. Среднее количество наименований деталей в спецификации продукции около 5 тысяч. Для обработки одной детали используется около 10 операций. Конечно, такие объемы информации возможно эффективно обрабатывать только с использованием автоматизированных расчетов.

На каждом предприятии сегодня используются программные продукты различного уровня сложности. Однако основная проблема — разработка методики расчетов основных показателей ОПП.

Надеемся, что приведенные в пособии методы и расчетные примеры помогут Вам успешно справиться с данной задачей.

## Библиографический список

---

---

1. Кобец Е. А. Планирование на предприятии: учеб. пособие / Е. А. Кобец. Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2006.
2. Сачко Н. Организация и оперативное управление машиностроительным производством / Н. Сачко. Минск : Новое знание, 2008. 640 с. (Серия: Техническое образование.)
3. Загородников С. В. Оперативно-производственное планирование: учеб. пособие / С. В. Загородников, Т. Ю. Сивчикова, Н. С. Носова. М. : Изд-во Дашков и К°, 2008. 287 с.
4. Управление организацией: учебник / под ред. А. Г. Поршнева, З. П. Румянцевой, Н. А. Саломатина. М. : Инфра-М, 1999.
5. Соколицин С. А. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: учебник / С. А. Соколицин, Б. И. Кузин. Л. : Машиностроение, 1988. 527 с.
6. Файнгольд М. Л. Основы расчета календарно-плановых нормативов. Методология и методика: учеб. пособие / М. Л. Файнгольд. Владимир : «Экономическая газета» — ВГПУ, 1996. 68 с.
7. Обзор типовых систем оперативно-производственного планирования, применяемых в машиностроении / С. Г. Гришин [и др]. М. : Инфомэлектро, 1990. 40 с.
8. Фролов Е. Б. MES и производственная логистика, или что такое «вытягивающее» планирование? [Электронный ресурс]/Е. Б. Фролов. — Режим доступа: <http://www.fobos-mes.ru/stati/mes-i-proizvodstvennaya-logistika-ili-chto-takoe-vyityagivayuschee-planirovanie.html>. Загл. с экрана.



*Учебное издание*

**Ершова** Ирина Вадимовна  
**Минеева** Татьяна Анатольевна  
**Черепанова** Елена Васильевна

**ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ПЛАНИРОВАНИЕ**

Редактор О. С. Смирнова  
Верстка О. П. Игнатьевой

Подписано в печать 30.09.2016. Формат 70×100/16.  
Бумага писчая. Печать цифровая. Гарнитура Newton.  
Уч.-изд. л. 5,0. Усл. печ. л. 7,7. Тираж 200 экз.  
Заказ 333

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

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



