



Министерство образования Республики Беларусь

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Инженерная экономика»

Составитель: Е.Н. Костюкевич

**ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Курс лекций

Электронное издание



Минск 2021



Министерство образования Республики Беларусь
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Инженерная экономика»

**ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Курс лекций

для студентов направления специальности
1-27 01 01 «Экономика и организация производства»
1-27 01 01-01 «Экономика и организация производства»
(машиностроение)

Электронное издание

Минск 2021

УДК 005.93(075.8)
ББК 3,1-6я7
О60

Автор-составитель:

Е.Н. Костюкевич ст. преподаватель кафедры «Инженерная экономика» БНТУ

Рецензенты:

Заведующий кафедрой «Маркетинг и отраслевая экономика» УО ГГТУ имени П.О. Сухого, канд. экон. наук Л.Л. Соловьева.

Руководитель проекта ОАО «УЛХ «Белкоммунмаш», магистр экон. наук Ф.Ф. Кашлей.

Оперативное управление на машиностроительном предприятии / Составитель Е.Н. Костюкевич. — Минск: БНТУ, 2021. — 236 с.

В конспекте лекций изложены основные сведения в области теории и практики оперативного управления и планирования на предприятии, включая технологии по формированию и распределению номенклатурной программы, проведению проверочных объемных расчетов производственных мощностей цеха и предприятия в современных условиях, определению календарно-плановых нормативов и формированию календарных планов-графиков работы подразделений промышленного предприятия, изучению систем оперативно-календарного планирования и производственному диспетчированию.

Издание предназначено для студентов направления специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства» 1-27 01 01-01 «Экономика и организация производства» (машиностроение).

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 293-92-12
E-mail: kostsiukevich.e@gmail.com

Регистрационный № _____

© БНТУ, 2021
© Костюкевич Е.Н., 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ КАК ОСОБЫЙ КОНТУР И ВАЖНЕЙШАЯ ФУНКЦИЯ РУКОВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЕМ.....	6
1.1. Понятие об оперативном управлении производством.....	6
1.2. Влияние системы оперативно-производственного планирования на экономические и финансовые результаты работы предприятия.....	24
1.4. Системы оперативно-календарного планирования производства.....	40
1.4. Выталкивающая и вытягивающая системы оперативно-календарного планирования.....	45
1.5. Закрепление деталей за оборудованием. Выравнивание объемов производства по спросу.....	51
1.6. Заводские органы оперативного планирования производства.....	54
2. ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	56
2.1. Особенности календарного планирования серийного производства.....	56
2.2. Определение нормативных размеров партий деталей и периода их запуска-выпуска.....	58
2.3. Определение длительности производственного цикла и опережения запуска-выпуска.....	68
2.4. Определение величины производственных заделов.....	75
2.5. Составление календарных планов-графиков цехов (межцеховое планирование).....	79
2.6. Разработка планов-графиков производственных участков (внутрицеховое планирование).....	90
2.7. Особенности календарного планирования в литейных, кузнечных и сборочных цеха.....	97

3. ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	106
3.1. Особенности оперативно-календарного планирования.....	106
3.2. Календарно-плановые нормативы и календарные планы однопредметных линий.....	107
3.3. Календарно-плановые нормативы многопредметных линий...	123
3.4. Система «только по заказу».....	138
3.5. Разработка месячных календарных планов цехов и участков.....	143
4. ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЕДИНИЧНОГО И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	148
4.1. Особенности календарного планирования единичного производства. Порядок прохождения и оформления заказа.....	148
4.2. Основные календарно-плановые расчеты движения производства.....	151
4.3. Объемные расчеты производства.....	164
4.4. Разработка месячных оперативных программ цехов (межцеховое планирование).....	172
4.5. Внутрицеховое календарное планирование.....	180
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА.....	181
5.1. Необходимость и эффективность текущего контроля и регулирования производства. Понятие о диспетчировании.....	181
5.2. Особенности контроля и регулирования количества и качества в процессах разных видов.....	186
5.3. Внешние возмущающие воздействия на производственный процесс по количеству и их влияние на его устойчивость.....	194
5.4. Контроль и регулирование количества при возмущающих воздействиях внутренних элементов.....	207
5.5. Организация диспетчирования на предприятии.....	218
ЛИТЕРАТУРА.....	223

1. ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ КАК ОСОБЫЙ КОНТУР И ВАЖНЕЙШАЯ ФУНКЦИЯ РУКОВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЕМ

1.1. Понятие об оперативном управлении производством

«Управлять – значит вести предприятие к его цели, извлекая максимальные возможности из всех имеющихся в его распоряжении ресурсов», – так охарактеризовал процесс управления Г. Файоль.

Процесс управления предусматривает согласованные действия, которые и обеспечивают в конечном счете осуществление общей цели или набора целей, стоящих перед организацией. Для координации действий должен существовать специальный орган, реализующий функцию управления. Поэтому в любой организации выделяются управляющая и управляемая части. Схема взаимодействия между ними показана на рис. 1.1.

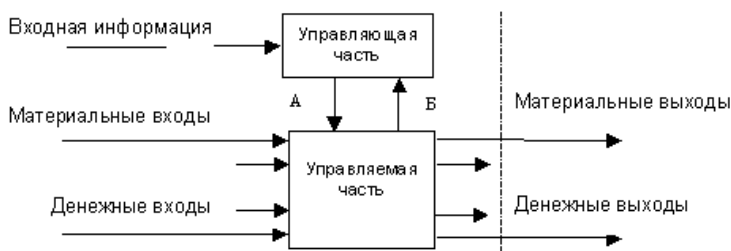


Рис.1.1. Взаимодействие управляющей и управляемой части организации
А - управляющая информация, Б - информация об исполнении

В управляющую часть входит дирекция, менеджеры и информационные подразделения, обеспечивающие работу руководящего звена. Эту часть организации принято называть административно-управленческим аппаратом. Входным

воздействием и конечным продуктом управляющей части является информация. Управляющее звено – необходимый элемент любой организации.

Управляемая часть – это различные производственные и функциональные подразделения, занятые обеспечением производственного процесса.

В условиях рыночных отношений обеспечить промышленному предприятию эффективное функционирование и конкурентные преимущества может только эффективная система управления его производственной деятельностью. Сегодня предприятие само определяет и прогнозирует параметры внешней среды, ассортимент продукции и услуг, цены, поставщиков, рынки сбыта и многое другое, должно уметь быстро, а главное правильно реагировать на любые изменения во внешней и внутренней среде, и в соответствии с ними корректировать свою деятельность.

Управление производством как основа любого предприятия представляет собой четко очерченный контур, действующий внутри контура руководства предприятием в целом. Это связано с тем, что все информационные, материальные, трудовые ресурсы, их качество и решения людей по всем другим функциям интегрируются и проявляются своей положительной или отрицательной стороной исключительно в ходе и результатах протекания производственного процесса – главного компонента предприятия.

Протекание и состояние производственного процесса отражает результаты функционирования всех без исключения подсистем управления предприятием: технической подготовки, планирования, ресурсного обеспечения, технического обслуживания, обеспечения кадрами, отношения людей к труду и др. Подобное различие в контурах и функциях управления и их интеграции в механизме управления имеют и технические системы. Так, например, бесперебойная и высокопроизводительная работа машины определяется многими факторами: исправностью отдельных ее узлов, смазкой, подачей топлива или энергии и др. Но непосредственно машиной управляет регулятор оборотов двигателя, который обеспечивает заданную производительность машины путем регулирования, поддержания на определенном уровне количества энергии или топлива, поступающих в единицу времени,

обеспечивая тем самым выполнение определенной работы. Но если они поступают в недостаточном количестве или машина неисправна, т.е. не выполняются другие функции по обеспечению ее устойчивой работы, то регулятор не в состоянии заставить машину работать в заданном темпе. Она либо работает с перебоями, либо дает некачественную продукцию, либо вовсе останавливается,

Любая управляющая система, работающая в реальном времени, должна иметь: эталон, или план поведения, на основе которого проводится сравнение показателей ее функционирования; регулирующее устройство, работающее в реальном времени и основанное на плане и обратной связи; корректирующее устройство, позволяющее вносить некоторые изменения в шаблон поведения на короткое время. Для предприятия эталоном поведения системы является модель протекания производственного процесса во времени. Необходимость разработки такой модели диктуется тем, что вещественные и трудовые элементы предприятия (машины, оборудование, материалы и люди) представляют собой набор ресурсов, которые можно объединить и привести в динамическое равновесие лишь на основе согласования их действий во времени по определенному плану. *Модель производственного процесса* – это его абстрактное отображение, устанавливающее порядок и сроки взаимодействия всех видов ресурсов в пространстве и во времени в ходе производственного процесса, т.е. эталон поведения производственной системы в целом и отдельных ее элементов в течение определенного календарного промежутка.

Предписанные планом действия реализуются множеством производственных ячеек; каждая из них представляет собой вероятностную систему, на результаты работы которой влияют многие факторы, в том числе и отрицательные. Это требует непрерывного наблюдения за ходом производственного процесса и регулирования его с тем, чтобы предупредить отклонения или свести к минимуму потери от этих отклонений (рис. 1.2).

Наконец, при значительных объективных и субъективных отклонениях в ходе производственного процесса требуется вносить коррективы в поведение системы в целом и отдельных ее элементов (подразделений). В этом случае необходима коррекция плана.

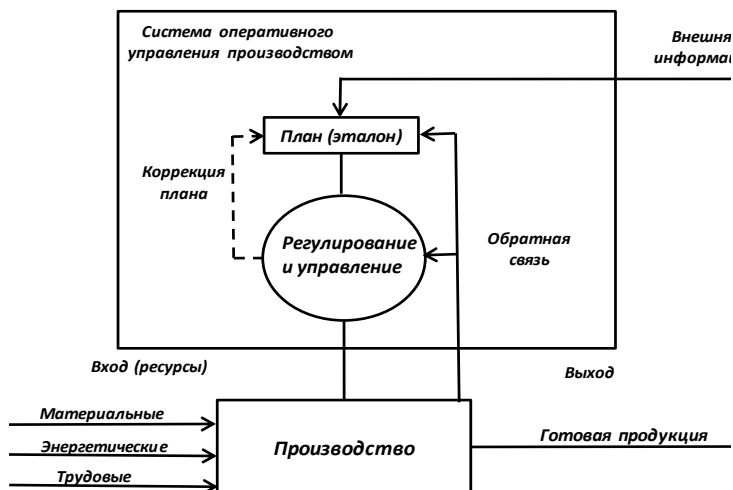


Рис. 1.2. Схема оперативного управления производством

Итак, под *оперативным управлением производством* (ОУП) следует понимать совокупность работ и действий по разработке модели протекания процесса во времени, наблюдению за его ходом в реальном масштабе времени, принятию и осуществлению решений по предупреждению возможных отклонений и корректировке эталона поведения системы на основе данных обратной связи и внешней информации, обеспечивающих бесперебойный ход производства. Его задача — обеспечить поддержание показателей и параметров функционирования предприятия по выпуску продукции в заданных планом пределах, т.е. поддержание системы в динамическом равновесии с помощью средств текущего (оперативного) воздействия на входы и выходы отдельных его подразделений в реальном времени. Однако поддержание этого равновесия может быть достигнуто лишь при обеспечении тесной взаимосвязи всех подсистем, начиная от маркетинга и технической подготовки производства и заканчивая отгрузкой готовой продукции, каждая из которых может служить источником возмущения. Так, задержка отгрузки продукции может быть следствием срыва сроков обработки отдельных деталей или сборки узлов (из-за несвоевременной подачи чертежей, отсутствия материалов, инструмента, приспособлений и т.д.). Для выявления и предупреждения

отклонений подсистема оперативного управления должна располагать сведениями о степени и сроках выполнения функций всеми подразделениями предприятия. Это неизбежно требует интеграции всех внутренних потоков информации с системой ОУП. Подробная схема взаимодействия этой системы со всеми основными функциями предприятия с помощью прямой и обратной связей показана на рис. 1.3.

Первой стадией ОУП, как видно из его определения, является разработка модели протекания процесса производства в пространстве и во времени.

Создать модель процесса – значит спроектировать перемещение и преобразование ресурсов в продукцию с определенной скоростью.

Для моделирования пространственно-временных процессов, в которых время прохождения расстояния зависит от скорости движения, наиболее подходящей является модель типа «расписание».

Расписание – это совокупность сведений о последовательности и времени свершения событий многих процессов в данном месте или отдельных частях данного процесса в разных местах. Так, можно говорить о расписании процесса изготовления единицы продукции с момента начала первой операции до окончания последней, которое определяет длительность производственного цикла. Вместе с тем расписанием является и перечень работ, выполняемых в конкретный период по всем объектам производства в данном подразделении, т.е. по изготовлению всех экземпляров продукции в течение этого времени. Расписание составляют обычно в табличной и графической форме; последняя предпочтительнее, так как более наглядно отражает процесс и его элементы, условно показывая на чертеже-графике и время, и расстояние.

Основой для разработки модели работы любого подразделения предприятия служит согласованный в пространстве и во времени цикл изготовления единицы продукции или ее части. Составленную в табличной или графической форме модель принято называть *планом-графиком*.

Составить план-график – значит заранее разработать модель функционирования предприятия, цеха, участка, рабочего места во времени, предусматривающую выполнение в данный момент именно той работы (и в том объеме), которая необходима для организации бесперебойного хода совокупного производственного процесса предприятия, обеспечивающего выпуск конкретного экземпляра готового изделия в заранее обусловленный срок.

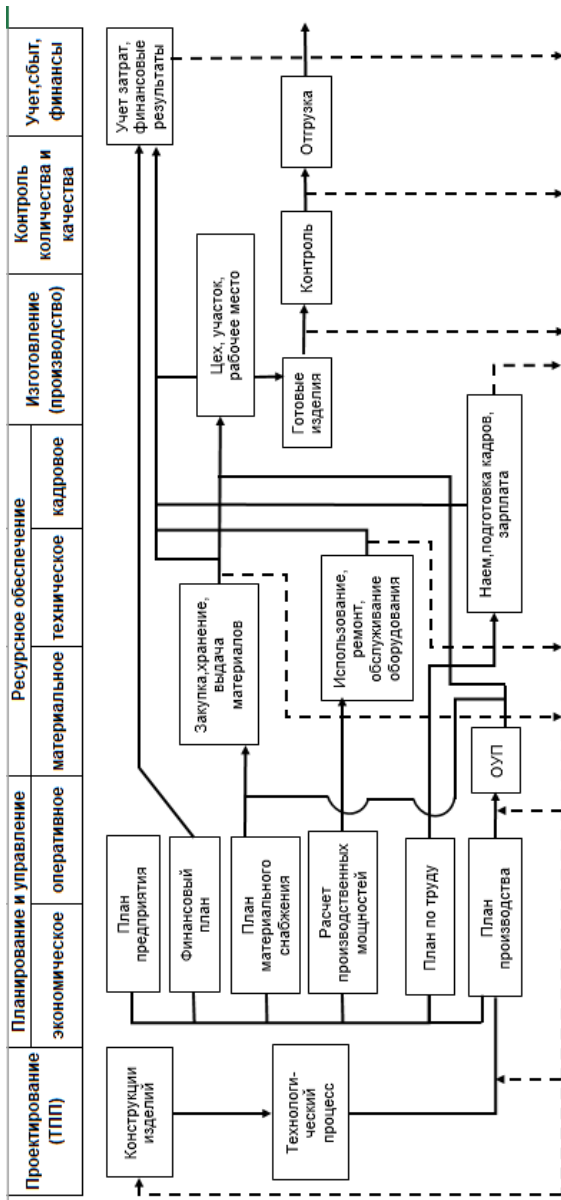


Рис. 1.3. Интеграция подсистем информационных потоков предприятия в системе ОУП с помощью внутренних связей

План-график работы предприятия и любого его подразделения, разработанный на основе научно обоснованных временных параметров, обладает системными свойствами, которые проявляются прежде всего в том, что, предписывая движение реальных, вещественных предметов во времени, он устанавливает строгую взаимосвязь, взаимодействие и целенаправленность работы всех подразделений предприятия, подчиненной единой цели – изготовить продукт к определенному моменту. Всякое отступление от предписаний этого графика на любом участке, рабочем месте приведет к срыву сроков изготовления изделия или дополнительной затрате ресурсов.

Системные свойства планов-графиков работы предприятия непосредственно связаны во времени с внешней средой, т.е. с другими системами. Задержка поставки конкретного экземпляра изделия потребителю, являющаяся следствием нарушения внутренних временных связей на предприятии, неизбежно отрицательно сказывается на пространственно-временных связях с другими предприятиями и влечет за собой крупные экономические потери.

Нарушение временных связей всегда удлиняет время производства, а это, в свою очередь, приводит к увеличению запасов, поскольку величина их пропорциональна длительности цикла. Так, если на предприятии в третьей декаде месяца изготавливается $\frac{2}{3}$ объема продукции вместо $\frac{1}{3}$, это значит, что длительность цикла, а следовательно, и запасы увеличиваются на $\frac{1}{3}$ по цепочке событий. Но чтобы за $\frac{1}{3}$ времени выпустить $\frac{2}{3}$ продукции, предприятию необходимо иметь повышенные запасы средств труда (машин, оборудования) и значительные резервы рабочей силы, что снижает уровень производительности труда и ведет к снижению фондоотдачи и удорожанию продукции.

План-график должен предусматривать: равномерный выпуск продукции; равномерную загрузку оборудования и рабочих; движение материалов, заготовок, деталей и узлов в соответствии с принятыми нормативами, а также наличие резервов мощностей и производственных ресурсов, необходимых для ликвидации отклонений от нормального хода производства.

Разработка плана-графика осуществляется в два основных этапа: проверочных объемных расчетов производства и непосредственной разработки календарных планов (оперативно-календарное планирование).

На этапе *проверочных объемных расчетов* уточняется общий объем и содержание работ (выпуск продукции), которые должны быть выполнены

в предстоящем плановом периоде каждым производственным подразделением. Осуществляется подробный расчет необходимых производственных и трудовых ресурсов (оборудования, рабочих, производственных площадей, материалов, заготовок и др.), и полученные результаты сопоставляются с наличными ресурсами.

Оперативно-календарное планирование (ОКП) заключается в разработке для каждого производственного подразделения календарных планов-графиков. Обычно на заводе составляются текущие планы-графики, определяющие программу работ производственных подразделений на месяц с разбивкой по дням. Однако в течение месяца производственные условия могут меняться (изменяется техническое состояние оборудования, вносятся изменения в технологию производства, недовыполняются или перевыполняются плановые задания, отсутствуют необходимые материалы, инструмент, оснастка или другие предметы материального обеспечения). Поэтому необходимо разрабатывать графики на более короткие промежутки времени, которые бы учитывали конкретные условия работы и ход фактического выполнения месячного графика. Таким наиболее удобным промежутком является рабочая неделя. В недельном графике не только устанавливается программа работ на ближайшую неделю, но и корректируются задания месячного графика.

Календарные планы составляются по каждому наименованию изделий, по каждому цеху, участку, рабочему месту, по каждой операции. Основное содержание работ на этапе календарного планирования:

- разработка календарно-плановых нормативов движения производства;
- установление очередности (календарной последовательности) выполнения работ по каждому производственному подразделению на основании фактического хода производства, календарно-плановых нормативов, имеющихся ресурсов и согласованности работы подразделений по всему производственному циклу;
- составление графика-расписания, указывающего сроки начала и окончания сборки изделий или узлов, обработки деталей и выполнения отдельных операций;
- учет выполнения оперативных планов.

Завершающей стадией оперативного управления является *оперативное регулирование производства*, которое состоит в непрерывном наблюдении за ходом производственного процесса – оперативном учете и контроле, корректировке и поддержании его параметров. Эту стадию принято на-

зывать *диспетчированием*. На стадии диспетчирования осуществляется окончательное уточнение задания на самые короткие промежутки времени (смену, час) с учетом спроса и сложившейся производственной ситуации, намечаются пути достижения поставленных задач и организуется их выполнение путем бесперебойной подачи заготовок, деталей, инструмента, ограничения переналадок и перестроек рабочих мест, поддержания установленного ритма, контроля за сроком запуска предметов труда в обработку и т.д.

Таким образом, кроме планов-графиков, составляемых на месяц, неделю, необходимо разрабатывать их и на ближайшие сутки, смены, что принято называть *сменно-суточным планированием*. При разработке сменно-суточных заданий, которые назовем реальными, учитывают как реальный ход производства, так и идеальную модель процесса.

При разработке реальных временных связей процесса (сменно-суточных заданий) предусматривается выполнение в первую очередь тех операций, которые имеют наибольшее отставание от идеального графика, т.е. обладают наибольшим приоритетом и полностью обеспечены всеми видами ресурсов на ближайшее время (материалами, заготовками, рабочей силой, документацией и др.). Таким образом, в реальных моделях происходит непосредственная стыковка реальных событий и фактов процесса с абстрактными представлениями о нем (рис. 1.4).

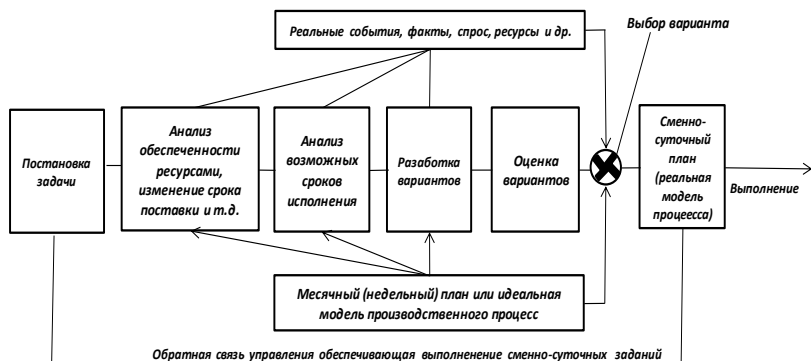


Рис. 1.4. Схема разработки уточненных сменно-суточных заданий или реальных моделей процесса

Оперативное управление на стадии ОКП заключается в следующем:

расчет календарно-плановых нормативов организации производственного процесса во времени и в пространстве и доведение их до исполнителей; разработка месячных, недельных, суточных планов-графиков и учет их выполнения.

Оперативное управление на стадии диспетчирования включает: уточнение сменных заданий на ближайшие сутки и непрерывное наблюдение за ходом их выполнения; контроль за бесперебойным материальным и трудовым обеспечением, за запуском, обработкой и выпуском предметов труда (заготовок, деталей, узлов); выявление отклонений в ходе производственного процесса и текущее оперативное распоряительство по их предупреждению или ликвидации.

Оперативное управление основным производством реализуется в рамках функциональной, элементной и организационной подсистем. Взаимосвязь работы всех подразделений предприятия для обеспечения ритмичной работы с задачами оперативного планирования и подсистемами ОКП показана на рис. 1.5.

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.

Оперативное планирование и управление машиностроительным про-

изводством осуществляется как по заводу в целом, так и по цехам, участкам и рабочим местам.

При *межцеховом планировании* осуществляется разработка календарных планов-графиков производства завода с разбивкой по отдельным цехам и самостоятельным взаимосвязанным подразделениям и контроль за ходом их выполнения. Основное содержание межцехового планирования — разработка сводного календарного плана производства по всему заводу, разработка цеховых планов-графиков, расчет календарно-плановых нормативов, согласование сроков поставки материалов, заготовок, деталей, узлов из цеха в цех, оперативный учет и контроль за ходом выполнения графика работы завода и цехов.

При *внутрицеховом планировании* осуществляется разработка, детализация и уточнение календарных заданий, полученных цехом от заводоуправления, и доведение их до каждого рабочего места. Основное содержание внутрицехового планирования — разработка детализированного плана-графика цеха, разработка и выдача участкам месячных, недельных и суточных календарных заданий, разработка и выдача сменно-суточных заданий и доведение их до рабочих мест, оперативная подготовка производства, текущий контроль хода выполнения заданий.

Оперативно-производственное планирование включает календарное планирование и оперативное регулирование хода производства. Характеристика ОПП по месту осуществления представлена на рис. 1.6.

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. 1.5. Цели оперативно-производственного управления 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"> Разработка оперативно-календарных нормативов. Увязка содержания и сроков календарных графиков работы цехов. Составление и выдача цехам календарных планов по месяцам (определение количества и времени передачи деталей, сборочных единиц из цеха). Оперативный учет. Диспетчирование выполнения календарного плана 	<p>Определение места и сроков начала и окончания обработки каждой детали операции, их групп или детали в целом.</p> <p>Составление календарного плана-графика работы участков (поточных и автоматических линий) цеха на месяц, декаду, сутки и смену.</p> <p>Обеспечение ритмичного выполнения участками (и рабочими местами) заданной месячной программы</p>

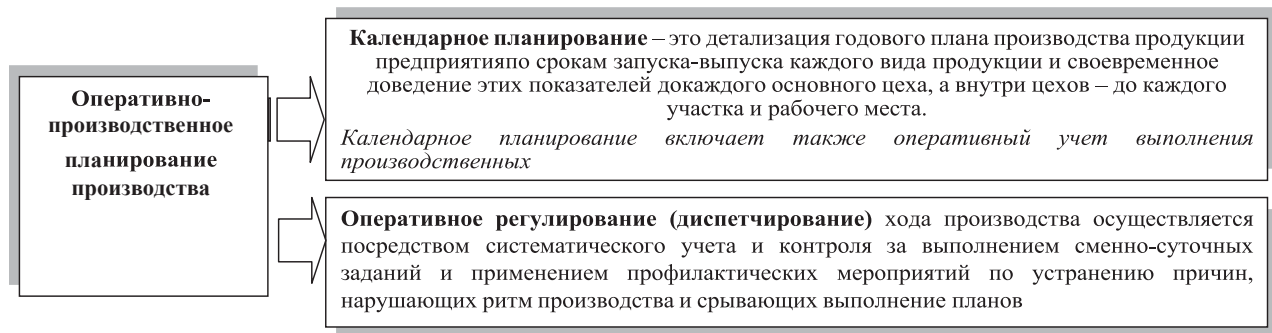


Рис. 1.6. Характеристика оперативно-производственного планирования по месту осуществления

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 (по точных 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.

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. 1.1.

Таблица 1.1

Особенности оперативно-производственного планирования
по типам производства

Сравниваемый признак	Единичное производство	Серийное производство	Массовое производство
1	2	3	4
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

Продолжение табл. 1.1.

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 (по наименованиям)	В течение месяца детали операции периодически повторяются: Мелкосерийное производство — 20–40, Среднесерийное производство — 10–20, Крупносерийное производство — 2–10	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)	Заказ Узел Ведущая деталь Узловой комплект	Серия изделий Партия деталей Групповой комплект Машинокомплект Условный машинокомплект Условный суткокомплект	· Деталь
Минимальные по продолжительности планово-учетные периоды в системе ОПП цехов	В зависимости от сложности и трудоемкости деталей: · Половина месяца — при длительных циклах обработки	Среднесерийное производство; Рабочий день. Смена	· Час

	<ul style="list-style-type: none"> · Декада. · Неделя (пяти-дневка) — при непродолжительных циклах 		
Календарно-плановые нормативы (КПН)	<ul style="list-style-type: none"> · Длительность производственного цикла. · Опережение по запуску. · Опережение по выпуску. · Пролегивание. При обработке стандартизированных деталей используется партионная обработка 	<ul style="list-style-type: none"> · Серия изделий. · Партия запуска (выпуска) деталей. · Периодичность запуска-выпуска партий деталей. · Заделы оборотные и страховые. Календарно-плановые нормативы представлены наиболее полно, причем в мелкосерийном производстве они соответствуют единичному производству, а в крупносерийном — массовому 	<ul style="list-style-type: none"> · Такт (ритм) работы участков, линий, рабочих мест. · Темп производства. · Заделы. <p>Нормативы имеют самую высокую точность</p>
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 деталей операций на каждом рабочем месте

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

1.2. 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. 1.2 приведены основные последствия неэффективной организации ОПП и их влияние на конечные показатели работы предприятия.

Таблица 1.2

**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
Плановый выпуск продукции соответствующей номенклатуры	Невыполнение обязательств по договорам по ставки	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 снижает коэффициент автономии
Ритмичность производства	Неритмичная работа, вызывающая: <ul style="list-style-type: none"> • простои рабочих; • сверхурочные работы; увеличение брака 	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	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

Окончание табл. 1.2

Факторы производства, зависящие от уровня ОПП	Негативные последствия неэффективного ОПП	Виды потерь	Влияние на технико-экономические и финансовые показатели работы предприятия
		заделов	
Своевременная комплектация сборочных цехов	Некомплектная поставка деталей и узлов на сборку вызывает: ·штурмовщину; ·снижение качества; ·необходимость изготовления деталей с нарушением принципа партионности	Аналогично предыдущему пункту, кроме того, дополнительные затраты на наладку оборудования и простои оборудования в наладке (при высокой загрузке приводит к снижению производительности)	Дополнительная потребность в заемных средствах снижение коэффициента автономии
Соблюдение нормативных заделов	Увеличение длительности производственного цикла в связи со верхнормативным пролеживанием деталей	Дополнительное финансирование роста незавершенного производства (проценты по кредиту или упущенная	Снижение прибыли. Перерасход по фонду оплаты труда. Замедление оборачиваемости запасов и оборотных активов в целом
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).

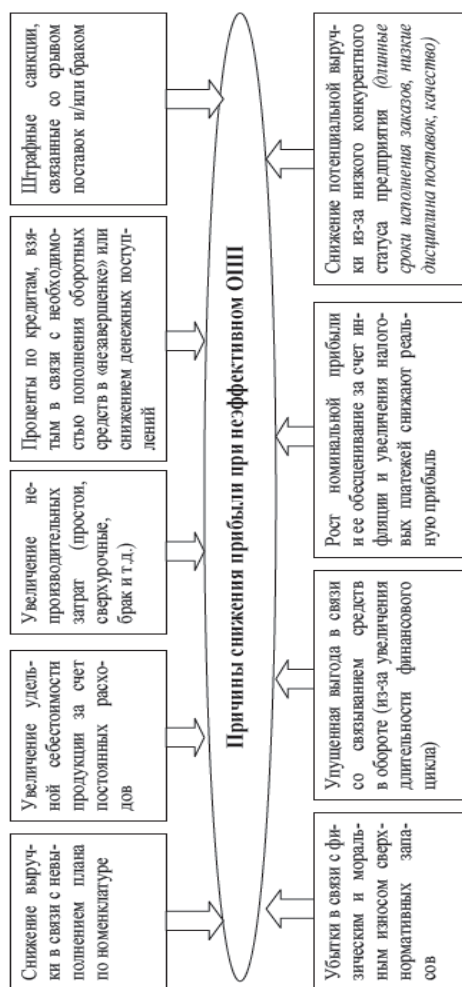


Рис. 1.8. Причины снижения прибыли при неэффективном ОПП

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 выбирать приоритеты непрерывности.

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.

$$ROA = \frac{P}{V} \cdot \frac{V}{A},$$

где Р – прибыль от реализации продукции;

V – объем продаж; A = ОФ + ОС – величина активов, состоящая из суммы основных и оборотных средств.

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

$$\frac{360}{D_o} = n = C/O,$$

где D_о – длительность оборота;

n – оборачиваемость;

C – стоимость продукции;

O – потребность в оборотных средствах.

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

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

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. 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. 9).

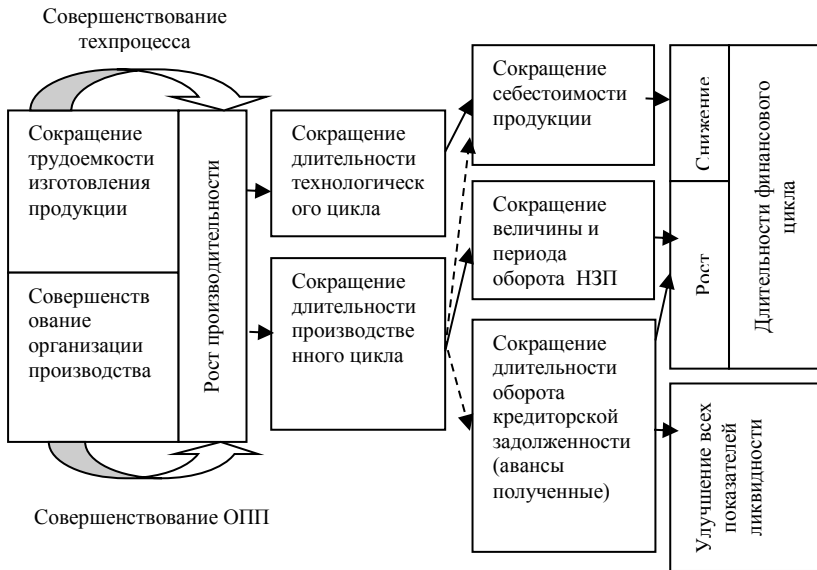


Рис. 1.9. Влияние эффективности ОПП на длительность финансового цикла и ликвидность

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. 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.

1.3. Календарно-плановые нормативы и проверочные объемные расчеты производства

Вся оперативная работа по организации производственного процесса и его элементов осуществляется на основе календарно-плановых нормативов и проверочных объемных расчетов производства.

Календарно-плановые нормативы – это совокупность расчетных показателей, определяющих организацию производственного процесса в пространстве и во времени и степень реализации основных принципов его идеального построения по отношению как к изделию в целом, так и к каждой его части при обеспечении максимальной общей ритмичности производства.

Таким образом, календарно-плановые нормативы отвечают на вопросы, как будет согласовано изготовление отдельных элементов изделия и в каком соотношении будут находиться показатели,

определяющие степень реализации основных принципов организации идеального производственного процесса с целью обеспечения максимальной эффективности производства исходя из конкретных условий данного предприятия.

Основными календарно-плановыми нормативами являются: размеры серии выпускаемых машин; размеры партии обрабатываемых заготовок, деталей, сборки узлов; периодичность их запуска-выпуска; длительность производственных циклов; величины опережений и заделов; такты и темпы выпуска продукции поточных линий; нормативные планы-графики (цикловые и стандарт-планы и др.). Методика их определения рассмотрена в соответствующих типах производства.

Состав календарно-плановых нормативов и их размерность зависят от типа производства. Чем выше массовость производства, тем выше должна быть степень согласования отдельных элементов процесса и мельче размерность нормативов, определяющих движение предметов труда во времени (от недели в единичном производстве до часа в массовом). Тип производства определяет также точность нормативов: чем выше массовость, тем больше должна быть степень их точности.

Описание основных календарно-плановых нормативов приведено в табл. 1.3.

В основе расчета всех календарно-плановых нормативов лежат: производственные программы выпуска изделий и деталей; технологические маршруты по операциям; нормы затрат времени, труда, материалов и денежных средств; режимы работы отдельных производственных подразделений завода и цехов. При этом определяющими исходными данными являются нормы времени. Уточнение затрат времени на выполнение отдельных операций и выявление его резервов — важная задача календарного планирования, от успешного решения которой во многом зависит качество календарно-плановых нормативов и в конечном счете эффективность производства.

Нормы времени для расчета некоторых календарно-плановых нормативов (например, партии деталей, заготовок, ритмов и т.д.) принимаются на основании технологических разработок. Однако часто эти нормы, рассчитанные на определенные условия производства, отличаются от фактических; к тому же при

разработке технологии не всегда учитывается степень загрузки оборудования данного типа. Все это приводит к тому, что на заводе существуют

Таблица 1.3

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

Календарно-плановые нормативы	Планово-учетные единицы	Планово-учетные периоды
Такт (ритм) работы участков, линий, рабочих мест — время,необходимое для выпуска единицы продукции (детали)	Партия запуска деталей	Год
Темп производства — количество продукции (деталей), выпускаемых в единицу времени	Партия выпуска деталей меньше партии запуска в связи с браком	Квартал
Серия — количество одинаковых изделий, одновременно запускаемых в производство	Заказ — одно или несколько изделий, одновременно запускаемых в производство. Крупный контракт может быть разбит на несколько самостоятельных заказов, а одинаковые изделия, одновременно поставляемые разным клиентам, — объединены в один заказ	Месяц
Партия запуска — количество запускаемых в производство деталей (заготовок), изготавливаемых с однократной наладкой оборудования		Полумесячные периоды при ОПП в единичном производстве
Периодичность запуска - выпуска партий деталей (серий изделий) — количество дней (иногдамесяцев) между двумя их последовательными запусками		Декада (10 календарных дней) при ОПП в единичном и мелко-серийном производстве
Заделы деталей. Оборотные (межцеховые и межучастковые) заделы 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.: · узловой, · групповой, · машинокомплект, · условный машинокомплект, · условный суткокомплект	Неделя календарная (5 рабочих дней) при ОПП в единичном, мелко- , средне- и крупносерийном производстве

как технологические, так и платежные нормы времени, учитывающие степень несоответствия проектных и фактических

условий производства и рассчитанные на определенный заработок рабочего, или делающие скидку на недостатки в организации производства, или предусматривающие скрытые простои оборудования и рабочей силы. Органы оперативного планирования производства должны выявлять эти несоответствия и учитывать их при разработке календарно-плановых нормативов и оперативных графиков, предусматривая постепенное достижение передовых норм или во всяком случае четко выделять в них резервы, крайне необходимые для оперативного регулирования производства.

Для составления оперативных планов-графиков на определенный плановый период необходимо провести предварительные проверочные объемные расчеты пропускной способности отдельных участков производства и отдельных групп оборудования. Кроме данных, используемых при определении календарно-плановых нормативов, для выполнения расчетов необходимо знать состав, количество, режим работы и технологическую взаимозаменяемость оборудования и площадей.

Проверочные объемные расчеты производства ведутся по группам однородного оборудования и площадей. Оборудование объединяется в однородные группы прежде всего по видам технологических операций (токарные, фрезерные и др.). Затем каждая группа в зависимости от конкретных условий производства, состава и состояния оборудования может быть подразделена на подгруппы:

1) по размеру или мощности оборудования (по длине и диаметру деталей, обрабатываемых на токарном станке, размерам стола фрезерного станка, массе падающих частей молота и др.);

2) по точности обработки с учетом фактического состояния оборудования и сроков его эксплуатации;

3) по допустимым усилиям резания или скоростям обработки;

4) по стоимости оборудования или стоимости его эксплуатации в единицу времени;

5) по степени механизации вспомогательных операций и работ (наличию быстродействующих зажимов, отжимов, загрузочных и разгрузочных приспособлений и др., что имеет важное значение при закреплении за этим оборудованием деталей, для обработки которых требуется дополнительное время);

6) по степени приспособленности выполнять специальные

операции (оснащенность специальными приспособлениями, инструментом и т.д.).

Каждой группе и подгруппе оборудования необходимо присваивать определенный код, которым следует пользоваться при разработке технологического процесса и при всех расчетах.

Проверочные расчеты представляют собой сопоставление потребных $M_{расч}$ и располагаемых $M_{прин}$ ресурсов (орудий труда, оборудования и площадей) на определенный период времени.

Сопоставляя величины $M_{расч}$ и $M_{прин}$ и полагая, что для нормального хода производства необходимо выполнение условия $M_{расч} \leq M_{прин}$ можно определить:

- потребное количество оборудования:

$$m_{расч} = \frac{\sum_{i=1}^{k_d} N_i t_i}{K_{факт} K_{см.прин} \Phi_{ном} (1 - \alpha_{об})}, \quad (1.1)$$

- потребный размер производственной площади:

$$F_{расч} = \frac{\sum_{i=1}^{k_d} N_{цi} f_i}{K_{см.прин} \Phi_{ном} (1 - \alpha_{пл})}, \quad (1.2)$$

- необходимую сменность работы оборудования или площадей:

$$K_{см.расч} = \frac{\sum_{i=1}^{k_d} N_i t_i}{m_{прин} K_{факт} \Phi_{ном} (1 - \alpha_{об})},$$

$$\text{или } K_{см.расч} = \frac{\sum_{i=1}^{k_d} N_{цi} f_i}{F_{прин} \Phi_{ном} (1 - \alpha_{об})}, \quad (1.3)$$

В формулах (1.1)-(1.3) приняты следующие обозначения: k_d — количество наименований деталей или изделий, обрабатываемых на оборудовании данной группы или собираемых (формуемых) на данной площади; N_i количество заготовок, деталей, изделий i -го наименования, подлежащих выпуску за плановый период; t_i — норма штучно-калькуляционного времени на обработку одной детали i -го наименования, ч; $K_{факт}$ — коэффициент, учитывающий

фактический уровень выполнения норм; $K_{\text{см.прин}}$ – принятый режим (сменность) работы участка (в одну, две или три смены); $\Phi_{\text{ном}}$ – номинальный фонд времени использования оборудования или площадей в планируемом периоде при работе в одну смену (при 40-часовой рабочей неделе), ч; $\alpha_{\text{об}}$ – планируемый коэффициент потерь рабочего времени оборудования на ремонт, наладку и др.; $t_{\text{ци}}$ – общая длительная цикла сборки изделия i -го наименования или получения отливки, включая время естественных процессов (сушка форм, остывание и др.); f_i – производственная площадь, необходимая для сборки изделия или получения отливки, м^2 ; $\alpha_{\text{пл}}$ – коэффициент, учитывающий использованные части производственной площади на вспомогательные нужды (проходы, места хранения заделов, приспособлений и т.п.); $m_{\text{прин}}$ – фактическое количество единиц оборудования группы; $F_{\text{прин}}$ – располагаемая производственная площадь, м^2 .

Сопоставляя расчетные величины $m_{\text{расч}}$ и $F_{\text{расч}}$ с располагаемыми $m_{\text{прин}}$ и $F_{\text{прин}}$ выявляют излишек или дефицит оборудования и площадей.

Наличие дефицита производственных ресурсов по определенному виду оборудования или участку производства свидетельствует о том, что запланированный на предстоящий период объем работ не может быть полностью выполнен, если не будут приняты меры по ликвидации «узких мест».

Излишек ресурсов показывает, что при нормальном ходе производства в заданных параметрах программа может быть выполнена в полном объеме досрочно. Вместе с тем он дает органам оперативного распоряительства (диспетчерской службе) свободу для маневрирования ресурсами и позволяет выполнять запланированный объем работ даже при некоторых нарушениях в ходе производства. Эти резервы должны быть учтены и зафиксированы в календарных планах; их можно использовать только по специальному указанию руководства завода, цеха или органов оперативного распоряительства.

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

Производственная мощность 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:

$$ПМ = \Phi / t,$$

где Φ – 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 имеет вид:

$$ПМ = \Phi / T \cdot 100\%,$$

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

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

$$ПМ = \Phi_d n / T,$$

где Φ_d – 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 – станко- емкость 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.

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).

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.

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. Методика ее определения подробно рассматривается в курсе экономики предприятия.

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

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

Расширение производственных возможностей оборудования и площадей для ликвидации «узких мест», а также создание резервов мощностей может быть достигнуто следующим образом:

1) по оборудованию — уточнение фактических затрат времени на непосредственную обработку заготовок деталей; уменьшение потерь времени на переналадку и ремонт оборудования, осуществляемые в рабочее время; пересмотр номенклатуры деталей, закрепленных за перегруженной группой оборудования, и передача части ее недогруженным группам; пересмотр технологического маршрута, способов обработки и организации производства деталей данного наименования с целью снижения трудоемкости; модернизация оборудования и его специализация;

2) по производственным площадям — уменьшение трудоемкости и цикла сборки или получения отливок за счет параллельного выполнения работ и совершенствования технологии; повышение степени производственной нагрузки на площадь (увеличение числа одновременно собираемых машин на ней, увеличение количества деталей в опоке и т.д.); уменьшение размера площади, занятой сборкой единицы продукции, или размера опоки; уменьшение потерь площади на проходы, проезды и другие

вспомогательные нужды.

Более полное использование трудовых резервов может быть достигнуто: подготовкой специального подменного штата рабочих, способных заменить не вышедших на работу; обучением некоторой части рабочих, занятых на вспомогательных работах, основным рабочим профессиям; обучением основных рабочих смежным профессиям и организацией их работы на смежных рабочих местах; разработкой эффективной системы заработной платы и премирования.

1.4. Системы оперативно-календарного планирования производства

Ход производственного процесса во всех подразделениях предприятия должен быть подчинен единому ритму — ритму выпуска готовых изделий сборочным цехом. Работа сборочного цеха планируется в соответствии со сроками отгрузки готовой продукции, определяемыми договорами или другими документами, учитывающими спрос на нее.

Но каждый экземпляр готового изделия состоит из множества различных элементов (деталей, узлов), которые изготавливаются в разных цехах и должны быть поданы на сборку в обусловленный срок. В связи с этим возникает необходимость согласования работы всех подразделений между собою и со сборочным цехом во времени так, чтобы все эти элементы были обработаны и поданы в тот момент, когда они необходимы на сборке.

Разработать и выполнить сквозной график-расписание движения в производстве каждого элемента машины не представляется возможным как из-за большого их количества, так и из-за множества причин, влияющих на работу каждого подразделения, которые невозможно предвидеть.

Для согласования работы подразделений предприятия и стыковки ее с конечным переделом — сборочным цехом — используются различные методы, которые принято называть системами оперативно-календарного планирования.

Под системой оперативно-календарного планирования (ОКП) понимается метод комплектования календарных заданий цехам и

согласования их работы во времени. Эти системы различаются степенью централизации и выбранной планово-учетной единицей. По степени централизации различают централизованную и децентрализованную системы ОКП, а по методу передачи обрабатываемых предметов из цеха в цех, с участка на участок — выталкивающие (принудительные) и вытягивающие (по требованию) системы ОКП и регулирования производства.

При централизованной системе весь объем межцехового планирования и основная часть внутрицехового осуществляются заводоуправлением. Эта система широко применяется в массовом производстве и при предметной специализации цехов в производстве других типов. Децентрализованная система межцехового планирования осуществляется по укрупненным показателям, а детализация программы цеха и отдельных его участков возлагается на цеховые органы оперативного планирования. Эта система применяется с меньшей или большей степенью децентрализации в серийном и единичном производстве со сложной производственной структурой цехов.

В зависимости от принятых в календарном плане планово-учетных единиц различают подетальную и комплектные системы.

При подетальной системе основным методом комплектования календарных заданий является набор конкретных заготовок деталей, сборочных единиц для каждого отрезка времени планового периода (неделя, смена, сутки, час). Применение этой системы требует разработки сложного календарного плана, предусматривающего программу выпуска и движения деталей каждого наименования по всем основным технологическим стадиям в соответствии с календарно-плановыми нормативами и строгое согласование работы основных производственных подразделений завода по срокам запуска, выпуска и передачи из цеха в цех по каждой позиции.

Разработка подетальных календарных планов требует выполнения централизованных расчетов, объем которых резко увеличивается с ростом разнообразия выпускаемой продукции и ее сложности. Поэтому подетальное планирование может применяться лишь при ограниченной устойчивой номенклатуре выпускаемой продукции со сравнительно небольшим разнообразием применяемых деталей, т.е. в массовом производстве.

При комплектных системах разработка календарных заданий цехам и согласование их работы ведется не по деталям каждого наименования, а по укрупненным показателям – комплектам деталей на узел, машину, заказ или на определенный объем работы, выраженный в нормо-часах, рублях либо других объемных единицах. Календарные задания участкам по конкретным деталям и срокам их запуска и выпуска разрабатываются цеховыми органами ОКП, т.е. децентрализованно. Комплектные системы резко уменьшают число позиций в межцеховых календарных планах, упрощают контроль и учет в масштабах завода. Они применяются в серийном и единичном производстве, где номенклатура выпускаемых изделий весьма широка и использование поддетальной системы привело бы к резкому увеличению трудоемкости работ ОКП и снижению его оперативности.

Различают комплектно-узловую, комплектно-цикловую, или групповую, машинокомплектную, условно-машинокомплектную, суточно-комплектную и комплектно-позаказную системы ОКП.

При комплектно-узловой системе разработка календарных заданий цехам и согласование их работы во времени осуществляются по конструктивным узлам. В каждый такой узел входит комплект конкретных заготовок и готовых деталей, необходимых для его сборки, которые должны быть поданы к определенному сроку. При этом сроки запуска и выпуска комплекта деталей по цехам определяются исходя из длительности производственного цикла ведущей детали. Система отличается простотой общезаводских расчетов и малым числом позиций календарного плана. Основной ее недостаток заключается в том, что она не учитывает календарно-плановые нормативы, которые для разных деталей узла, как правило, различны. А это, в свою очередь, нарушает принципы эффективной организации производственных процессов и приводит к определенным потерям вследствие снижения партионности, увеличения незавершенного производства, нарушения ритмичности и пропорциональности. Поэтому комплектно-узловая система применяется, как правило, в мелкосерийном и единичном производстве, где требуется обеспечить комплектное поступление деталей на сборку каждого узла к определенному сроку, несмотря на некоторые потери.

При комплектно-цикловой (групповой) системе разработка

календарных заданий цехам и согласование их работы во времени выполняется по укрупненным группам (комплектam) разных деталей машин, но имеющих часть одинаковых календарно-плановых нормативов. В каждую такую группу входит комплект конкретных деталей разных конструктивных узлов, имеющих одинаковый или схожий технологический маршрут и одинаковую длительность производственного цикла (или опережения) и периода запуска-выпуска партий деталей. Преимущество этой системы заключается в том, что движение предметов труда в производстве организуется в соответствии с календарно-плановыми нормативами. Однако для ее полного внедрения требуется проведение подготовительных работ, связанных с классификацией всей номенклатуры деталей по технологической однородности (по группам опережений, по периоду запуска-выпуска). Кроме того, необходимо выполнить большой объем вычислений, связанных с разработкой графика-расписания запуска-выпуска отдельных групповых комплектов во времени. Поэтому применение комплектно-цикловой системы эффективно в серийном производстве с устойчивой в течение более или менее длительного периода номенклатурой выпускаемой продукции.

При машинокомплектной системе разработка календарных заданий цехам и согласование их работы во времени осуществляется по укрупненным комплектam (группам) деталей, идущих на данную конкретную машину. В каждую такую группу по каждому цеху объединяется полный комплект (набор) конкретных заготовок, деталей или узлов на машину данного порядкового номера (например, комплект штамповок по кузнечному цеху, комплект отливок по литейному и т.д.). Система отличается крайней простотой межцеховых оперативных программ. Задание и учет выпуска продукции цехами в заводском масштабе ведется по комплектновочным номерам машин. Цеху сообщается номер машины и дата выпуска комплекта деталей на нее. Иногда для упрощения планирования указывается порядковый номер только последней машины, подлежащей укомплектованию в предстоящем месяце. Это исключает необходимость корректировки заданий цехам в зависимости от хода выполнения плана за предыдущий месяц, поскольку его невыполнение автоматически увеличивает задание цеху на последующий месяц. Основной недостаток

системы — то, что она, как и комплектно-узловая система, не учитывает календарно-плановые нормативы конкретных деталей, а это приводит к работе невыгодными партиями, увеличению задела по деталям с небольшим циклом изготовления и в конечном счете — к определенным потерям в производстве. Применяется машинокомплектная система в производстве всех типов (кроме массового) для контроля за ходом комплектования деталями узлов и общей сборки изделий, а в серийном и крупносерийном производстве служит кроме того основой для разработки в каждом цехе календарных оперативных программ при децентрализованной форме ОКП.

При условно-машинокомплектной системе (УМК), разработанной и впервые примененной на Новочеркасском электровозостроительном заводе (НЭВЗ), календарные задания цехам и согласование их работы устанавливаются по комплектам деталей, идущих на условную машину, за которую обычно принимается ведущее изделие, имеющее наибольший удельный вес по трудоемкости в основной программе завода. В условный машинокомплект по каждому цеху включаются детали всех изделий, предусмотренных программой завода, в расчете на одну базовую машину. Кроме того, при этой системе по каждой детали и каждому цеху создается нормальный неснижаемый задел в штуках, который снимается с учета, что дает возможность устанавливать календарные задания всем цехам завода по единым комплектовочным номерам. Подетальные календарные задания участкам на отдельные детали устанавливаются цеховыми органами ОКП исходя из задачи постоянного поддержания заделов на определенном уровне. Применение условно-машинокомплектной системы эффективно при устойчивой номенклатуре и структуре производственной программы продукции, выпускаемой в серийном производстве. В противном случае приходится часто пересчитывать состав условного комплекта, менять состав и уровень заделов и календарные задания, что крайне усложняет согласование работы смежных цехов и участков.

При суточно-комплектной системе календарные задания цехам на каждые сутки устанавливаются в виде условного комплекта деталей для всех предусмотренных программой изделий в объеме среднесуточной потребности в них. Применение этой системы

эффективно в мелкосерийном и серийном производстве с меняющейся номенклатурой выпуска и при отсутствии в производственной программе ведущего изделия, имеющего наибольший удельный вес.

При комплектно-позаказной системе календарное задание и согласование работы цехов устанавливаются по комплектам деталей и узлов, идущих на изготовление изделий по заказу и подлежащих выпуску в плановом периоде. Состав позаказного комплекта по цеху меняется из месяца в месяц и зависит от вида изготавливаемых машин, длительности цикла изготовления отдельных деталей, узлов и машины в целом и положения (порядкового номера) календарного периода в общей длительности выполнения заказа. Система применяется в единичном и мелкосерийном производстве с длительным циклом подготовки производства и непосредственного изготовления изделия.

1.4. Выталкивающая и вытягивающая системы оперативно-календарного планирования

Мировая наука и практика за многие десятилетия выработала систему согласования во времени работы цехов и участков между собой и со сборочным производством, основанную на тщательно рассчитанных календарно-плановых нормативах — размерах партий, периодах запуска-выпуска, опережениях, цикловых и оборотных заделах. Последние два представляют собой овеществленное выражение первых. Поэтому, контролируя заделы, можно контролировать весь ход производства.

По этой системе заранее разрабатывается план-график работы завода и всех его подразделений с учетом опережений в работе цехов, в котором указывается точно по срокам движение заготовок, деталей, узлов и согласование работы цехов друг с другом и со сборочным цехом.

Каждый цех предприятия (а в цехе — участки) получает задание, основанное на программе завода и конкретизированное по неделям, суткам, а иногда и сменам. Цех организует работу по выполнению этого задания и сдает свою продукцию на склад следующего цеха (или промежуточный склад участка) независимо от потребности в ней в данный момент. Перед запуском на следующую операцию

выполняется предварительный контроль качества. При стабильном выпуске продукции это обеспечивает ритмичную работу всех цехов и предприятия в целом. Такой метод планирования работы подразделений предприятия принято называть выталкивающей системой ОКП (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Упрощенные схемы выталкивающей (а) и вытягивающей (б) систем ОКП

Однако в случае использования выталкивающей системы ОКП между цехами и участками неизбежно образуются значительные производственные запасы (заделы), что требует дополнительных затрат на хранение. Кроме того, при изменении спроса на конечную продукцию заделы могут быть вообще не востребованы. Таким образом возникает значительное превышение запасов по одним деталям, в то время как по другим наблюдается дефицит. В том и другом случае предприятие несет убытки, обусловленные дополнительными затратами на хранение в связи с перерывами в работе по выпуску необходимой продукции.

Термин «выталкивающая система» появился сравнительно недавно — 25-30 лет назад, когда некоторые передовые японские фирмы, и в первую очередь автомобильный гигант «Тойота», стали применять другую систему, которая была названа вытягивающей. Суть этой системы заключается в том, что работа смежных цехов и участков согласуется во времени на основании не календарно-плановых нормативов движения предметов в производстве, а заказов последующего цеха (участка) предыдущему, т.е. по ходу, противоположному ходу технологического процесса. При этом конкретизированный по суткам, сменам и часам план-график выпуска данных изделий разрабатывается только для конечного

передела — сборочного цеха, а обрабатывающим и заготовительным цехам устанавливается план выпуска заготовок и деталей в объеме среднесуточной потребности, без указания сроков передачи их на следующую стадию процесса. Конкретные же заготовки, детали и узлы в предыдущем подразделении отбираются в нужном количестве в тот момент, когда будут необходимы на последующей операции, а на предыдущем участке запускаются в обработку заготовки изъятых деталей в соответствующем количестве.

Таким образом, каждое подразделение последующей стадии процесса каждый раз дает заказ на изготовление небольшой партии деталей, узлов (в зависимости от вместимости транспортного средства), который должен быть выполнен к указанному сроку, т.е. к следующему отбору. Поэтому для любой предшествующей операции нет необходимости составлять конкретизированный во времени план-график, поскольку заказы поступают от подразделений, выполняющих последующую операцию. В этих условиях оборотные заделы отсутствуют.

В основе данной системы лежат три основных принципа: работа небольшими партиями; обработка деталей «точно вовремя»; высокое качество обработки, исключающее необходимость предварительного и промежуточного контроля и предупреждающее поступление бракованных деталей на следующую операцию.

Работа малыми партиями возможна только при сведении затрат времени и средств на переналадку к минимуму, обработка деталей «точно вовремя» — при обеспечении высокой ритмичности производства по графику, а высокое качество — при системе бездефектного труда и самоконтроле.

Документами, с помощью которых организуется вытягивающая система ОКП, являются карточки «Канбан».

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. 1.4 приведена характеристика систем ОПП, а на рис. 1.11 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.



Рис.1.11. Критерии выбора систем ОПП

Таблица 1.4

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	

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.

Модели выталкивающего типа 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 «расшивки 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.

При вытягивающей системе 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 внутризаводских 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).

1.5. Закрепление деталей за оборудованием. Выравнивание объемов производства по спросу

Конечной целью составления календарных планов является разработка таких планов-графиков, которые устанавливали бы оптимальное закрепление номенклатуры обрабатываемых деталей или работ за каждым рабочим местом либо группой их, обеспечивающее минимальные затраты времени на обработку всех деталей, что особенно важно при дефиците ресурсов мощностей. Эта задача возникает в том случае, если для обработки одних и тех же деталей разрабатывается несколько вариантов технологического процесса, различающихся структурой операций и затратами времени на их выполнение. Разработка и фиксация в технологических документах нескольких вариантов обработки одной и той же детали или выполнения части операций открывает возможности для более или менее широкого маневрирования ресурсами мощностей путем передачи обработки с перегруженных групп однородного оборудования на недогруженные. Однако какие детали или операции и в каком объеме выгодно передать с одного рабочего места на другое, чтобы суммарные затраты времени были минимальными, решить без применения математических методов сложно.

В терминах линейного программирования задача закрепления деталей за отдельными видами оборудования при наличии нескольких вариантов технологического процесса формулируется нижеследующим образом.

Пусть, например, известно количество деталей различных наименований, которые должны быть обработаны в течение определенного периода (квартал, год) по нескольким вариантам технологического процесса. Требуется определить, какое количество деталей необходимо обработать по каждому варианту, чтобы суммарные затраты станко-часов по всем группам оборудования были минимальными.

Введем следующие обозначения: a_{ijk} – количество станко-часов по i -й группе оборудования, затрачиваемых на обработку одной детали j -го наименования по k -му варианту технологического процесса; m, n, s – количество соответственно групп оборудования, наименований деталей и вариантов технологического процесса; x_{jk} – количество деталей j -го наименования, обрабатываемых по k -му варианту технологического процесса; Φ_i – располагаемый фонд работы i -й группы оборудования в данном дробном плановом периоде; L – суммарные затраты станко-часов по всем группам оборудования.

Задача заключается в нахождении таких значений x_{jk} которые обеспечили бы минимум линейной функции:

$$L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijk} x_{jk} \rightarrow \min \quad (1.4)$$

при следующих условиях:

$$\sum_{j=1}^n a_{ijk} x_{jk} \leq \Phi_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m); \quad (1.5)$$

$$\sum_{k=1}^s x_{jk} = N_j \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (1.6)$$

где N_j — программа выпуска j -х деталей.

$$x_{jk} > Q \quad (k = 1, 2, 3, \dots, s).$$

При постановке задачи следует из располагаемого фонда

времени по каждой группе оборудования исключить количество станко-часов, необходимых для изготовления деталей по технологии, не допускающей вариантов, т.е. по деталям, заранее закрепленным за оборудованием.

В рассмотренные выше математические модели можно ввести другие условия, например, изготовить изделий N_j не более, а изделий N_i не менее какого-либо количества и др.

В реальных условиях производства, особенно в тех случаях, когда предусматривается выпуск нескольких наименований изделий или их модификаций в разном количестве, возникает задача обеспечения равномерной и более полной загрузки оборудования и рабочих мест всех цехов. При прочих равных условиях, т.е. при устойчивом производстве, эта задача наилучшим образом решается тогда, когда готовые изделия и их модификации будут выпускаться определенными партиями (сериями) с чередованием во времени. В этом случае работа обрабатывающих, заготовительных и сборочных цехов согласуется на основе календарно-плановых нормативов, предусматривающих равномерную их работу и соответствующее опережение, что характерно для вытягивающей системы ОКП.

Однако в рыночных условиях спрос на отдельные виды продукции или ее модификации подвержен колебаниям, а следовательно, подвержена колебаниям и загрузка рабочих мест. Чтобы свести к минимуму потери от этих колебаний, выравнивают объемы производства по дням, месяцам, предусматривают ежедневный усредненный выпуск всех модификаций машин поочередно либо небольшими партиями (сериями). Это обеспечивает лучшее удовлетворение спроса потребителей, минимальные запасы готовой продукции на складе. По сути в этом случае производство и поставка продукции осуществляются по системе «точно вовремя», т.е. используется вытягивающая система ОКП.

Для обрабатывающих и заготовительных цехов такой график составить не представляется возможным, так как они должны работать со значительным опережением по сравнению со сборочным цехом. Выравнивание объема производства достигается в этом случае путем составления месячных планов работы на основе определения среднесуточных объемов производства для каждой модификации продукции и для каждого цеха. В таких

планах указываются среднесуточные объемы выпуска на каждом производственном участке соответствующего цеха. Эти планы базируются на трехмесячном и месячном прогнозах спроса. На основании таких планов определяется потребность в оборудовании, рабочих, материалах, заготовках, инструменте и в др.

Запуск-выпуск конкретных деталей, заготовок осуществляется по вытягивающей системе со стороны сборочного цеха. Тем самым производство адаптируется к месячным изменениям спроса в течение года.

1.6. Заводские органы оперативного планирования производства

Всей работой по оперативному управлению производством руководит производственно-диспетчерский отдел (ПДО). На небольших предприятиях все функции по планированию, включая и ОКП, осуществляются единым планово-производственным отделом (ППО). Производственно-диспетчерский отдел обычно подчиняется директору (генеральному директору) предприятия. На крупных предприятиях, где имеется должность начальника (директора) производства с правом заместителя генерального директора, ПДО подчиняется ему, а начальник ПДО является по положению первым заместителем начальника (директора) производства.

На ПДО возлагается оперативное руководство ходом производственного процесса, согласованного с помощью оперативных календарных планов в пространстве и во времени. Отдел осуществляет непрерывный контроль за материальной и технической подготовкой производства, своевременной подачей заготовок, деталей, узлов, комплектованием заделов, выявляя возможные отклонения в ходе производства и принимая меры по их предупреждению. Кроме того, на него возлагается методологическое руководство производственно-диспетчерскими бюро цехов. Структура ПДО зависит от типа производства, объема выпуска, вида продукции и степени централизации функций ОУП (рис. 1.12).

Отдел обычно состоит из двух основных подразделений (групп): оперативно-календарного планирования и диспетчирования. Руководство первой группой осуществляет заместитель начальника отдела по календарному планированию, второй — главный

диспетчер предприятия.

Непосредственно выполнение отдельных функций по календарному планированию осуществляют специальные бюро заказов, календарно-плановых нормативов, календарного планирования, оперативной подготовки производства. На крупных предприятиях (объединениях) в составе производственно-диспетчерского отдела (управления) организуются бюро (отделы) по оперативному планированию отраслевых и территориальных производств, входящих в него (металлургического, прессового, механосборочного и др.).

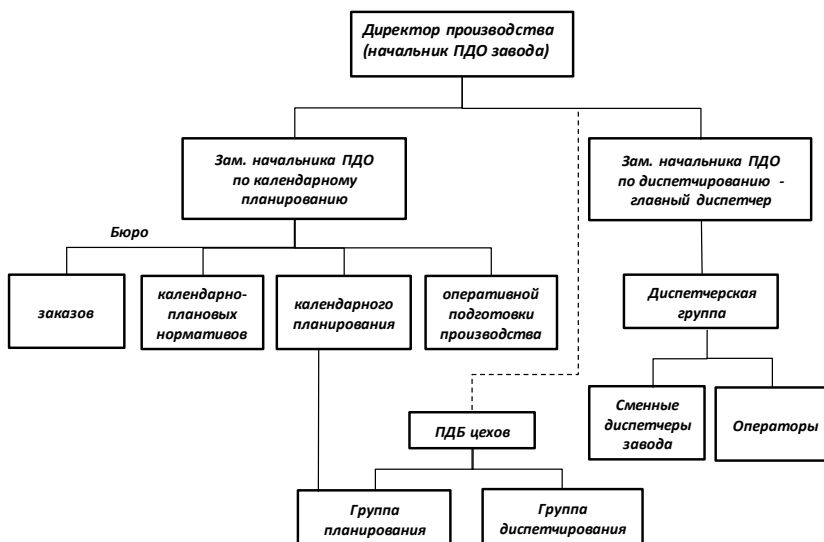


Рис. 1.12. Организационная структура службы оперативного управления производством

Бюро заказов, функции которого наиболее обширны в мелкосерийном и единичном производстве, получает заказы на продукцию завода, совместно с цехами и отделами устанавливает сроки выполнения конкретных работ по ним и срок выполнения заказа в целом, следит за ходом комплектования и отгрузки продукции.

Бюро календарно-плановых нормативов непосредственно или через информационно-вычислительный центр выполняет объемные расчеты производства, на основе которых выявляется соответствие наличных и потребных ресурсов мощностей, сообщает отделу главного технолога результаты этих расчетов и вместе с его подразделениями намечает пути ликвидации возникающих диспропорций, изыскивает резервы для непрерывного наращивания производственных мощностей. Бюро выполняет также расчеты календарно-плановых нормативов (ритмов производства, периодов запуска-выпуска, длительности циклов, опережений, заделов), на основе которых согласовываются в пространстве и во времени элементы производственного процесса и разрабатываются календарные планы-графики.

Бюро календарного планирования разрабатывает планы-графики завода, его отдельных подразделений, ведет оперативный учет выполнения этих планов и вносит в них коррективы.

Бюро оперативной подготовки производства разрабатывает графики и мероприятия по обеспечению всех условий и ресурсов, необходимых для бесперебойной работы по выполнению календарных планов завода, основных цехов и участков, в том числе графики комплектования и подачи всей необходимой документации и обеспечения инструментом, приспособлениями, заготовками, материалами и другими видами ресурсов.

2. ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

2.1. Особенности календарного планирования серийного производства

В машиностроении преобладают предприятия серийного производства, на которых выпускается более 80 % продукции. Кроме того, серийное производство имеет место на заводах массового и единичного производства. В целом около 90 % деталей машин обрабатывается по методу серийного производства.

Первая особенность этого типа производства – использование различных систем ОКП. Номенклатура выпуска готовых машин стабильна, и в сборочных цехах применяется поддетальная (предметная) система, при которой планируется сборка каждой машины. В то же время программа выпуска отдельных деталей недостаточна для полной и постоянной загрузки оборудования. Поэтому на каждом рабочем месте обрабатываются детали разных наименований, вследствие чего в обрабатывающих и заготовительных цехах приходится применять различные системы ОКП.

Вторая особенность вытекает из первой. Поскольку на каждом рабочем месте обрабатываются детали нескольких наименований, для повышения производительности процесса их обрабатывают партиями. Обработка деталей партиями неизбежно влечет за собой нарушение других принципов эффективной организации производственного процесса, и прежде всего принципов параллельности и непрерывности, поскольку партия проходит обработку по рабочим местам последовательно и каждая деталь пролеживает значительное время. Кроме того, обработка партиями увеличивает период времени, в течение которого изготовление одних и тех же деталей повторяется. Это обстоятельство обуславливает необходимость согласования работы взаимосвязанных рабочих мест и производственных подразделений, а также распределения номенклатуры обрабатываемых деталей во времени не только на короткий, но и на значительный промежуток,

равный периоду повторения производства всей номенклатуры.

Нарушение принципов непрерывности и параллельности при обработке деталей одного наименования в серийном производстве влечет за собой увеличение длительности производственного цикла их изготовления и ведет к тому, что в каждый данный момент времени непосредственно обрабатывается лишь ничтожная часть деталей, а остальные находятся в заделе. Если в среднем на одно рабочее место приходится 20 наименований деталей, то при размере партии в 50 шт. и при том, что в среднем одна деталь проходит обработку на пяти операциях, в данный момент обрабатывается лишь 5 из 1000 деталей, а остальные в виде заготовок или частично обработанных деталей находятся на складах либо между рабочими местами, ожидая обработки или передачи на последующие операции. В этих условиях составление расписания их движения в производстве представляет большую трудность.

Сложность календарного планирования в серийном производстве обуславливается и тем, что технологические маршруты партии деталей до и после операции, как правило, не совпадают. Это требует согласования в пространстве и во времени движения партии деталей по рабочим местам, участвующим в их изготовлении по данному технологическому маршруту, с движением партий многих других деталей и по иным маршрутам. В противном случае неизбежно нарушение принципов эффективной организации производства, в частности принципа пропорциональности.

Календарное планирование серийного производства усложняется тем, что даже при одинаковом технологическом маршруте трудоемкость партий разных деталей по различным рабочим местам неодинакова и при несогласованности очередности запуска отдельных партий могут возникнуть диспропорции в производстве.

Равномерная загрузка рабочих мест и ритмичный выпуск продукции в серийном производстве достигаются не только согласованием сроков запуска-выпуска партий отдельных деталей, но и созданием заделов в необходимых размерах, движение которых также должно быть подчинено строгому режиму и согласовано со сроками запуска-выпуска.

Особенности и сложности календарного планирования серийного производства обуславливают необходимость строгой

регламентации производственного процесса и отдельных его частей во времени с помощью календарно-плановых нормативов.

Основным объектом календарного планирования серийного производства по заводу в целом является машина (изделие), для межцехового планирования – комплект деталей с учетом нормативного опережения, а в цехах – партия одноименных деталей, производственные участки и рабочие места, участвующие в их изготовлении.

В календарных планах серийного производства должно быть предусмотрено решение нижеследующих основных задач.

1. Обеспечение повторяемости обработки партий деталей и сборки узлов и изделий в определенные плановые периоды в соответствии с календарно-плановыми нормативами. Это обуславливает ритмичность производства за счет стандартизации элементов процесса, упрощает само планирование, контроль и регулирование производства и оказывает благоприятное психологическое воздействие на всех членов производственного коллектива.

2. Выявление резервов производственных ресурсов и использование их для обработки партий деталей, необходимых для пополнения запаса, партий, не повторяющихся ежемесячно, и для ликвидации отклонений в ходе производства.

3. Соблюдение очередности запуска-выпуска партий деталей, исключаящей простои оборудования из-за несогласованности во времени, и максимальное уменьшение длительности производственного цикла.

4. Обеспечение работы участков только нормативными оптимальными партиями и минимизация затрат времени на перестройку и переналадку оборудования.

5. Максимальное снижение трудоемкости и сокращение сроков разработки календарных планов.

2.2. Определение нормативных размеров партий деталей и периода их запуска-выпуска

Важнейшим элементом календарного планирования в серийном производстве является разработка календарно-плановых нормативов, определяющих параметры его организации в

пространстве и во времени. Основным календарно-плановым нормативом является размер партии обрабатываемых деталей, который определяет и все другие показатели (рис 2.1).

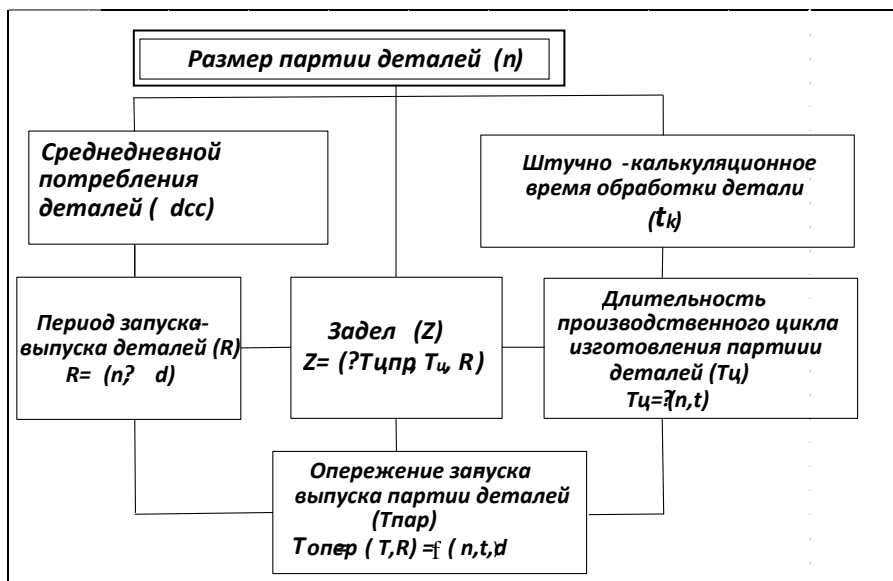


Рис. 2.1. Схема взаимосвязи временных параметров производственного процесса и задела при изготовлении деталей партиями

Под партией понимается количество одинаковых деталей, обрабатываемых непрерывно на данном рабочем месте с одной настройкой оборудования, т.е. с однократной затратой подготовительно-заключительного времени.

Размер партии оказывает большое влияние на эффективность производства деталей. При увеличении размера партии удастся в большей мере реализовать принцип партионности, что обеспечивает: 1) возможность применения более производительного процесса, снижающего затраты на изготовление детали; 2) уменьшение доли затрат подготовительно-заключительного времени на наладку оборудования в расчете на одну деталь, благодаря чему снижаются расходы на ее изготовление (за счет

экономии по зарплате наладчиков и уменьшения времени простоя оборудования под наладкой); 3) уменьшение потерь времени рабочих на освоение приемов работы; 4) упрощение календарного планирования производства, благодаря чему повышается его оперативность. Все это способствует снижению себестоимости детали.

Однако в серийном производстве, где за каждым рабочим местом закреплена обработка деталей многих наименований и преобладает последовательный вид движения предметов труда, с ростом размера партий повышается степень нарушения принципа непрерывности, поскольку увеличивается время пролеживания каждой детали на рабочем месте, между ними и в местах хранения, т.е. увеличивается длительность производственного цикла изготовления партии деталей и количество деталей, находящихся в заделе и на хранении. А это вызывает необходимость дополнительных расходов на хранение деталей, а также расходов, связанных с увеличением объема незавершенного производства.

Эти противоположные обстоятельства, связанные с реализацией одного из принципов эффективной организации производства (партионности) и нарушением другого (непрерывности), требуют определения такого размера партии, при котором сочетание экономии от реализации первого принципа и потерь от нарушения второго было бы наиболее рациональным с экономической точки зрения. Такой размер партии принято называть *экономически оптимальным*.

Существует много разных способов и формул для определения экономически оптимальных размеров партий деталей. Они основаны на сопоставлении экономии и потерь, связанных с изменением размера партии. Такое разнообразие объясняется главным образом степенью охвата факторов и точностью определения отдельных элементов экономии и затрат, определяющих оптимальный размер партии. Как правило, более сложные формулы учитывают большее количество факторов. Однако для практических целей не требуется слишком высокая точность, поскольку в реальных условиях производства приходится так или иначе корректировать полученные расчетным путем размеры партии без существенного ущерба для экономики производства.

Все способы расчета нормативного размера партии можно свести к двум основным: основанному на экономическом принципе и базирующемуся на принципе обеспечения наиболее полной загрузки оборудования.

При первом способе определяются: 1) затраты, связанные с запуском

партии деталей в производство; 2) дополнительные расходы, связанные с хранением деталей, и потери от роста объема незавершенного производства. Оптимальной будет партия, при которой сумма затрат, дополнительных расходов и потерь, приходящихся на одну деталь, будет минимальной.

В издержки первой группы включаются затраты на наладку оборудования и дополнительные расходы, связанные с адаптацией (освоением приемов работы) рабочего при переходе к обработке партии новых деталей. Затраты на наладку складываются из двух основных частей: заработной платы наладчиков (с надбавками и начислениями) и стоимости простоя налаживаемого оборудования. Дополнительные расходы возникают в связи с тем, что при переходе к изготовлению партии других деталей время, затрачиваемое на обработку первых экземпляров этой партии, будет значительно больше, чем последующих. По данным некоторых авторов, время при механической обработке сотой детали снижается на 40-50 % по сравнению с временем, затрачиваемым на первую деталь. При штамповке, где при небольшой величине штучного времени удельный вес вспомогательного времени велик, для принорования к новой работе требуется гораздо больше деталей — несколько сот штук. Эти дополнительные затраты времени при нормировании учитываются с помощью поправочных коэффициентов к расчетному времени при различных размерах партии. Таким образом, если при механической обработке партии деталей в 100 шт. поправочный коэффициент к штучному времени составит 1,20—1,25, то общие дополнительные затраты времени на принорование к работе на всю партию составят $(20...25)_{шт.}$. Кроме того, при приноровании происходит скрытый простой оборудования, поскольку оно не используется в это время на полную мощность.

В издержки второй группы входят затраты на хранение деталей (на складах и в заделе) и затраты, связанные с ростом объема незавершенного производства. Затраты на хранение складываются из расходов на содержание производственных площадей и складов и заработной платы работников, занимающихся организацией хранения (кладовщиков, экспедиторов, учетчиков и др.). Они могут быть определены прямым подсчетом, но вследствие громоздкости и сложности таких вычислений принимаются, как правило, в долях стоимости готовых деталей или деталей, находящихся в заделе; так же определяются и затраты, связанные с увеличением объема незавершенного производства.

Влияние размера партии на величину затрат, приходящихся на одну деталь, показано на рис. 2.2.

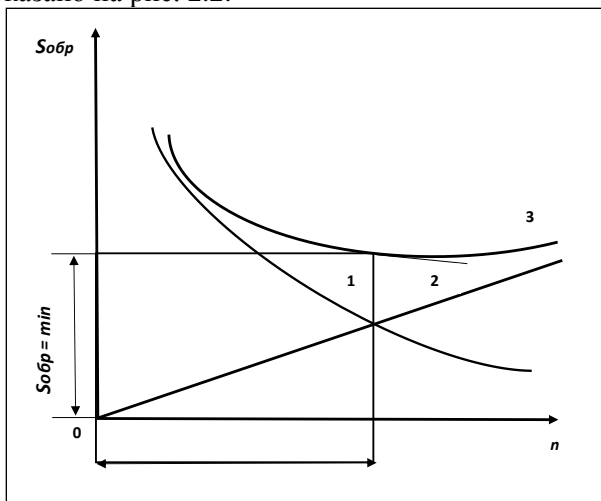


Рис. 2.2. Влияние размера партии на величину общих расходов, приходящихся на одну деталь 1 — затраты, связанные с наладкой и приноровлением рабочих; 2 — затраты на хранение запасов; 3 — общая сумма расходов

Аналитическое решение задачи в конечном счете приводит к формулам типа

$$n = \sqrt{\frac{2NB}{\beta C_0} - \frac{p}{2p-d}}, \quad (2.1)$$

если партия деталей находится в обработке и хранится на складе, и

$$n = \sqrt{\frac{2NB}{\beta C_0} - \frac{p}{p-d}}, \quad (2.2)$$

если партия деталей находится только в обработке.

В формулах (2.1) и (2.2) приняты следующие обозначения:

N — годовая программа выпуска деталей;

B — затраты на наладку и приноровление рабочих в расчете на

одну партию деталей (стоимость наладки);

β – коэффициент, учитывающий затраты, связанные с созданием задела и хранением готовых деталей на складе (в долях себестоимости детали);

p – среднеедневное количество данных деталей, обрабатываемых на участке;

$$p = \frac{\Phi_{дi} \sum_{i=1}^{k_{он}} m_{прин i}}{\sum_{i=1}^{k_{он}} t_i},$$

где $\Phi_{дi}$ – дневной фонд времени работы станков (при двухсменной работе он равен 960 мин);

$\sum_{i=1}^{k_{он}} m_{прин i}$ – количество станков на всех операциях, на которых обрабатываются детали партии;

$\sum_{i=1}^{k_{он}} t_i$ – суммарное время обработки одной детали на всех операциях, мин;

d – среднеедневной темп потребления деталей.

Отношение p/d численно характеризует коэффициент закрепления деталиеопераций за оборудованием участка $K_{3.0}$. Поэтому второй сомножитель подкоренного выражения в формулах (2.1), (2.2) может быть выражен через данный коэффициент; тогда эти формулы примут соответственно следующий вид:

$$n = \sqrt{\frac{2NB}{\beta C_d} - \frac{K_{3.0}}{2K_{3.0}-1}}, \quad (2.3)$$

$$n = \sqrt{\frac{2NB}{\beta C_d} - \frac{K_{3.0}}{K_{3.0}-1}}, \quad (2.4)$$

Из формулы (2.2) видно, что если величина d приближается к p (т.е. $K_{3.0} \rightarrow 1$, $n \rightarrow \infty$), то оборудование должно постоянно обрабатывать одни и те же детали, что характерно для массового производства. Если за оборудованием закреплено несколько наименований деталей, т.е. $K_{3.0} \rightarrow \max$, то $n \rightarrow \min$.

Данные графика и анализ формул (2.1)-(2.4) позволяют сделать следующие выводы:

1) оптимальный размер партии зависит (при прочих равных

условиях) от величины программы выпуска деталей: чем она больше, тем больше размер партии;

2) на размер партии большое влияние оказывает отношение расходов, связанных с наладкой оборудования, к стоимости детали. Это отношение выше в заготовительных цехах, ниже в обрабатывающих и еще ниже в сборочных; поэтому размер партии деталей должен уменьшаться по мере прохождения их по цехам по ходу технологического процесса;

3) поскольку отношение стоимости наладки к стоимости детали выше для мелких и ниже для крупных деталей, то оптимальный размер партии должен быть значительно больше для первых, чем для вторых;

4) отношение стоимости наладки к стоимости деталей в большой степени зависит от стоимости материалов: чем выше стоимость исходных материалов, тем больше должен быть размер партии. Поэтому партия деталей, изготавливаемых из цветных металлов или других дорогостоящих материалов, должна быть меньше партии деталей из черных металлов или дешевых материалов;

5) затраты на одну деталь при обработке их партиями, близкими к оптимальным, незначительно отличаются от минимальных, особенно при увеличении размера партии. Это позволяет корректировать расчетные размеры партий в соответствии с реальными условиями производства, особенно в большую сторону (в значительных пределах), без заметного ущерба для экономичности обработки;

6) поскольку показатели, определяющие размер партии, влияют на него не прямо, а через степенную функцию с показателем степени, равным $1/2$, то оптимальный размер партии меняется в меньших пределах, чем каждый из показателей. Отклонение показателя в 2 раза изменяет размер партии лишь в 1,4 раза, т.е. на величину возможной корректировки.

Все эти обстоятельства подчеркивают, что подробный расчет размера партии по всей номенклатуре изготавливаемых на заводе деталей нерационален. Поэтому правильнее было бы разбить все детали на группы и подгруппы по каждому цеху по следующим признакам:

- объем годового выпуска деталей в штучках;
- размер затрат, связанных с наладкой оборудования;
- стоимость или нормы расхода материалов (например, подгруппы крупных, средних и мелкогабаритных деталей из стали, цветных металлов и др.);
- величина потерь времени на наладку и приношение к работе;

- трудоемкость;
- соотношение стоимости наладки и стоимости детали;
- величина $K_{3,0}$.

При определении размеров партии по второму способу, основанному на принципе обеспечения наиболее полной загрузки оборудования, исходят из следующей задачи: либо обеспечить такую загрузку оборудования, чтобы затраты времени на его переналадку не превышали определенной нормативной величины (обычно закладываемой в плановом расчете загрузки), либо добиться минимально возможного числа переналадок оборудования в течение короткого планового периода (смена, сутки, месяц).

В первом случае размер партии определяется по формуле

$$n = \frac{(1 - \alpha_{нал})(t_{п.з} + K_{пр} t_{шт})}{\alpha_{нал} t_{шт}}, \quad (2.5)$$

где $\alpha_{нал}$ – коэффициент допустимых потерь времени на наладку по ведущему оборудованию или на ведущей операции с наибольшим отношением $t_{п.з}/t_{шт}$, т.е. подготовительно-заключительного времени к штучному;

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий добавки времени на приноровление на всю партию.

Коэффициент допустимых потерь времени на наладку оборудования обычно устанавливается в зависимости от типа производства, т.е. от числа деталеопераций, закрепленных за одним рабочим местом, и от стоимости детали (от 0,02 для массового производства дешевых деталей до 0,12 при мелкосерийном производстве сложных, дорогих деталей). Установление коэффициента потерь времени в зависимости от стоимости детали в известной мере учитывает и экономический фактор при определении размера партии по этому способу. Поскольку основной критерий, определяющий размер партии в этом случае, дан в качестве предельной величины, то рассчитанный по формуле (2.5) размер партии следует рассматривать как минимальный, при уменьшении которого будут нарушены пропорции в производительности оборудования. Поэтому размер партии должен корректироваться лишь в большую сторону.

При решении задачи обеспечения минимального количества переналадок наиболее производительного оборудования, занятого обработкой данных деталей в течение одной или половины смены, размер партии определяется по формуле

$$n \geq (0,5 \dots 1) N_{\text{см}}, \quad (2.6)$$

где $N_{\text{см}}$ — сменная выработка наиболее производительного оборудования, т.е. с наименьшей величиной $t_{\text{шт.}}$.

Как видно, формулы (2.5) и (2.6) непосредственно не учитывают экономические факторы и устанавливают размер партии в зависимости от типа производства и трудоемкости детали.

Определенные тем или иным способом расчетные размеры партий деталей должны быть скорректированы в соответствии с реальными условиями производства с учетом следующих основных требований:

1) размеры партий детали данного наименования на различных стадиях технологического процесса и в разных цехах должны быть равны или кратны друг другу и должны уменьшаться по ходу процесса в кратное число раз; это обеспечивает снижение длительности производственного цикла и оборотных заделов;

2) размер партии должен быть равен или кратен: а) стойкости инструмента, штампов, приспособлений, вместимости печей, что обеспечивает уменьшение затрат времени на установку и наладку и лучшее их использование; б) вместимости стандартной тары и транспортных средств, что упрощает и удешевляет учет, хранение и перемещение деталей; в) серии машин либо годовому, квартальному, месячному, недельному заданию, что позволяет обеспечить их регулярный запуск по разу в год, полгода, квартал, месяц, неделю; это упрощает планирование, повышает его оперативность, обеспечивает стандартность процесса и ритмичность производства.

После корректировки размер партии будет наивыгоднейшим для условий производства и должен быть утвержден в качестве нормативной величины, изменение которой допускается в исключительных случаях.

Изложенные методы определения размеров партий деталей характерны для вытalkingивающей системы ОКП, для которой свойственны сравнительно крупные затраты, связанные с переналадкой оборудования. Если же эти затраты свести к минимуму, т.е. применить систему «точно вовремя», как это удалось концерну «Тойота», то оптимальный размер партии будет минимальным (рис. 2.3).

Из рис. 2.3 видно, что обработка небольшими партиями не только не наносит ущерба, но и обеспечивает значительную экономию средств (в размере AS на одну деталь). При этом рассчитанный минимальный

размер партии фиксируется в двух специальных карточках «Канбан» (карточках отбора и заказа). Партия готовых деталей, заказанная ранее, размещается в мерной таре, контейнерах на погрузчиках и отбирается последующим участком по карточке отбора в точно указанное время. Одновременно этот участок делает заказ (оставляет карточку заказа) на следующую партию, которая должна быть обработана к указанному сроку с учетом длительности цикла.

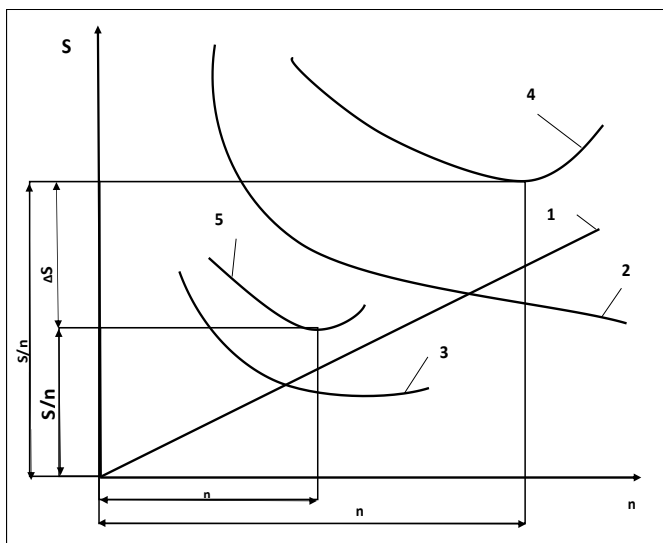


Рис. 2.3. Влияние размера партии на расходы на обработку детали при традиционной системе ОКП и при системе «точно вовремя» (т.в.): 1 — затраты на хранение запасов; 2 — затраты на наладку и приноровление при традиционной системе ОКП; 3 — то же при системе «точно вовремя»; 4 — общие затраты при соответствующих системах; $n_{\text{опт}}$, $n_{\text{опт(т.в.)}}$ — оптимальные размеры партий соответственно при традиционной системе и системе «точно вовремя»

На предыдущем участке детали обрабатываются в той же последовательности, в какой они потребляются на последующем. Передача хотя бы одной бракованной детали на следующую операцию категорически запрещается, поскольку это разрушает всю систему «точно вовремя».

Периодам запуска-выпуска или ритмом (R) партии деталей называют

количество рабочих либо календарных дней, через которые партия из n деталей запускается в производство или выпускается готовой:

$$R = n/d \quad (2.7)$$

Как видно из формулы, величина R при данном темпе потребления деталей d определяется размером партии. Поскольку в серийном производстве необходимо обеспечить строгую повторяемость изготовления одних и тех же деталей в определенный плановый период, то равенство размера партии размеру потребления деталей за этот период означает, что периодичность запуска-выпуска партии будет равна длительности этого планового периода (т.е. неделе, полумесяцу, месяцу, кварталу, полугоду, году). Это обстоятельство требует применения унифицированных величин периодичности запуска-выпуска, равных определенным плановым периодам. Эти величины условно обозначаются так: 12М (12 мес.), 6М (6 мес), 3М (3 мес), 1М или М (1 мес.), М2 (2 недели – 10 рабочих дней), М4 (одна неделя – 5 рабочих дней), М8 (2,5 рабочих дня). В случае применения системы «точно вовремя» период запуска-выпуска может быть уменьшен до одной смены или суток, т.е. до величины М20 или М40.

При использовании унифицированных величин создаются предпосылки для составления стандартных планов-графиков работы производственных участков (недельных, двухнедельных, месячных).

2.3. Определение длительности производственного цикла и опережения запуска-выпуска

В условиях серийного производства, где обработка деталей ведется партиями, под *производственным циклом* понимается промежуток времени между запуском партии на первую операцию и выпуском ее с последней (измеряется в сменах, в рабочих или календарных днях). Длительность производственного цикла — один из важнейших нормативов календарного планирования. На его основе согласуется работа цехов и участков по изготовлению партий деталей во времени и устанавливается величина заделов. На рис. 2.4 схематически показаны основные элементы, составляющие длительность производственного цикла изготовления партии деталей.

Длительность цикла $T_{\text{ц}}$ определяется временем выполнения техноло-

гических, транспортных, контрольных операций и естественных процессов и временем пролеживания и перерывов (межоперационных, междусменных, на выходные дни и др.). Поскольку время выполнения вспомогательных операций (контрольных, транспортных и др.) незначительно по сравнению со временем межоперационного пролеживания, то в практике при расчете длительности производственного цикла $T_{ц}$ учитывают три основные его составляющие:

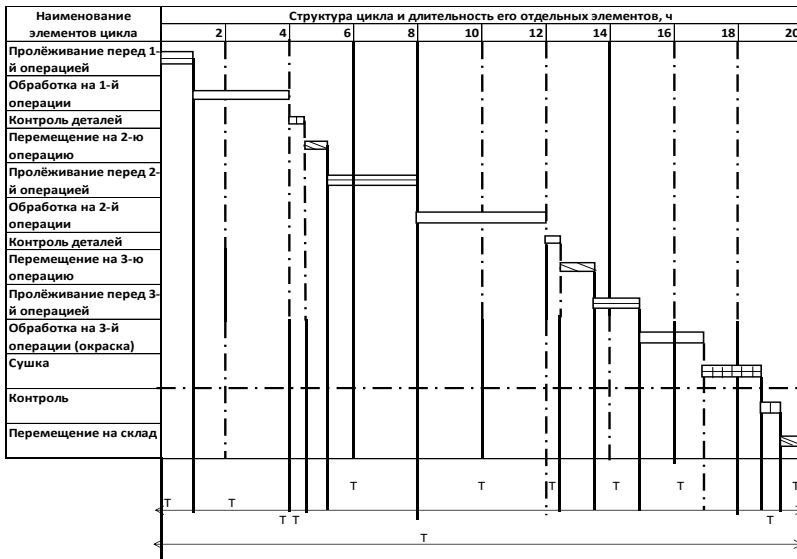


Рис. 2.4. График движения партии деталей в производстве и структура производственного цикла (без учета перерывов)

$$T_{ц} = T_{т} + T_{е} + T_{мо} \quad (2.8)$$

длительность технологического цикла ($T_{т}$), длительность естественных процессов ($T_{е}$) и время межоперационного пролеживания ($T_{мо}$), т.е. перерывы, связанные со сменностью работы, учитываются соответствующими коэффициентами сменности обработки партий деталей.

Длительность технологического цикла (операционное время) зависит от характера движения предметов труда в производстве. В общем виде по всем операциям ($K_{оп}$) эта величина может быть определена по формуле

$$T_{ц} = \frac{1}{T_{см}} n K_{пар} \sum_{i=1}^{k_{оп}} \frac{t_{шт\ i}}{k_{пар.р.м\ i} k_{расч\ i}} + \sum_{i=1}^{k_{оп}} t_{п-з\ i} \text{ [смен]}, \quad (2.9)$$

где $T_{см}$ — длительность смены;

$K_{пар}$ — коэффициент параллельности;

$k_{пар.р.м\ i}$ — количество параллельных рабочих мест на i -й операции;

$t_{шт\ i}$ — штучное время для выполнения i -й операции;

$k_{пар.р.м}$ — количество параллельных рабочих мест, на которых одновременно обрабатываются детали данной партии;

$k_{расч\ i}$ — коэффициент, учитывающий перевыполнение расчетных норм времени;

$t_{п-з\ i}$ — подготовительно-заключительное время i -й операции.

Как видно из формулы (2.9), длительность цикла обработки значительно уменьшается не только за счет сокращения размера партии, но и за счет уменьшения времени переналадки ($t_{п-з}$) расширяет возможности применения системы «точно вовремя».

Время естественных процессов (остывания, сушки, старения и др.) определяется нормативами соответствующих технологических режимов.

Время межоперационных перерывов расчетным путем определить трудно. Для этого необходимо расписать во времени и в пространстве перемещение всей массы деталей в самые короткие промежутки времени (вплоть до минуты) и согласовать очередность и порядок прохождения их при обработке по всем операциям и рабочим местам, что практически невозможно сделать (даже при условии применения ЭВМ). Кроме того, пролеживание деталей в ожидании обработки в условиях серийного производства далеко не всегда является отрицательным фактором. Оно нередко является условием обеспечения более полной загрузки рабочих мест, т.е. условием лучшего использования оборудования и рабочей силы. Однако в этом случае рабочие места загружаются полностью и работают без перерыва. Поскольку стоимость минуты пролеживания партии деталей обходится в среднем в 10-30 раз дешевле минуты простоя рабочего места, эффективность обеспечения более полной загрузки оборудования и рабочих за счет пролеживания партий не вызывает сомнений.

Необходимо отметить, что межоперационное время в любом случае приводит к потерям, хотя и значительно меньшим, чем время простоя оборудования. Вытягивающая система ОКП «точно вовремя» позволяет свести это время к минимуму (но не исключить полностью).

Время межоперационного пролеживания зависит в основном от

степени загрузки рабочих мест, средней продолжительности изготовления партии и количества закрепленных за рабочим местом операций. В практике машиностроительных заводов это время определяется, как правило, опытным путем. Обычно при переходе от одной операции к другой среднее время пролеживания партии предусматривается равным от половины до целой смены:

$$\bar{t}_{\text{мо}} = (0,5 \dots 1) T_{\text{см}} [\text{ч}] \quad (2.10)$$

Исследования проф. К.Г. Татевосова показали, что наибольшее влияние на величину межоперационного времени оказывает количество операций, закрепленных за одним рабочим местом (K_{30}). Он предложил следующую эмпирическую формулу для определения средней величины межоперационного времени между смежными операциями:

$$\bar{t}_{\text{мо}} = -2,95 + 0,564 K_{30} [\text{ч}], \quad (2.11)$$

При малых значениях K_{30} величина $\bar{t}_{\text{мо}}$ будет отрицательной. Это указывает на параллельное выполнение операций, что имеет место в массовом и крупносерийном производстве.

Таким образом, общая длительность производственного цикла обработки партии деталей:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1}{T_{\text{см}}} \left[n K_{\text{пар}} \sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} \frac{t_{\text{шт-к}}}{k_{\text{пар.р.м } i} K_{\text{расч. } i}} + \bar{t}_{\text{мо}} (k_{\text{оп}} - 1) \right] [\text{смен}], \quad (2.12)$$

Для определения длительности цикла в рабочих днях необходимо его значение, полученное по формуле (2.12) в рабочих сменах, разделить на количество смен в сутках. Например, если длительность цикла изготовления партии деталей составляет 12 смен, то при обработке их в одну смену длительность цикла составит 12 рабочих дней, в две – 6 и в три – 4 рабочих дня.

Для укрупненных приближенных расчетов можно пользоваться упрощенной формулой

$$T_{\text{ц}} = n \sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} t_{\text{шт-к}} \cdot K_{\text{ц}} [\text{рабочих дней}], \quad (2.13)$$

где $K_{\text{ц}} = K_{\text{пар}} / K_{\text{см}} k_{\text{пар.р.м } i} K_{\text{расч}} K_{\text{мо}}$;

$K_{\text{мо}}$ – коэффициент, учитывающий долю межоперационных

перерывов в общей длительности цикла. В частности, при двухсменной обработке деталей ($K_{см} = 2$) и $T_{см} = 8$ ч, $k_{пар,р.м\ i} = 2$, $K_{расч} = 1,25$, $K_{пар} = 1$, $K_{мо} = 0,5$

$$K_{ц} = \frac{1}{2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot 0,5} = 0,05.$$

Приблизленно средняя длительность производственного цикла изготовления партии деталей может быть определена по суммарному фактическому наличию остатков деталей в заделе и их расходу за определенный период (например, за месяц). В этом случае средняя длительность цикла

$$T_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^{k_{р,д}} O_i}{dk_{р,д}} [\text{рабочих дней}],$$

где $k_{р,д}$ – количество рабочих дней в месяце;

O_i – остаток деталей на начало (конец) каждого рабочего дня;

d – среднедневной расход деталей.

Как видно из рис. 2.4 и формул (2.8)–(2.13), основные пути сокращения длительности производственного цикла – уменьшение размера партии обработки, сокращение времени переналадки, сокращение межоперационных перерывов за счет согласования времени работы оборудования на смежных операциях и передачи деталей с операции на операцию передаточными партиями, позволяющими организовать параллельно-последовательную обработку деталей на смежных операциях.

Под *опережением* понимается время начала или окончания предыдущих операций или частей производственного процесса по отношению к последующим; оно характеризует отрезок времени, на который необходимо заранее осуществить запуск или выпуск деталей в предыдущих по ходу технологического процесса производственных подразделениях по отношению к данному.

Различают общее и частное опережение запуска-выпуска. Под *общим опережением* понимается время с дня запуска в производство партии деталей в первом по ходу технологического процесса цехе до дня (момента) окончания сборки первой готовой машины с деталями этой партии. Опережение выпуска меньше опережения запуска на величину длительности производственного цикла в данном цехе.

Под *частным опережением* понимается опережение запуска-выпуска партии в предыдущем цехе (цехах) по сравнению с временем (моментом) запуска-выпуска первой партии этих деталей в последующем цехе (цехах).

Опережение состоит из двух элементов — времени технологического опережения и резервного (страхового).

Технологическое опережение ($T_{т.о}$) определяется длительностью производственного цикла обработки партии деталей в данном цехе и при равенстве или уменьшении по ходу технологического процесса партий в кратное число раз численно равно суммарной длительности производственного цикла всех цехов:

$$T_{т.о} = \sum_{i=1}^{k_{цех}} T_{ц i},$$

где $k_{цех}$ — число цехов, в которых обрабатывается партия данных деталей.

При некрatном уменьшении размеров партий или их увеличении по цехам по ходу технологического процесса неизбежно возникают пере-
рывы $T_{сб}$, увеличивающие время опережения и значительно усложняющие согласование запуска-выпуска партии деталей в смежных цехах, а следовательно, и календарное планирование (рис. 2.5). Поэтому необходимо обеспечить равенство или уменьшение размера партии в кратное число раз по ходу технологического процесса. Это не только уменьшает затраты труда и времени при переходе обработки от одной партии к другой, но и обеспечивает уменьшение заделов и упрощает календарное планирование производства.

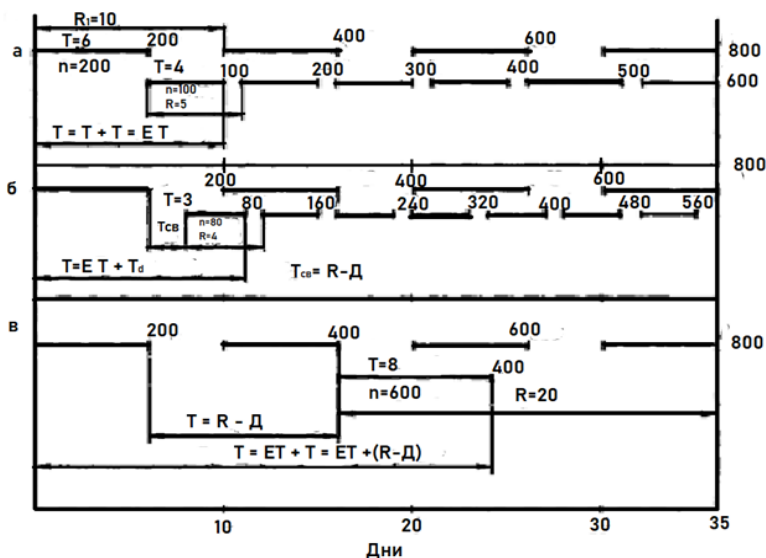


Рис. 2.5. Графики опережений при запуске-выпуске партий неодинаковых размеров в смежных цехах: а – при уменьшении размеров партий в кратное число раз; б – при уменьшении размеров партий в некрatное число раз; в – при увеличении размеров партий в кратное число раз; R_m , R_6 – соответственно меньшая и большая величина R ; D_R – наибольший делитель величин R в смежных цехах

Резервное опережение (T_{po}) – промежуток времени между выпуском партии данных деталей в предыдущем цехе и запуском ее в последующем. Оно предусматривается на случай возможной задержки выпуска очередной партии в предыдущем цехе или преждевременного запуска в последующем цехе по различным причинам (отсутствие материалов, инструмента, брак, повышенная потребность в деталях и др.). Величина такого опережения может быть установлена путем исследования причин возможных задержек в реальных условиях производства. Поскольку детали запускаются и выпускаются в серийном производстве не поштучно, а только партиями, то для обеспечения производственного ритма в следующем по ходу технологического процесса цехе в резерве должно быть количество деталей не менее партии запуска, чтобы можно было запустить очередную партию, не дожидаясь поступления из предыдущего цеха. Для обеспечения этого условия, без которого невозможен ритмичный ход серийного производства, резервное опережение должно быть не меньше определенной

величины, которая при равенстве или уменьшении партий деталей в кратное число раз зависит от соотношения величин длительности цикла в предыдущем цехе ($T_{ц.пр}$) и ритма партии в последующем ($R_{посл}$).

При $T_{ц.пр} > R_{посл}$ резервное опережение принимается равным $R_{посл}$:

$$T_{р.о} = R_{посл}.$$

В этом случае представляется возможным обеспечить бесперебойный ход производства в последующем цехе, если поступление партии деталей из предыдущего цеха будет задержано на величину $R_{посл}$.

При $T_{ц.пр} < R_{посл}$ резервное опережение принимается равным $T_{ц.пр}$

$$T_{р.о} = T_{ц.пр}.$$

Это обеспечивает ритмичный ход производства в последующем цехе даже в том случае, если выпуск очередной партии в предыдущем цехе будет задержан на величину $T_{ц.пр}$.

Таким образом, с учетом резервного опережения при равенстве или уменьшении партий деталей по ходу технологического процесса в кратное число раз общее время опережения:

$$T_{общ} = \sum_{i=1}^{k_{цех}} T_{цех\ i} + \sum_{i=1}^{k_{цех}R} R_{цех\ i} + \sum_{k_{цех}R}^{k_{цех}-1} T_{ц\ i},$$

где $k_{цех} R$ – количество цехов, в которых длительность производственного цикла превышает ритм партии в следующем цехе.

Полученные значения общего опережения в днях округляются до величин, кратных пяти, что упрощает календарное планирование, поскольку опережения будут планироваться не в днях, а в неделях.

2.4. Определение величины производственных заделов

Под *производственным заделом* понимается количество заготовок, деталей, сборочных единиц (в штуках), находящихся в данный момент на разных стадиях производственного процесса (не

оконченных обработкой, сборкой, испытанием и др.). Денежные затраты на задел (его стоимость) называют *незавершенным производством*.

Производственный задел представляет собою овеществленное выражение календарно-плановых нормативов по предметам труда, запущенным в производство (величины партии, периода запуска-выпуска ее, длительности производственного цикла и опережений). Именно поэтому в заделах время в буквальном смысле превращается в деньги.

Контролируя величину заделов и поддерживая ее на запланированном уровне, можно обеспечить соблюдение и других календарно-плановых нормативов.

Наличие определенного количества деталей в заделе – главное условие обеспечения ритмичной работы завода и его отдельных производственных подразделений, поскольку оно гарантирует возможность своевременного запуска-выпуска партий на любой стадии производства. Однако чрезмерная величина заделов приводит к излишнему омертвлению средств в производственных запасах, ухудшает оборачиваемость оборотных средств, требует дополнительных затрат труда и денежных средств на хранение, учет, перемещение и т.д. Поэтому правильное

определение нормативных заделов, обеспечивающих бесперебойный ритмичный ход производства с минимальными затратами средств является одной из важных задач календарного планирования.

Производственные заделы образуются как внутри цеха, так и между цехами. В серийном производстве первые называют цикловыми или технологическими, вторые — складскими.

Цикловой (технологический) задел – это количество деталей, находящихся в производственном процессе цеха в данный момент. В серийном производстве он определяется размером партии, периодом ее запуска-выпуска и длительностью цикла изготовления.

Величина циклового задела зависит от размера партии, длительности цикла ее изготовления и периода запуска-выпуска. Количество партий, находящихся в заделе, определяется отношением длительности цикла к периоду запуска-выпуска:

$$Z_{\text{ц}} = T_{\text{ц}} / R,$$

где $Z_{ц}$ – величина заделов в партиях деталей.

Изменение величины заделов при различных соотношениях величин $T_{ц}$ и R показано на рис. 2.6.

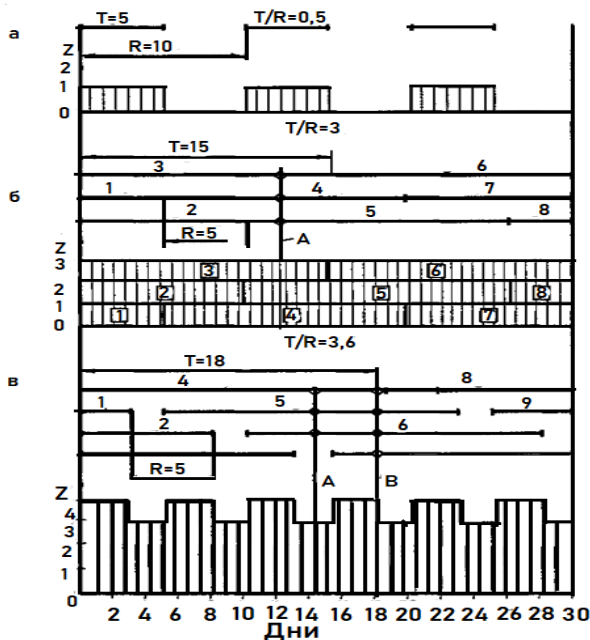


Рис.2.6. График движения цикловых заделов во времени: а – при $T_{ц} < R$; б, а – при $T_{ц} > R$; линии А и В показывают формирование заделов; цифры – номера партий

Для определения объема незавершенного производства необходимо знать среднюю величину циклового задела $Z_{ц}$, выраженную в штуках:

$$\bar{Z}_{ц} = n \frac{T_{ц}}{R} = T_{ц} d. \quad (2.14)$$

Межцеховые (складские) заделы состоят из оборотных и страховых (резервных).

Оборотные заделы в серийном производстве возникают лишь при различных величинах размеров партий или периодичности запуска-выпуска в смежных цехах. Если в предыдущем цехе размер партии меньше, чем в потребляющем, то в последнем накапливаются детали до количества, равного размеру партии обработки. Если же в первом цехе

размер партии больше, а во втором меньше, то в потребляющий цех поступают детали в большем количестве, чем требуется для одного запуска; это количество уменьшается с каждым очередным запуском до минимального значения (до нуля) после запуска последней партии до поступления очередной партии из предыдущего цеха.

Как видно из графика, приведенного на рис. 2.6, характер движения оборотных заделов при кратных размерах партий в смежных цехах одинаков. При этом средняя величина оборотного задела $\bar{Z}_{об}$ между смежными цехами определяется выражением

$$\bar{Z}_{об} = (n_б - n_м) / 2,$$

где $n_б$, $n_м$ — соответственно больший и меньший размеры партии.

Суммарный средний оборотный задел между всеми цехами при кратности партий

$$\sum_1^{k_{цех}-1} \bar{Z}_{об} = \frac{n_{max} - n_{min}}{2}, \quad (2.15)$$

где n_{max} , n_{min} — соответственно максимальный и минимальный размеры партий в цехах, где осуществляется обработка данных деталей.

Как видно из формулы (2.15), выравнивание размеров партий за счет увеличения минимальной обеспечивает снижение заделов между цехами. Однако увеличение минимального размера партии неизбежно приводит (как это видно из формулы (2.14)) к росту цикловых заделов, а уменьшение максимальной величины может вызывать дополнительные потери из-за частых переналадок оборудования. Поэтому основным путем сведения к минимуму или вовсе исключения оборотных заделов является уменьшение размеров партий в заготовительных цехах до размеров их в обрабатывающих цехах за счет сокращения времени переналадки оборудования.

Страховые (резервные) заделы представляют собою постоянный запас деталей между цехами, предназначенный для обеспечения бесперебойной работы потребляющего цеха при возможных задержках подачи очередной партии. Этот задел является материальным выражением резервных опережений. Его величина между смежными цехами $Z_{стр} = T_{p.o.d.}$. Соответственно суммарная величина страхового задела по детали данного наименования определится так:

$$\sum_{i=1}^{k_{\text{цех}}-1} Z_{\text{стр } i} = d \sum_{i=1}^{k_{\text{цех}}} T_{\text{р.о } i}.$$

Суммарные межцеховые заделы (страховые и оборотные) по состоянию на первое число месяца называют *переходящими*; величина их служит исходной базой для разработки месячных планов-графиков участков и цехов. Наличие заделов на начало месяца является предпосылкой для организации ритмичной работы в планируемом месяце, поэтому их правильное определение представляет собою важную задачу оперативного планирования производства.

Величина страхового задела должна оставаться постоянной, а величина оборотной части межцехового задела по состоянию на первое число зависит от сроков подачи деталей из цеха в цех. Он будет максимальным в том случае, если партия из предыдущего цеха подается в последующий цех в последний день данного месяца, и минимальным (нулевым), если она подается перед запуском первой очередной в этом месяце партии в последующем цехе.

2.5. Составление календарных планов-графиков цехов (межцеховое планирование)

Межцеховое календарное планирование серийного производства сводится к выбору планово-учетных единиц и определению количества и календарных сроков их запуска и выпуска из данного цеха. Планово-учетными единицами сборочных производств всегда являются изделия (машины) для общей сборки и сборочные единицы для узловой сборки. Для каждой сборочной единицы устанавливаются сроки ее выпуска или количество собираемых единиц на каждый день.

Согласование во времени работы цехов предприятия при любой системе, выталкивающей или вытягивающей, может быть осуществлено только путем межцехового планирования. Оно позволяет заранее состыковать во времени и в пространстве все элементы производственного процесса, чтобы к заданному сроку обеспечить выпуск готовой машины.

Планы работы всех цехов на месяц всегда должны быть подчинены работе сборочного цеха. Но поскольку при изготовлении машин неизбежно возникает опережение в изготовлении ее элементов, то и работа

цехов должна быть организована с учетом этого опережения. А это означает, что в любом случае соответствующие цехи, как заготовительные, так и обрабатывающие, должны заранее предусмотреть выпуск тех деталей, которые будут потреблены сборочным цехом значительно позже.

Использование компьютеров в управлении производством расширяет область применения подетальной системы ОКП. Однако в устойчивом серийном производстве сложных машин при большой номенклатуре изготавливаемых деталей она оказывается весьма громоздкой. Это не позволяет централизованно разрабатывать и своевременно выдавать цехам подетальные оперативные планы по всей номенклатуре даже при использовании самой современной вычислительной техники.

В этих условиях оказывается целесообразным применение для заготовительных и обрабатывающих цехов комплектно-цикловой системы ОКП. При этой системе движение предметов труда по цехам и заводу, а также согласование отдельных элементов производственного процесса в пространстве и во времени организуется на основании научно обоснованных календарно-плановых нормативов. Это дает возможность разработать план работы предприятия в целом и его отдельных подразделений на определенный промежуток времени и заранее предусмотреть резервы для ликвидации возможных отклонений в ходе производственного процесса.

В случае применения комплектно-цикловой системы в плане-графике каждого цеха указываются сроки запуска-выпуска комплектов деталей, сгруппированных по одинаковым или близким календарно-плановым нормативам. Поскольку в конечном счете задача межцехового планирования заготовительных и обрабатывающих цехов сводится к обеспечению своевременной подачи деталей на сборку, а время начала и окончания их обработки по отношению к сборке зависит от размера опережения, то по каждому цеху всю номенклатуру выпускаемых заготовок и деталей необходимо прежде всего разделить по величине опережений.

Однако группировка деталей по этому признаку оказывается недостаточной, так как в один комплект могут попасть детали, имеющие различный технологический маршрут по цехам и разную периодичность запуска-выпуска. Чтобы состав комплекта по цехам не менялся, необходимо группировку деталей по величинам опережения дополнить группировкой их по технологическим маршрутам и периодичности запуска-выпуска.

Группировка деталей по указанным признакам может быть осуществлена по схеме, приведенной в табл. 2.1. Каждому цикловому комплексу присваивается условный индекс. С помощью условных обозначений можно выразить все пространственно-временные нормативы движения в производстве любого комплекта деталей. При этом буквенные символы означают технологический маршрут по цехам, первая цифра – опережение в неделях, последний символ (М2...М20) – период запуска-выпуска в данном цехе.

Таблица 2.1

Схема классификации деталей для подбора в групповые (цикловые) комплекты для межцехового планирования

Признаки классификации					
По цехам (маршрутам)	Условные обозначения	По группам опережения		На период запуска-выпуска	
		в рабочих днях	в неделях	Величина периода запуска- выпуска, дн.	Условное обозначение
Заготовительный	З	60	12	120	6М
		55	11	60	3М
Кузнечный	К	50	10		
		45	9	20	М
Штамповочный	Ш	40	8	10	М2
		35	7		
Литейный	Л	30	6	5	М4
		25	5		
Механический	М	20	4	2,5	М8
Термический	Т	15	3	1,0	М20
Узловой сборки	Су	10	2		

Например, для группы штампованных деталей, имеющих опережение запуска 40 дней и периодичность, равную двум неделям, и проходящих последовательно по цехам: заготовительному, штамповочному, термическому (после штамповки), механическому, термическому (после механообработки), механическому (после второй термообработки), узловой сборки, условное обозначение комплекта по заготовительному цеху будет следующим: ЗШТМТМСу-8М2. Этот же комплект деталей в механическом цехе при обработке после штамповки и термообработки с опережением в 20 дней и при периодичности 5 дней будет иметь условное

обозначение МТМСу-4М4. В комплект с этим же индексом могут быть включены детали, поступившие из любого цеха в механический, но имеющие одинаковое продолжение маршрута с такими же календарно-плановыми нормативами. Схема формирования групповых комплектов и «подключения» к ним деталей по мере прохождения их по цехам показана на рис. 2.7. В скобках указано количество наименований деталей в комплекте.



Рис. 2.7. Схема формирования групповых комплектов при прохождении их по цехам

Из схемы видно, что по мере прохождения комплекта по цехам состав его и условное обозначение меняются. В исходном комплекте ЗШТМТМСу-8М2 по заготовительному цеху было всего 10 деталей, а при окончательной механической обработке перед передачей в цех узловой сборки их стало уже 39. Работа по классификации и индексации деталей и условных (цикловых) комплектов очень трудоемкая, но она окупается упрощением разработки календарных планов-графиков. Кроме того, она легко автоматизируется с помощью компьютера.

Помимо пространственно-временных нормативов при разработке планов-графиков цехов необходимо знать количество и номера плановых отрезков времени, т.е. календарное время, в котором должны осуществляться предусматриваемые этим графиком работы по изготовлению

комплектов деталей.

При запуске в производство изделия впервые или при сквозном счете недель с первого года его запуска порядковый номер комплекта H_{ki} , который должен быть запущен в первом цехе на плановой календарной неделе с порядковым номером H_n , определится по формуле

$$H_{ki} = \frac{(H_n - H_1) - (T_{\text{общ}} - T_{\text{оп}i})}{R_i} + 1, \quad (2.2)$$

где H_{ki} – порядковый номер комплекта, который должен быть запущен в i -м цехе на данной календарной неделе с порядковым номером H_n ;

H_1 – порядковый номер недели года, в которой запущен первый комплект в первом цехе;

$T_{\text{общ}}$ – общее опережение выпуска комплекта в первом по ходу технологического процесса цехе, недель;

$T_{\text{оп}i}$ – опережение запуска в i -м цехе, недель;

R_i – периодичность запуска-выпуска или ритма комплекта в i -м цехе, недель.

Формула (2.2) может быть проиллюстрирована следующим примером. Пусть необходимо определить порядковые номера цикловых комплектов, которые должны быть запущены на 23-й неделе года в механическом цехе по комплектам МТМСу-4М4 и МСу-2М4 (см. рис. 2.7), если запуск 1-го комплекта в заготовительном цехе осуществлен на 1-й неделе января.

Решение. По комплекту МТМСу-4М4

$$H_k = \frac{(23-1)-(8-4)}{1} + 1 = 19;$$

по комплекту МСу-2М4

$$H_k = \frac{(23-1)-(8-2)}{1} + 1 = 17.$$

Таким образом, на 23 неделе года, т.е. 1 июня, должен быть запущен один 19-й комплект МТМСу-4М4, состоящий из деталей 22 наименований и один 17-й комплект МСу-2М4, состоящий из деталей 39 наименований (см. рис. 2.7).

Используя формулу (2.2), можно решить и обратную задачу — определить календарную неделю (Ян), в которой по данному цеху должен

быть запущен тот или иной комплект. Она определится по формуле

$$H_n = (H_{ki} - 1)R_i + (T_{\text{общ}} - T_{\text{оп}}) + H_i.$$

Подставив данные интересующих нас комплектов, получим, что запуск 19-го комплекта МТМСу-4М4 и 17-го комплекта МСу-2М4 должен быть осуществлен на 23-й неделе:

$$H_{n1} = (19 - 1) \cdot 1 + (8 - 4) + 1 = 23;$$

$$H_{n2} = (17 - 1) \cdot 1 + (8 - 2) + 1 = 23.$$

Кратность нормативов опережений и периодичности запуска-выпуска цикловых комплектов деталей позволяет упростить разработку стандартных планов-графиков как на данный месяц, так и на любой календарно-плановый период. В табл. 2.2 приведен пример разработки графика по механическому цеху на июнь, который состоит из четырех полных (с 1 по 28 июня) и одной неполной (29 и 30 июня) недели.

Основное преимущество календарного планирования по номерам цикловых комплектов — возможность обеспечить строгую повторяемость деталей определенного наименования, а также исключить необходимость корректировки заданий цехам по комплектам, поскольку при всякой задержке в выполнении графика обработки комплекта с данным порядковым номером в данном месяце он автоматически включается в задание следующего месяца.

Таблица 2.2

План-график работы механического цеха на июнь(при комплектно-цикловой системе ОКП)

Код группового комплекта	Календарно-плановые нормативы				Запуск/выпуск комплектов по неделям Всего за месяц								
	Количес тво наимено ваний деталей в комплекте	Опережен ие запуска, недель	Длительно сть цикла, дн.	Периодич ность запуска- выпуска, нед.	За предыду щий месяц		За плановый месяц (по неделям)					Номера комплект ов	Количес тво
					(21)	(22)	I (2 3)	II (2 4)	III (2 5)	IV (2 6)	V (2 7)		
МТМСy- 4М4	22	4	5	1	<u>17</u> 2	<u>18</u> 17	<u>19</u> 18	<u>20</u> 19	<u>21</u> 20	<u>22</u> 21	<u>23</u> 22	<u>19-23</u> 18-22	<u>5</u> 5
МСy-2М4	39	2	5	1	<u>15</u> 14	<u>2</u> 15	<u>17</u> 2	<u>18</u> 17	<u>19</u> 18	<u>20</u> 19	<u>21</u> 20	<u>17-21</u> 2-20	<u>5</u> 5
МСy-6М	42	6	9	2	<u>9</u> 9	<u>10</u> 9	<u>10</u> 10	<u>11</u> 10	<u>11</u> 11	<u>12</u> 11	<u>12</u> 11	<u>10-12</u> 10-11	<u>3</u> 2
МСy-4М2	13	4	6	2	<u>9</u> 9	<u>10</u> 9	<u>10</u> 10	<u>11</u> 11	<u>11</u> 11	<u>12</u> 12	<u>12</u> 12	<u>11-12</u> 10-12	<u>2</u> 3

При машинокомплектной системе, которую нередко называют *планированием по комплектовочным номерам*, разработка плана-графика для цеха при межцеховом планировании еще более упрощается. В нем указываются лишь порядковые номера изделий (машин), которые должны быть укомплектованы деталями, обработанными в данном цехе, на определенное число. При этом для упрощения планирования по цеху указывается порядковый номер только последнего изделия, которое должно быть укомплектовано в конце планируемого месяца. Для сборочного цеха это будет последний номер собранной машины, для остальных цехов номера комплектов определяются с учетом нормативных опережений. Расчет комплектовочных номеров ведется в порядке, обратном ходу технологического процесса (табл. 2.3). Номер последнего машинокомплекта (Y_{mk}) по данному цеху определяется по формуле

$$N_{mk} = N_{собр} + T_{o,vi} d_{маш},$$

где $N_{собр}$ – номер последней собранной машины в планируемом периоде;

$T_{o,vi}$ – опережение выпуска в i -м цехе в рабочих днях;

$d_{маш}$ – среднеедневное количество собираемых машин.

При машинокомплектной системе централизованно учитывается и контролируется лишь один календарно-плановый норматив – максимальное по данному цеху опережение выпуска комплекта деталей на машину. Запуск-выпуск конкретных деталей планируется цехом исходя из степени укомплектованности деталями очередного комплекта. В этом случае возможны: нарушение оптимальных календарно-плановых нормативов (размеров партий, длительности цикла и периодов запуска-выпуска) и неувязка календарно-плановых нормативов данного цеха с нормативами других, что неизбежно приводит к неритмичности, простоям оборудования, излишним заделам одних деталей при нехватке других.

Перечисленные недостатки в значительной мере устраняются при использовании условно-машинокомплектной (УМК) системы, при которой по всем деталям рассчитывают задел, исходя из их нормативных опережений, включая резервные. Этот задел создается в натуре и снимается с учета в производстве, в связи с чем отпадает необходимость в планировании машинокомплектов по цехам и учете опережений. Поэтому, как указывалось в § 15.3, всем цехам завода устанавливается график выпуска изделий по одним и тем же комплектовочным номерам машин, которые должны быть выпущены в сборочном цехе. Другими словами, в

день, когда машина данного порядкового номера должна быть выпущена из сборочного цеха, этот же порядковый номер должен быть укомплектован в любом другом цехе завода (заготовительном, механическом, кузнечном, литейном и т.д.). Пример такого графика приведен в табл. 2.4.

Планирование выпуска конкретных заготовок, деталей, сроков их запуска-выпуска, как и в случае машинокомплектной системы, возлагается на цех. При этом необходимо учитывать количество деталей, идущих на одну машину. Если на заводе выпускается одновременно несколько изделий, то рассчитывается количество деталей данного наименования $D_{\text{усл}j}$ в расчете на одну условную машину по формуле

$$D_{\text{усл}j} = \frac{\sum_{i=1}^{k_u} k_{di}(1+\gamma_i/100)N_j}{N_6}$$

где k_i – количество наименований выпускаемых изделий;

k_{di} – количество деталей, идущих на одно изделие j -го наименования;

γ_j – планируемый процент выпуска запасных частей к основной программе; N_j — программа выпускаемого изделия в данном плановом периоде (год, квартал);

N_6 – программа выпуска базовых изделий за этот же период.

Пример расчета приведен в табл. 2.5 ($N_6 = 150$). Контроль за выпуском деталей в цехе осуществляется по так называемой *картотеке пропорциональности*. Она представляет собой ящик, разделенный по горизонтали на три части (на 3 месяца) и по вертикали на 22-24 ячейки (по максимально возможному числу рабочих дней в месяце). Сверху каждой части, соответствующей данному месяцу, наклеивается единый сквозной график (рис. 2.8). Таким образом, каждой ячейке соответствует дата и номер машины, которая должна быть укомплектована на этот рабочий день. В ячейку, соответствующую номеру укомплектованного базового изделия, помещается карточка учета детали. По мере выпуска новых деталей, количество которых фиксируется в этой карточке, она перемещается в другую ячейку в соответствии с номером машины, укомплектованной по этой детали. Например, если фактически была укомплектована машина № 66 и карточка находилась в ячейке за 5-е число, то при выпуске дополнительно 20 деталей, идущих на машину по 2 шт., карточка учета после соответствующей отметки перемещается из 5-й в 10-ю ячейку.

Таблица 2.3

Пример расчета календарных заданий цехам завода на июнь (22 раб. дня) при машинокомплектной системе ОКП (среднедневной выпуск машин 2 шт.)

	Цех										
	сборочный			механический		кузнечный		литейный		заготовительный	
Шифр из-делия (машины)	Номер последней машины на 01.06	Среднее количество собираемых машин	Номер последней собранной машины на 01.07	Опережение выпуска, дн.	Номер последнего машинокомплекта на 01.07	Опережение выпуска, дн.	Номер последнего машинокомплекта на 01.07	Опережение выпуска, дн.	Номер последнего машинокомплекта на 01.07	Опережение выпуска, дн.	Номер последнего машинокомплекта на 01.07
A	56	2	100	10	120	30	20	25	150	35	170

Таблица 2.4

Единый сквозной график работы цехов завода по выпуску и комплектации машин на июнь (22 раб. дня) при среднедневном выпуске машин 2 шт. (номер последней машины, выпущенной в мае, — 56)

Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	И	12	13	14	15	2	17	18	19	20	21	22
Номер машины	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100

Таблица 2.5

Расчет количества деталей, на одно основное (базовое) изделие A по цеху пластмасс

Наименование или чертеж детали	Наименование изделия, на которое идут детали	Программы выпуска изделий на квартал N_j	Количество деталей на одно изделие (A^{\wedge})	Запчасти $y_h \%$	Общий выпуск деталей, шт.	Условное количество деталей, идущих на основное (базовое)
1. Втулка	Электровоз A	150	4	25	750	$\frac{1200}{150} = 8$
	Электровоз B	25	8	50	300	
	Электровоз B	10	10	50	150	
<i>Итого</i>		-	-	-	1200	8
...						
	Электровоз	500	1	10	5500	36,7

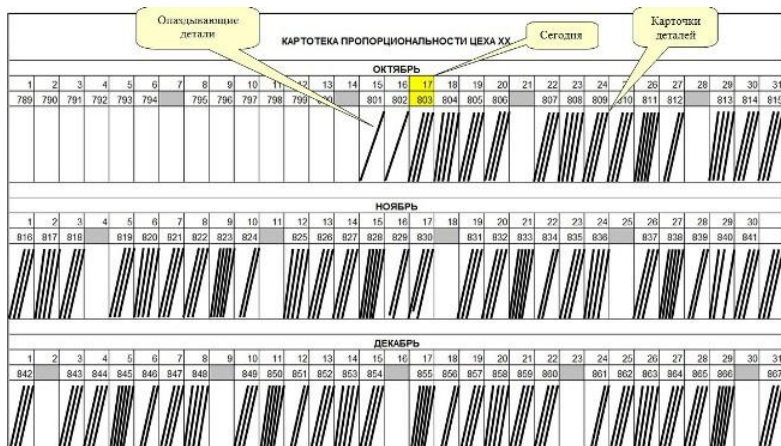


Рис. 2.8. Картотека пропорциональности

Таким образом, картотека представляет собой своеобразный конвейер, по которому перемещаются карточки, отражающие движение реальных деталей в заделе. Если карточки помещены в ячейке левее даты, на которую осуществляется контроль, то имеет место отставание выпуска деталей и задел ниже нормативного, правее — опережение и задел выше нормативного. Превышение или понижение задела по сравнению с нормами численно равно произведению количества деталей, потребляемых на сборке в сутки, на количество дней опережения или отставания. По сути, картотека выполняет такие же функции, как и карточки «Канбан» при использовании вытягивающей системы ОКП.

Контроль за ходом производства в заводском масштабе осуществляется производственным отделом завода и отмечается в графике пропорциональности, в котором по каждому цеху (отдельной строкой) отражается фактический ход комплектования деталей по цеху в целом. Этот график, как бы моделирующий движение заготовок, деталей, сборочных единиц на условном главном конвейере, выполняется в виде доски с закрепленным сверху единым графиком на текущий и следующий месяцы и расположенными слева названиями цехов. Напротив каждого цеха устанавливают стрелку под номером того условного изделия, которое цехом полностью укомплектовано, т.е. по наиболее отстающей детали.

Общее отставание на дату контроля (начало суток, недели, декады) в сутко-позициях O_{c-n} определяется на основе цеховых картотек про-

порциональности по формуле

$$Oc. n. = k_1 + 2k_2 + 3k_3 + \dots + nk_n,$$

где $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ – количество карточек учета деталей (по числу наименований), находящихся в первой, второй, третьей, ..., n -й ячейках цеховой картотеки пропорциональности левее даты текущего дня.

С помощью графика пропорциональности контролируется ритмичность производства в цехах. Применение системы УМК дает наибольший эффект в крупносерийном малономенклатурном производстве, когда выпускается одна машина и ее модификации, на изготовление которых идут в большинстве случаев одни и те же детали.

Следует отметить, что планирование производства цехов по укрупненным комплектам упрощает разработку программ в заводском масштабе по сравнению с комплектно-групповой, но увеличивает объем плановой работы в цехе, не позволяет осуществлять контроль за соблюдением календарно-плановых нормативов, поскольку основным параметром, контролируемым заводоуправлением, является степень обеспеченности деталями на сборке. Это нередко ведет к тому, что основное внимание цехового персонала направлено на комплектование задела или ликвидацию дефицита любой ценой (нарушения оптимальных размеров партии, периодов запуска-выпуска, что вызывает более частые перестройки оборудования; нарушения ритмичности, партионности, специализации). При строгом же соблюдении оптимальных календарно-плановых нормативов в случае применения таких систем требуется значительно больший задел, чем при комплектно-цикловой системе.

2.6. Разработка планов-графиков производственных участков (внутрицеховое планирование)

Работа цехов, как видно из предыдущего параграфа, планируется по укрупненным показателям. Однако работа первичных элементов производства — участков и рабочих мест — осуществляется лишь на основе подетального плана-графика, предусматривающего обработку (изготовление) в данный момент времени конкретных предметов. Поэтому пространственно-временные связи участков внутри цеха при изготовлении укрупненного объекта (комплекта деталей на узел, машину и др.) должны быть детализированным, т.е. должны быть

построены модели процесса конкретных деталей по рабочим местам.

Внутрицеховые календарные планы разрабатываются планово-диспетчерскими бюро цеха на месяц, неделю и сутки. Основой для их составления служат месячные календарные планы цехов и ведомости расшифровки групповых или машинных комплектов, т.е. перечень всех деталей, входящих в каждый комплект.

Планово-учетными единицами для участков цеха служат, как правило, детали отдельных наименований. Поскольку состав и очередность операций и технологических маршрутов обработки партий отдельных деталей, входящих в комплект, могут не совпадать, то для разработки подетальных планов участков необходимо все детали комплекта сгруппировать по однородности внутрицеховых технологических маршрутов и очередности их прохождения по участкам цеха. При группировке необходимо также указывать длительность цикла обработки партии деталей на данном участке, что дает возможность увязать цикл прохождения отдельных групп деталей с общим циклом прохождения группового комплекта в цехе. Пример группировки приведен в табл. 2.6. На основе такой разбивки можно построить стандартный график прохождения и обработки по участкам отдельных партий деталей группового комплекта на всю длительность производственного цикла. Пример графика для деталей циклового комплекта МСу-4М2 приведен на рис. 2.9. Наличие графиков упрощает разработку месячных календарных заданий участкам цеха и позволяет строго согласовывать во времени движение отдельных партий деталей цикловых комплектов по участкам в соответствии с месячным планом-графиком цеха (см. табл. 2.2). Если временные параметры этого графика привязать к календарному времени конкретного месяца, то получится план-график обработки деталей на каждом участке. При этом для любого наименования детали, входящей в комплект, должно быть соблюдено условие

$$D_{vi} - D_{zi} = T_{ц.к.},$$

где D_{vi} , D_{zi} – даты соответственно выпуска и запуска i -й детали;
 $T_{ц.к.}$ – длительность цикла изготовления комплекта в данном

цехе.

Таблица 2.6

Группировка партий деталей отдельных цикловых комплектов по
однородности технологического маршрута

Шифр группового циклового комплекта	Количество наименований деталей в комплекте	Номера деталей, имеющих одинаковый технологический маршрут	Маршрут обработки деталей по участкам цеха (Т – токарный, Ф – фрезерный, С – сверлильный, Р – расточный, Ш – шлифовальный, К – контрольный), в скобках указан цикл обработки в сменах
МСу-4М2 (см. табл. 2.2)	13	1,5,7 2,3,8,10 4,9,13 6,11,12	Т(3)-Ф(4)-С(3)-К(2) С(2)-(6)-Ш(3)-К(1) Р(4)-Ф(2)--Т(3)-Ш(1)-К(2) Ф(4)-Ш(6)-К(2)

Для этого необходимо с графика, изображенного на рис. 2.9, перенести на месячные планы-графики соответствующих участков сроки начала и окончания обработки партий деталей комплекта. Сроки запуска деталей на первый участок и выпуска с последнего должны совпадать со сроками запуска-выпуска комплекта по цеху в целом. Так, согласно месячному плану-графику работы механического цеха запуск комплекта МСу-4М2 № 10 должен быть осуществлен в начале 22-й недели (последней недели предыдущего месяца, см. табл. 2.2), а выпуск — в начале 23-й недели (первой недели планируемого месяца). Так как цикл обработки деталей комплекта равен 6 дням, а обработка деталей комплекта уже длилась 5 дней, то на первый день июня должны быть запланированы работы по окончанию обработки детали, предусмотренные графиком (рис. 2.9) на 6-й день.

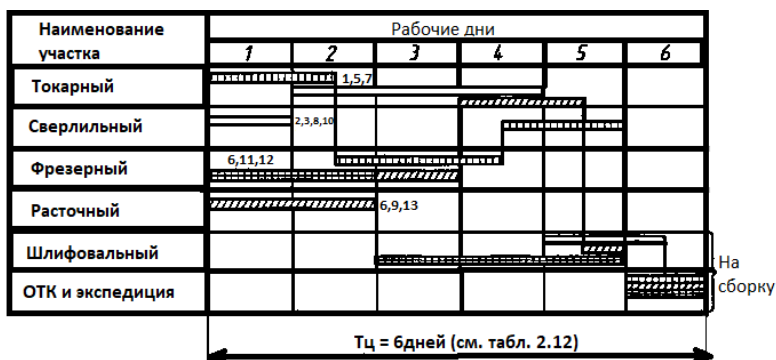


Рис. 2.9. График обработки и прохождения по участкам партий деталей группового комплекта МСу-4М2 (1, ...13 — номера наименований деталей комплекта).

Согласно этому графику по узлу МСу-4М2 № 10 на 6-й день предусматривается окончание обработки деталей 2, 3, 8, 10 на шлифовальном участке в течение смены и сдача, контроль, экспедиция всех деталей. Поэтому в месячном плане шлифовального участка на первый день июня в первую смену должно быть запланировано окончание обработки деталей 2, 3, 8, 10. Поскольку ритм партии равен двум неделям (10 дням), на вторую неделю июня по участку должен быть запланирован запуск, а на третью — выпуск этих деталей. Так как по графику (рис. 2.9) эти детали подаются на шлифовку на 5-й день, то по плану участка запуск их должен быть запланирован в первую смену 10-го рабочего дня июня. Подобным образом планируется работа участка и по другим комплектам.

При разработке планов-графиков предметно-замкнутых участков в качестве планово-учетной единицы также принимается деталь. Но поскольку на участке установлены все виды оборудования, на котором она обрабатывается, сроки запуска-выпуска деталей по участку принимаются по цеховой программе, а прохождение партии деталей по отдельным группам оборудования — по графику, изображенному на рис. 2.10, который привязывается к месячному плану-графику предметно-замкнутого участка в соответствии с датами запуска-выпуска по цеховому плану.

Наименование станка	Рабочие дни и смены									
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Горизонтально-фрезерный 742	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Расточный 1322	1		1	2	1		1	2	3	
Токарный 1591	1		3	4	5	1		3	4	5
Вертекально-фрезерный 1730	2	2	3		2	2	3		2	
Вертекально-фрезерный 1732 и т.д.		2	1	4			2	1	4	

Рис. 2.10. Подетально-пооперационный стандарт-план загрузки оборудования предметно-замкнутого участка (цифры обозначают номера операций обработки соответствующих деталей)

При машинокомплектной системе ОКП планово-диспетчерским отделом завода контролируется лишь уровень задела. Поэтому даты запуска-выпуска партий и их периодичность определяются цеховыми работниками по степени обеспечения заделом. При этом дата запуска первой очередной партии в данном месяце определится по формуле

$$Дз1 = Z_{\text{факт.н}}/d - T_{\text{ц}},$$

а последующей

$$Дз2 = \frac{1}{2}(Z_{\text{факт.н}} + n_{\text{факт}}) - T_{\text{ц}},$$

где $Z_{\text{факт.н}}$ – фактический задел на начало месяца;

$n_{\text{факт}}$ – фактический размер запускаемой партии.

Например, если по графику (табл. 2.4) в механическом цехе на 1 июня должна быть укомплектована деталями машина № 76 (56 + 20), а фактически выпущено деталей на 90 машин, то при их средненевном расходе (2 шт.) выпуск первой очередной партии должен быть запланирован на 7-й рабочий день июня $\left(\frac{90-76}{2}\right) = 7$. При длительности цикла изготовления партии, например, 5 дней, запуск ее должен быть запланирован на 3-й день. Даты запуска-выпуска последующих партий будут определяться количеством деталей в предыдущей партии. Так, в нашем примере при партии в 20 деталей запуск следующей должен быть

запланирован на 13-й день, а выпуск — на 17-й. Если же 7-го числа будет выпущено не 20, а 12 деталей, то сроки запуска-выпуска передвигаются соответственно на 8-й и 13-й дни.

В случае применения системы УМК даты запуска-выпуска очередной партии также зависят от количества фактически выпущенных деталей в предыдущей партии и определяются по точке заказа (запуска). При этом количество деталей, при котором должен быть осуществлен запуск очередной партии, или точка заказа $T_{зак}$, определяется по формуле $T_{зак} = T_d \cdot d$. Если же запуск деталей производится малыми партиями, величина которых меньше произведения длительности цикла изготовления и среднедневного его расхода, то неизбежно начинается работа цеха по так называемому дефициту, т.е. с систематическим отставанием по комплектованию задела и более частому запуску в производство очередных партий до выхода из производства предыдущей (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Определение дат запуска партий деталей при машинокомплектной системе ОКП и системе УМК при различных размерах партий (2,8 и 18-го числа). Цифрами обозначены номера машин, при которых производится заказ (в скобках — по системе УМК). Штриховой линией показана работа по дефициту при размерах партий соответственно 6,8 и 10 деталей

Конечной целью согласования в пространстве и во времени элементов производственного процесса является составление расписания работы рабочего места с указанием очередности, даты и времени обработки детали.

Каждое рабочее место обладает потенциальной возможностью выполнить в течение рабочего дня определенный объем целенаправленных работ. В то же время заказы, т.е. задания на обработку предметов на каждый день, поступают на участок обезличенно как относительно наименования рабочего места, так и очередности, времени начала и окончания обработки на каждом рабочем месте.

Задача состоит в том, чтобы согласовать во времени обработку всех предметов, закрепленных за участком и рабочими местами с учетом их

мощности, и вместе с тем выдержать сроки запуска-выпуска по участку. Другими словами, необходимо все детали, подлежащие обработке на участке за неделю, сутки, закрепить за рабочими местами и установить очередность их обработки, т.е. согласовать ее во времени в пределах как данного рабочего места, так и других, находящихся на этом участке. Закрепление операций за рабочими местами осуществляется на основании маршрутной технологической карты, где указан вид оборудования, на котором должна выполняться операция. При этом по каждому рабочему месту взаимосвязь времени как измерителя затрат ресурсов и календарного промежутка устанавливается соотношением

$$\sum_{i=1}^{k_d} n_i t_{штi} \leq \Phi_{дейст},$$

где k_d – количество наименований деталей, закрепляемых за рабочим местом;

$n_i t_{штi}$ – размер партии и время обработки i -й детали соответственно;

$\Phi_{дейст}$ – действительный фонд рабочего времени, определяемый календарным временем обработки закрепленных деталей и режимом работы рабочего места.

Другими словами,

$$\Phi_{дейст} = (D_{в.к} - D_1) T_{см} K_{см},$$

где D_1 $D_{в.к}$ – даты соответственно запуска первой и выпуска последней детали (по календарному рабочему времени);

$T_{см}$ – длительность рабочей смены;

$K_{см}$ – коэффициент сменности работы оборудования (рабочего места).

Чтобы составить расписание работы рабочего места во времени, т.е. установить календарное время начала и окончания обработки конкретных предметов, на данном рабочем месте необходимо установить очередность их запуска в производство. Очередность устанавливается на основании приоритета (P_i). Под *приоритетом* условимся понимать календарное время, приходящееся на выполнение одной остающейся

операции (в среднем). Он может быть определен по формуле

$$Pi = \frac{(D_{vi} - D) T_{cm} K_{cm} - T_i}{k_{общ\ i} - k_{ei}} [\text{ч/опер.}],$$

где D_{vi} – предусмотренная дата выпуска партии деталей из цеха (участка);

D – дата в момент определения очередности при разработке расписания рабочего места;

T_i – время обработки партии i -х деталей на данном рабочем месте, включая время наладки, ч;

$k_{общ\ i}$ – общее количество операций по обработке партии i -х деталей по технологическому процессу в цехе;

k_{vi} – количество выполненных операций до подачи на рабочее место.

Чем меньше P_i тем меньше запас календарного времени на выполнение операций и тем раньше должна быть запущена в производство партия деталей.

Из формулы (2.17) видно, что при прочих равных условиях приоритет тем выше (т.е. меньше его число), чем больше операций остается до завершения полной обработки партии предметов. Поэтому такие предметы должны запускаться в обработку в первую очередь, тогда как детали, по которым обработка на данном рабочем месте является конечной операцией, запускаются последними. Располагая всей необходимой информацией, можно составить расписание работы каждого рабочего места на неделю, сутки, смену, час.

2.7. Особенности календарного планирования в литейных, кузнечных и сборочных цеха

В заготовительных цехах (литейных, кузнечных) серийный тип производства является преобладающим, поэтому даже на заводах массового производства календарное планирование в этих цехах осуществляется по календарно-плановым нормативам серийного типа.

Для составления месячного календарного плана литейного цеха исходными данными являются: производственная программа завода, подетальная расшифровка машинокомплекта, нормативная величина опережения или задела и фактические остатки на складе потребляющего цеха, а при составлении недельного и суточного планов, кроме того, — фактическая обеспеченность сборки деталями при работе по дефициту

или по вытягивающей системе.

Литейное производство в отличие от механической обработки является более гибким, лучше приспособленным к изменению спроса, поскольку при небольшом цикле производства (менее суток) самые различные отливки в пределах одной и той же весовой категории производятся на одном и том же конвейере, с помощью одних и тех же формовочных машин, в одних и тех же опоках. Поэтому даже при вытягивающей системе ОКП суточный выпуск конкретных отливок согласуется с потребностью в них на последующих операциях в механических и сборочных цехах.

При использовании же вытягивающей системы согласование работы цехов полностью определяется сроками подачи отливок по заявкам соответствующих цехов.

Однако в любом случае, получив месячный план-задание по цеху, ПДБ литейного цеха производит расчет производственных возможностей оборудования цеха главным образом по формовочному отделению на основании месячной программы завода и расшифровки машинокомплекта по всем деталям по форме, приведенной в табл. 2.7.

Суточное задание составляют, начиная с задания конечному сборочному отделению, график работы которого увязывается с графиком поступления деталей в механический цех или с его заказами по срокам и объему, после чего составляется задание формовочному отделению. Оно должно предусматривать:

- равномерный по суткам и сменам выпуск деталей по материалоемкости, что обеспечивает равномерную работу плавильного отделения;
- равномерную по суткам и сменам общую трудоемкость, что обеспечивает равномерную загрузку оборудования и рабочих;
- равномерное потребление стали в сталелитейных цехах по отдельным видам в течение смены, что обеспечивает устойчивую работу электропечей и уменьшение потерь времени при переходе от выплавки одной марки к другой;
- закрепление определенных деталей за конкретными бригадами формовщиков, что обеспечивает высокую производительность и снижение брака.

Задание формовочному отделению выдается по форме (табл. 2.8), на которой отмечается его фактическое выполнение.

После составления задания формовочному отделению рассчитывается потребность в жидком металле, которая служит основой для составле-

ния суточного задания плавильному отделению. Для чугуноплавильных участков, где, как правило, выплавляется металл одной марки, оперативные задания более или менее постоянные и могут не выдаваться посуточно. В сталеплавильных отделениях, где на разных электропечах одновременно выплавляется сталь различных марок, необходимо определять потребность в жидкой стали по сменам и маркам на каждую смену, общее количество и среднюю массу плавки.

При разработке календарных планов кузнечно-штамповочных цехов и участков проверка (расчет) производственных возможностей оборудования производится так же, как и для механических цехов. При этом следует учитывать возможные потери рабочего времени не только на текущие ремонты и наладку, но и на выполнение ряда внеплановых кузнечных работ: на протяжку металла (если на складе отсутствует материал необходимого сечения), изготовление поковок на ремонтные нужды завода, заготовок для инструмента (если в инструментальном цехе отсутствует кузнечное оборудование) и др.

Расчет производственной возможности формовочного отделения литейного цеха на месяц

[illegible]

Таблица 2.8

Суточный план-отчет формовочного отделения (в опоках)

Участок формовки	I смена			II смена		
	Номер детали	Задано	Выполне- но	Номер детали	Задано	Выполне- но
I конвейер	1043 (верх)	250	260	1017 (верх)	250	240
	1043 (низ)	250	260	1017 (низ)	250	240
II конвейер	...					

Планирование работы кузнечно-штамповочных цехов ведется, как правило, по подетальной программе. Основным объектом планирования является непосредственно ковка или штамповка, поскольку операции нагрева и обрезки готовых поковок или штамповок не являются лимитирующими и не требуют значительных затрат времени на переналадку процесса при переходе с одной работы на другую.

Основной особенностью календарного планирования кузнечно-штамповочных цехов является то, что из-за высокой производительности оборудования и больших затрат времени на наладку планируется их работа крупными партиями. Однако японская корпорация «Тойота» добилась сокращения времени на замену штампов в 20-30 раз по сравнению с крупнейшими фирмами мира (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Продолжительность наладки штампов для штамповки капота и крыла легковых автомобилей и размер партии штамповки

Показатель	Япония («Тойота»)	США	Швеция	ФРГ
Время наладки штампа, ч	0,2	6	4	4
Число переналадок в день	3	1	-	0,5
Размер партии в днях потребности	Однодневная	Двухнедельная (10-дневная)	Месячная (20-дневная)	Двухнедельная (10-дневная)
Среднее число деталей, закрепленных за одним прессом	3	10	20	20
Количество ходов пресса в час	500-550	300	Нет св.	Нет св.

Таких успехов «Тойота» добилась за счет: унификации внешних габаритов разных штампов (по высоте и другим параметрам), что исключает необходимость регулировки хода пресса; разделения переналадки на внутреннюю (требующую остановки оборудования) и внешнюю (выполняемую до или после замены штампа); включения во внешнюю переналадку максимального числа операций внутренней переналадки; исключения процесса регулировки, занимающей 50-70 % времени внутренней переналадки; использования приемов быстрого крепления оснастки (в частности, прорезных U-образных шайб, подкладываемых под ослабленные гайки и исключающих необходимость полного их отвертывания); использования быстродействующих пневматических и гидравлических зажимов.

Однако при малом времени внутренней переналадки все же затрачиваются значительные средства и время на проведение внешней переналадки, которая, по оценке японских специалистов, достигает значительной величины — до часа и более. Кроме того, необходимо иметь резервное оборудование для опробования штампов, что ограничивает снижение размеров партий до минимума. Поэтому даже на «Тойоте» при высокой специализации пресса, за которым закреплены всего лишь три детали, размер партии достигает не менее суточной потребности, как это видно из табл. 2.9.

Высокая производительность оборудования кузнечно-штамповочных цехов при больших затратах времени на наладку обуславливает необходимость работы в этих цехах большими партиями. Минимальный размер партии определяется по формуле (2.5) и округляется до величины, равной или кратной стойкости штампа. Периодичность запуска-выпуска определяется по формуле (2.7).

При прочих равных условиях потери времени на наладку оборудования будут тем больше, чем больше закреплено за ним наименований деталей. В кузнечных цехах даже крупносерийного производства количество наименований поковок, приходящихся на единицу оборудования, составляет от нескольких штук до нескольких десятков штук. Поэтому для снижения потерь времени на наладку оборудования нередко размер партии поковок и периодичность запуска-выпуска определяются по укрупненным нормативам в зависимости от количества закрепленных за оборудованием наименований деталей и времени на одну наладку (табл. 2.9).

Принятие нормативных величин партий и периодов запуска-выпуска

создает предпосылки для разработки стандартных планов-графиков и организации ритмичной работы цеха. При этом на производительность оборудования, уровень выполнения плановых заданий и ритмичность производства большое влияние оказывает правильное закрепление работ за отдельными видами оборудования и рабочими бригадами. Закрепление за оборудованием и бригадами работ (наименований выпускаемых поковок или штамповок) производится раз в квартал или год и отмечается в специальной карточке, заводимой для каждой единицы оборудования. В ней указываются номера деталей, количество и периодичность их запуска, характеристика операции, величина подготовительно-заключительного и штучного времени. На основании таких карточек составляют стандарт-графики загрузки отдельных единиц оборудования (рис. 2.12). Их строят прежде всего для оборудования с небольшой номенклатурой выпуска и сравнительно длительной загрузкой по штамповке деталей одного наименования. На базе графиков штамповки разрабатываются графики работы других основных и вспомогательных отделений (заготовительного, термического, штамповой мастерской и др.). Привязка стандартного графика к месячному графику осуществляется по методу, изложенному в предыдущем параграфе. Так, например, если в данном месяце первый рабочий день совпадает с первым днем стандарт-плана, то на 11-й рабочий день планируется штамповка деталей 2402017, предусмотренных на 1-й день графика.

Наименование и номер оборудования	Шифр детали	План на 2 недели, шт	Норма на смену, шт	Количество о смен на программу	Размер партии, шт.	Перво- личность	График штамповки по неделям, рабочим дням и сменам																			
							1-я неделя										2-я неделя									
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Штамповочный молот "500 кг" № 173	2402017	2660	1390	2	2700	M2	2700																			
	240502213	5320	1350	4	2700	M4		2700									2700									
	2403056	10000	2500	4	5000	M4			5000									5000								
	2403060	2660	1800	1,5	2700	M2				2700																
	2405035	14000	2800	5	7000	M4					7000												7000			
	2403050	5380	1800	3	2700	M4						2700													2700	
	2405048	1400	2800	0,5	1400	M2							1400													

Рис. 2.12. Стандарт-график загрузки штамповочного оборудования на 2 недели

При сменно-суточном планировании в кузнечно-штамповочных цехах

уточняют запуск-выпуск деталей и их движение в производственном процессе по всем операциям цикла, обеспечивая комплектность сдачи поковок на межцеховые склады. В первую очередь включаются внеочередные и срочные работы и детали, не оконченные обработкой в предыдущих сменах, а также работы, переходящие на последующие операции в цехе, т.е. работы с наиболее длительным производственным циклом.

Успешность выполнения календарных планов-графиков зависит от степени обеспеченности отделений цеха заготовками, оснасткой и др. Поэтому при разработке графиков, особенно сменно-суточных, необходимо проверять материально-техническую обеспеченность плана (наличие заготовок, проката, штампов, инструмента). Результаты такой проверки служат основанием для своевременного принятия мер по обеспечению бесперебойной работы.

В отличие от заготовительных и обрабатывающих цехов, где детали обрабатываются партиями, в сборочных цехах серийного производства сборка машин осуществляется поштучно, т.е. по типу массового производства. Поэтому как месячный, так и суточный план-график должен предусматривать сроки запуска-выпуска по каждому экземпляру готового изделия (машины). Для разработки таких графиков необходимо привести подготовительную работу по анализу технологического процесса сборки с целью выявления возможности выполнения сборочных работ независимо друг от друга, т.е. параллельно. Следует установить оптимальный фронт работ (количество рабочих, одновременно занятых на выполнении определенной сборочной операции), а также наиболее целесообразное закрепление работ за отдельными бригадами, степень их загрузки.

Результаты анализа и закрепление работ за отдельными бригадами фиксируется в специальных картах (табл. 2.10), на основании которых разрабатываются стандартные планы-графики сборки изделия комплексной бригадой на всю длительность цикла (рис. 2.13). Они привязываются к календарному времени соответствующего месяца и дня с учетом количества машин, подлежащих сдаче в сутки. При этом общее количество параллельных комплексных бригад для сборки запланированного количества машин определится по формуле

$$K_{\text{бр}} = \frac{R_{\text{сб}} d_{\text{маш}}}{K_{\text{см}}},$$

где $R_{\text{сб}}$ – период времени между началом (окончанием) сборки очередной машины данной комплексной бригадой, смен (рис. 2.13);
 $d_{\text{маш}}$ – суточное задание цеху по сборке данных машин;
 $K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности работы цеха.

Таблица 2.10

Подбор и закрепление сборочных работ за отдельными бригадами по сборке машины А

Наименование узлов и операций	Норма времени на 1 машину, ч	Процент выполнения норм	Общая трудоемкость, ч	Количество сборщиков в бригаде	Трудоемкость сборки по номерам бригад, ч				
					I	II	III	IV	V
Сборка узла 1	104	120	96	5	96	-	-	-	-
Сборка узла 2	173	120	144	5	144	-	-	-	-
Сборка узла 3	86	120	72	3	-	72	-	-	-
...									
Общая сборка	230	140	192	9	-	-	192	-	-
Испытания и сдача	20	125	28	2	-	-	-	28	-
...									
Всего трудоемкость по бригадам									
Потребное число рабочих смен									

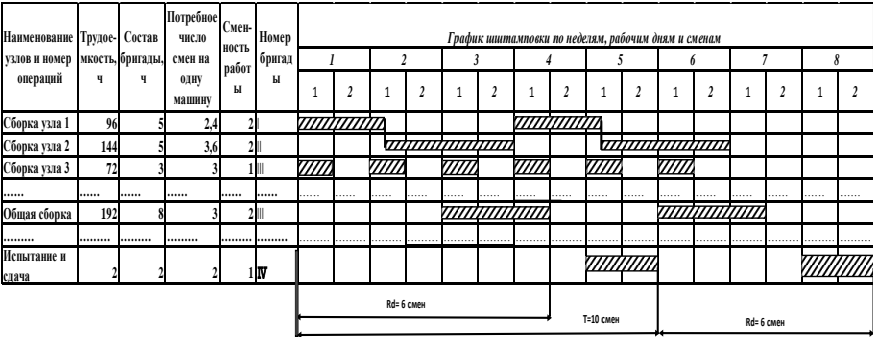


Рис. 2.13. График сборки машины и организации работы бригад сборщиков

Так, при $R_{сб} = 6$ смен (рис. 2.13), $d_{маш} = 2$ и $K_{см} = 2$ потребуется шесть комплексных бригад ($k_{бр} = 6 \cdot 2/2 = 6$). При этом для выполнения отдельных операций по сборке каждой машины количество специальных бригад определится по формуле

$$K_{сбpi} = \frac{\sum_{i=1}^{k_{оп}} t_i}{R_{сб} k_{pi} T_{см}},$$

где $k_{оп}$ – количество операций, выполняемых данной бригадой;

t_i – трудоемкость операции с учетом коэффициента выполнения норм,
ч;

k_{pi} – количество рабочих-сборщиков в бригаде по выполнению i -й операции.

3. ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

3.1. Особенности оперативно-календарного планирования

В массовом производстве основной формой движения предметов труда является параллельный поток. Заготовки, детали, сборочные единицы или собираемые машины передаются с операции на операцию, а иногда с одной поточной линии на другую поштучно, что требует строгой увязки рабочих мест и линий во времени не по партиям предметов труда, как это имеет место в серийном производстве, а по каждому экземпляру. Поэтому движение отдельной детали по всему циклу ее производства должно быть регламентировано во времени, а ее перемещение от операции к операции на линии – строго определяться тактом (ритмом) потока.

Так как за линией закреплено изготовление одной детали, в случае отсутствия заготовок оборудование линии невозможно загрузить изготовлением других деталей, как это имеет место в других типах производства.

Поскольку производительность оборудования на смежных рабочих местах, линиях и в цехах при изготовлении определенной детали часто не совпадает, на заводах массового производства наряду с параллельным движением предметов труда создаются линии с параллельно-последовательным движением, как с переменным, так и со стационарным объектом производства, а также участки серийного производства в заготовительных цехах.

При наличии на заводе массового производства поточных линий разных типов и участков, а также цехов и участков серийного производства неизбежно создаются межлинейные и межцеховые заделы.

Особенности массового производства требуют разработки мер по согласованию работы смежных участков путем применения разных форм календарного планирования различных стадий и подразделений производства, чтобы обеспечить ритмичный выпуск конечной продукции.

Основными календарно-плановыми нормативами массового производства являются: такт поточной линии, стандарт-планы ее работы, нормативы линейных и межлинейных заделов, графики чередования объектов производства на линиях и перемещения предметов труда по рабочим местам.

Календарно-плановые нормативы непосредственно регламентируют во времени работу отдельных участков производства и подчиняют их единому нормативу – такту выпуска конечной продукции. Эти нормативы связаны с мероприятиями по организации ритмичного процесса производства на всех его операциях и нередко становятся составными частями календарных планов-графиков работы отдельных производственных подразделений (участков и линий).

Календарно-плановые нормативы базируются на документах конструкторских и технологических разработок (спецификациях, технологических и нормировочных картах и др.). Ошибки в нормативах могут повторяться много раз при изготовлении деталей или выполнении отдельной операции. Поэтому качество технических документов и разработанных в них нормативов, их корректировка в соответствии с фактическими условиями производства являются предпосылками высокого уровня организации производства и оперативного планирования.

Строгая регламентация работы отдельных производственных подразделений завода во времени, необходимость обеспечения стандартности в организации производственных процессов, ритмичной повторяемости работ на основе централизации планирования диктуют необходимость получения информации о фактическом ходе производства в любой момент и от любого подразделения. Особое внимание должно быть уделено организации оперативного учета, позволяющего в любое время получать информацию (по возможности бездокументационную) с мест благодаря использованию современной организационной и вычислительной техники.

Основной планово-учетной единицей по заводу является изделие (машина), а по цехам — каждая отдельная деталь. Поскольку нарушение такта работы хотя бы одним подразделением при параллельном изготовлении деталей неизбежно приводит к нарушению такта выпуска изделий, основным звеном планирования является поточная линия, работающая по определенному графику, обеспечивающему непрерывный производственный процесс выпуска конечной продукции в соответствии с заданным ритмом.

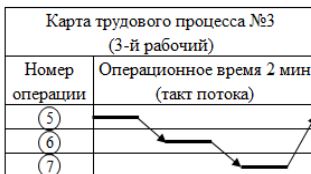
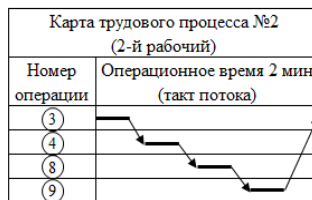
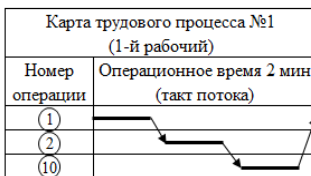
3.2. Календарно-плановые нормативы и календарные планы однопредметных линий

Основными календарно-плановыми нормативами однопредметных линий являются такт потока (методика расчета которого приведена в

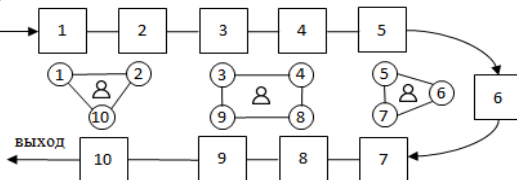
гл. 5), заделы и стандарт-планы работы.

Некоторые предприятия и фирмы используют величину такта потока не только для определения основных параметров поточных линий, но и для нормирования затрат труда. Так, «Тойота» рассчитанный такт потока принимает в качестве технической нормы операционного времени. На основании такта для каждого рабочего составляются карты трудового процесса, в которых по каждой операции тщательно нормируются затраты вспомогательного и основного времени. На такой карте, представляющей собой циклограмму многостаночного обслуживания, показывается порядок перехода рабочего от станка к станку и время выполнения на каждом из них ручных операций.

На основе карты трудового процесса разрабатывают планировку рабочих мест таким образом, чтобы расстояние и время передвижения оператора в ходе обслуживания закрепленных за ним станков были минимальными (рис. 3.1).



б) Движение изделия на участке (вход)



- - время занятости рабочего ручными работами на операции
- - время и направление перехода
- - рабочие места

Рис. 3.1. Распределение работ (а) и планировка оборудования (б) на производственном участке (машинное время на рисунке не показано)

Заделы по месту нахождения подразделяются на линейные и межлинейные. *Линейные заделы* – это количество деталей, находящихся непосредственно на линии на разных стадиях обработки. *Межлинейные заделы* – это детали, обработка которых закончена на предыдущей линии, но не начата на последующей.

Линейные заделы состоят из технологического, транспортного, оборотного и резервного, межлинейные – из транспортного, оборотного и резервного.

Технологический задел – это определенное количество деталей, находящихся в обработке непосредственно на рабочих местах линии. *Транспортный задел* – это детали, находящиеся в процессе перемещения от одной операции или линии к другой, т.е. детали, находящиеся на конвейерах, в тележках и других транспортных средствах. *Оборотный задел* возникает между операциями или линиями с разной производительностью и представляет собой детали, накопленные за определенный период работы. Оборотные заделы не возникают на линиях со строго регламентированным тактом потока и между линиями, работающими с одинаковым ритмом. *Страховой (резервный) задел* создается на случай непредвиденных задержек в выполнении операций, возникновения неисправности оборудования или линии (внеплановые наладки, аварийный выход оборудования из строя и т.п.). Величина его восполняется во внерабочие смены на внепоточных участках или во время регламентированных перерывов линии.

Состав и величина заделов на линии зависят от ее характеристики (одно- или двухрядная, с последовательным или параллельным расположением рабочих мест на операции или в рабочей зоне, вид и скорость конвейера и т.д.). Поэтому для расчета нормативов, а также для увязки работы линии во времени необходимо прежде всего построить стандарт-план ее работы, который служит предпосылкой для последующей разработки планов-графиков работы участков и цехов. В этом состоит одно из отличий оперативного планирования массового производства от серийного, где графики движения деталей по рабочим местам составляются только на основе календарно-плановых нормативов.

Стандарт-план – это график работы поточной линии на определенный

промежутков времени, не привязанный к календарному времени планируемого периода (на час, на период оборота прерывной линии, на цикл обработки детали и т.д.). На рис. 3.2 показан стандарт-план работы однорядной непрерывно-поточной линии, оборудованной распределительным конвейером с последовательным расположением рабочих мест на операциях и с длительностью операций, большей такта в кратное число раз. Движение деталей на линии организовано так, что они перемещаются конвейером с постоянной скоростью, проходя за такт потока путь, равный расстоянию между рабочими местами. Таким образом, если на 2-й операции три рабочих места, то время перемещения деталей мимо этих рабочих мест составит 3г. В нижней части графика показана величина задела, при этом вертикальная линия *AB* показывает схему его формирования. Кружками отмечены детали, находящиеся в технологическом заделе (на рабочих местах), а ромбиками — в транспортном (детали, находящиеся в процессе перемещения).

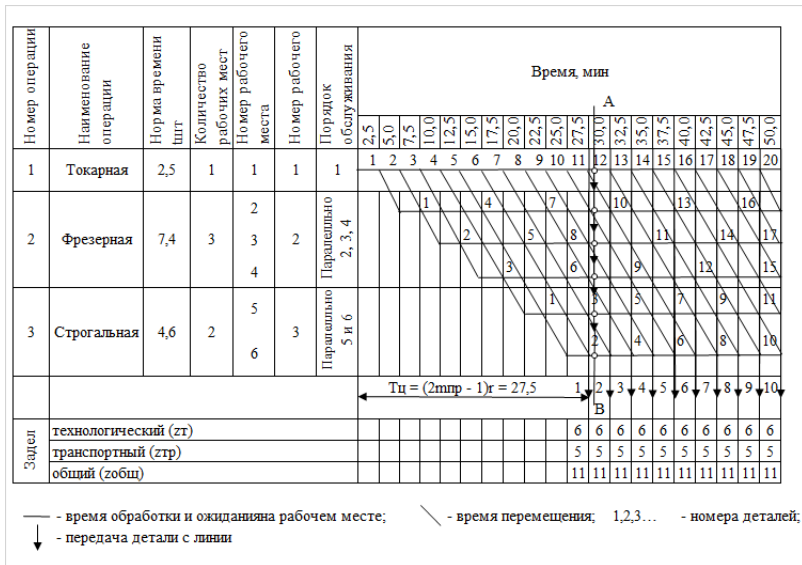


Рис. 3.2. Стандарт-план работы однорядной непрерывно-поточной линии (такт потока $г = 2,5$ мин)

Количество деталей, находящихся в технологическом заделе, можно

определять по следующим формулам:
при поштучной передаче

$$Z_{\text{т}} = \sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} m_{\text{прин}i} ;$$

при передаче передаточным партиями $p_{\text{тп}}$

$$Z_{\text{т}} = p_{\text{тп}} \sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} m_{\text{прин}i} ;$$

где $k_{\text{оп}}$ — количество операций, выполняемых на линии;

$m_{\text{прин}i}$ — количество рабочих мест на i -й операции.

Если на длине шага конвейера размещается одна деталь, величина транспортного задела ($Z_{\text{тп}}$) определяется так:

при поштучной передаче

$$Z_{\text{тп}} = \sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} m_{\text{прин}i} - 1 \text{ или } Z_{\text{тп}} = L/l - 1,$$

при передаче партиями $p_{\text{тп}}$

$$Z_{\text{тп}} = p_{\text{тп}} \left(\sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} m_{\text{прин}i} - 1 \right) \text{ или } Z_{\text{тп}} = (L/l - 1) p_{\text{тп}}, \quad (3.1)$$

где L — длина рабочей части конвейера, м;

l — расстояние между смежными рабочими местами (шаг конвейера), м.

На двухрядной линии оборудование устанавливается по обеим сторонам конвейера в шахматном порядке так, что расстояние l' между станками по конвейеру составляет половину расстояния l между ними на одной стороне конвейера, т.е. $l' = l/2$ (см. рис. 5.6, в). В этом случае скорость конвейера снижается в 2 раза. Поэтому стандарт-план и заделы рассчитываются так же, как и для однорядной поточной линии.

На распределительных непрерывных и пульсирующих конвейерах, где по длине l шага конвейера размещается несколько предметов труда на расстоянии l'' друг от друга, величина транспортного задела определяется следующим образом:

при поштучной передаче:

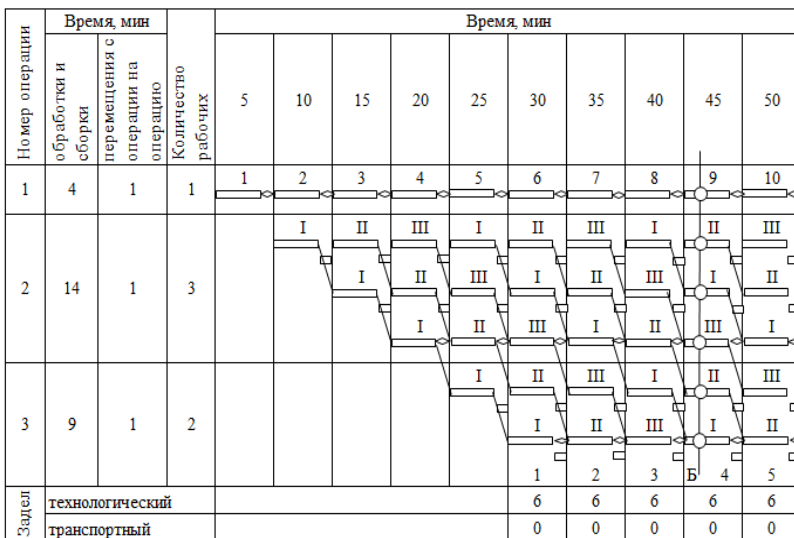
$$Z_{\text{тп}} = p_{\text{тп}} \left(\sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} m_{\text{прин } i} - 1 \right) \frac{l}{l'} \quad \text{или} \quad Z_{\text{тп}} = \frac{L-l}{l'};$$

при партионной передаче – по этим же формулам, но с учетом количества деталей в партии (см. формулу (3.1)).

На распределительных пульсирующих конвейерах с промежутком пульсирования $R_{\text{тп}}$, большим такта потока, транспортный задел

$$Z_{\text{тп}} = \frac{R_{\text{тп}}}{r} \left(\sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} m_{\text{прин } i} - 1 \right).$$

На непрерывных или пульсирующих через величину такта потока конвейерах при перемещении каждого экземпляра или партии предметов труда с одной операции на другую за такт потока или цикл пульсирования транспортный задел отсутствует (рис. 3.3).



I, II, III - номера рабочих, выполняющих операции

— время выполнения операции

— время перемещения предметов труда с операции на операцию или с одного рабочего места данной операции на другое

◊ - время ожидания рабочих или возвращения на исходное место

□ - время выполнения технологических операций во время движения

Рис. 3.3. Схема движения предметов труда и выполнения операций на поточных линиях, оборудованных пульсирующими рабочими конвейерами

На сборочных непрерывных или пульсирующих конвейерах, где организуется параллельное выполнение некоторых операций (схема такого конвейера показана на рис. 5.27), величина технологического задела будет равна общему количеству рабочих мест на линии без рабочих мест на операциях, которые могут быть выполнены параллельно с другими, т.е.

$$Z_{\text{т}} = \sum_{i=1}^{k_{\text{оп}}} m_{\text{прин}i} - \sum_{i=1}^{k_{\text{оп,пар}}} m_{\text{прин}i},$$

где $k_{\text{оп}}$ — общее количество сборочных операций;

$m_{\text{прин}i}$ — количество рабочих мест на i -й операции;

$k_{\text{оп,пар}}$ — количество операций, которые выполняются параллельно с другими.

На регламентированных линиях поточной стационарной (стендовой)

сборки, стандарт-план работы которой обычно составляется на период оборота стенов, задел состоит из изделий, находящихся в данный момент в работе (на сборке), и изделий, устанавливаемых на стенд или снимаемых с него (рис. 3.4).

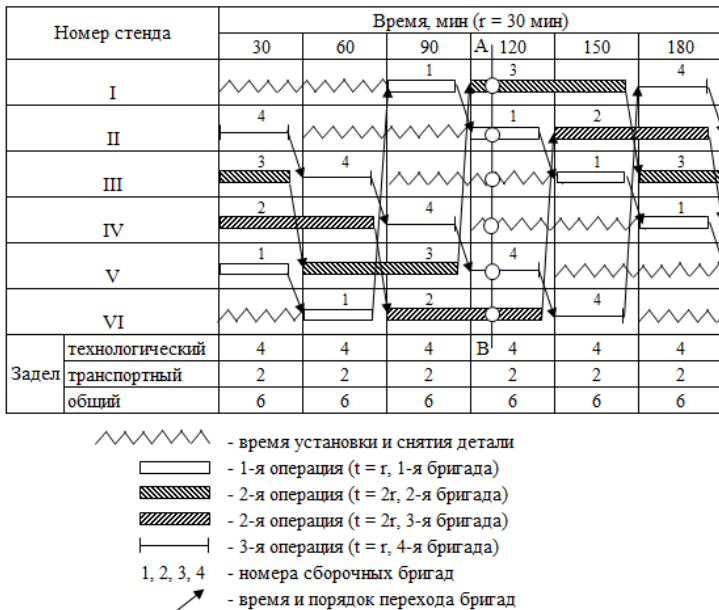


Рис. 3.4. Стандарт-план работы потока стационарной сборки и порядок перемещения бригад по стенов

Суммарный задел будет равен общему числу рабочих стенов. При этом технологический задел

$$Z_T = \sum_{i=1}^{k_{оп}} k_{бp i} \text{ или } Z_T = T_{ц} / r ,$$

где $k_{бp i}$ – число бригад, занятых на выполнении i -й сборочной операции;

$T_{ц}$ – длительность технологического цикла сборки.

Транспортный задел, т.е. число изделий, устанавливаемых или снимаемых со стенов в данный момент, $Z_{тп} = t_{уст} / r$, где $t_{уст}$ — время на установку изделия на стенд перед сборкой и на снятие после нее.

Величина резервного задела зависит от степени колебания штучного

времени при обработке отдельных деталей на данной операции, длительности наладки оборудования и длительности возможного внепланового ремонта оборудования.

Согласно исследованиям рассеивание величины штучного времени на операции подчиняется закону нормального распределения и колеблется в пределах $\pm 30\%$ средней величины такта. При таких условиях средняя величина этой части страхового задела $Z_{\text{стр}} = 0,045N_{\text{см}}$, где $N_{\text{см}}$ – сменный выпуск деталей, шт.

Величина страхового задела на случай внеплановой наладки оборудования на данной операции $Z'_{\text{стр}} = t_{\text{нал } i} / t_{\text{шт } i}$, где $t_{\text{нал } i}$ – время наладки оборудования на i -й операции.

Этот вид задела не создается на операциях, имеющих резервное или незагруженное оборудование.

Страховой задел на случай внепланового (аварийного) ремонта оборудования создается после обработки деталей на специальном уникальном оборудовании, выполняющем операции, которые не могут быть выполнены на другом станке. Величину заделов точно определить невозможно, поскольку не могут быть заранее определены вероятность выхода оборудования из строя, вид и продолжительность ремонтов. На некоторых заводах задел принимается в размере не менее сменной потребности в деталях на последующих операциях. На ЗИЛе, например, его принимают в размере от одно- до трехсменной потребности на последующих операциях, т.е. $Z''_{\text{стр}} = (1 \dots 3)N_{\text{см}}$. В этом случае другие виды резервных заделов не предусматриваются.

Стандарт-план прерывно-поточной линии составляется на период ее обслуживания (оборота). Он предусматривает порядок обслуживания станков рабочими и порядок их перехода с одного рабочего места на другое. На таких линиях применяется параллельно-последовательное движение обрабатываемых деталей между операциями. Период обслуживания линии должен обеспечить наиболее оптимальную реализацию принципов партионности и непрерывности, которые находятся в некотором противоречии друг с другом. С увеличением периода увеличивается производительность, но вместе с тем увеличиваются и заделы в производстве.

На практике при выборе периода приходится учитывать и ряд дополнительных условий: наличие площадей для хранения задела; характер выполняемых операций; расстояние между станками, обслуживаемыми многостаночником; вид межоперационного транспорта и др. Все эти

факторы должны способствовать уменьшению периода обслуживания, поскольку дополнительные затраты труда, связанные, например, с перекладыванием деталей задела или перемещением деталей вручную и их хранением в заделе, могут свести на нет выигрыш в росте производительности труда на основных операциях. Кроме того, небольшой период обслуживания имеет преимущество в организации контроля за ритмичностью работы линии, так как неудовлетворительная ее работа выявляется только после окончания оборота.

Величина межоперационных заделов на линии зависит от степени параллельности выполнения операций внутри периода. При последовательной работе станков (что создает благоприятные возможности для внедрения последовательного многостаночного обслуживания) задел будет большим, чем при одновременной работе станков, выполняющих смежные операции.

Не зависящая друг от друга работа оборудования на смежных операциях обеспечивается наличием задела, который к концу периода обслуживания будет минимальным. Поэтому при разработке стандарт-плана работы линии желательно стремиться к такому сочетанию смежных операций по всему циклу, которое обеспечило бы минимальные оборотные заделы к началу (концу) периода оборота линии. Стандарт-план работы прерывно-поточной линии приведен на рис. 3.5.

На прерывно-поточных линиях создаются технологический, оборотный, транспортный и резервный заделы. Величины первого и последнего определяются так же, как и в непрерывно-поточном производстве.

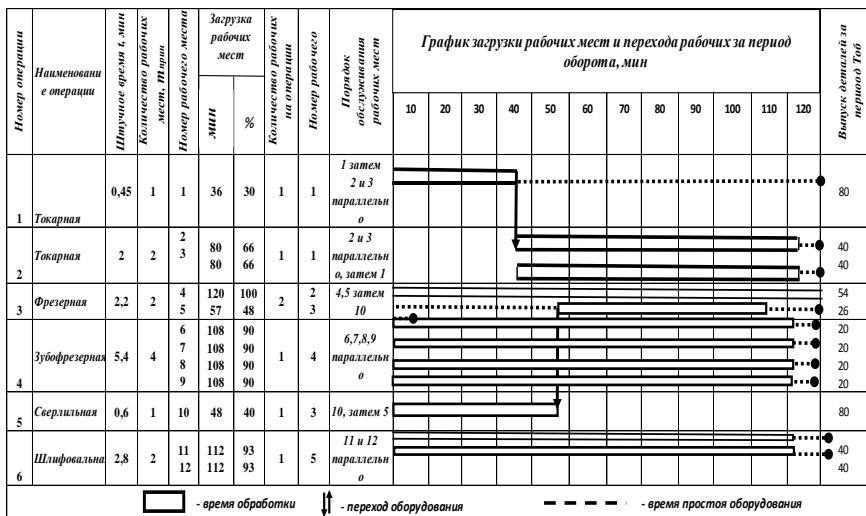


Рис. 3.5. Стандарт-план работы прерывно-поточной линии
(продолжительность смены 480 мин, средний такт потока 1,5 мин)

Движение оборотного задела ($Z_{об}$), образующегося между смежными операциями, определяется на основании стандарт-плана работы линии и рассчитывается для каждой пары смежных операций по формуле

$$Z_{об} = t_{пр i} \left(\frac{m_i}{t_{шт i}} - \frac{m_{i+1}}{t_{шт i+1}} \right) \quad (3.2)$$

где $t_{пр i}$ – промежуток времени, за который определяется изменение задела между операциями;

m_i , m_{i+1} – количество работающих станков соответственно на предыдущей и последующих операциях в данный период времени;

$t_{шт i}$, $t_{шт i+1}$ – штучное время на соответствующих операциях. Знак «-» указывает на то, что в данный промежуток времени задел расходуется (уменьшается), а знак «+» — что он создается (увеличивается) до рассчитанной величины.

Для облегчения расчета оборотного задела строят график изменения заделов между операциями на период обслуживания линии (рис. 3.6).

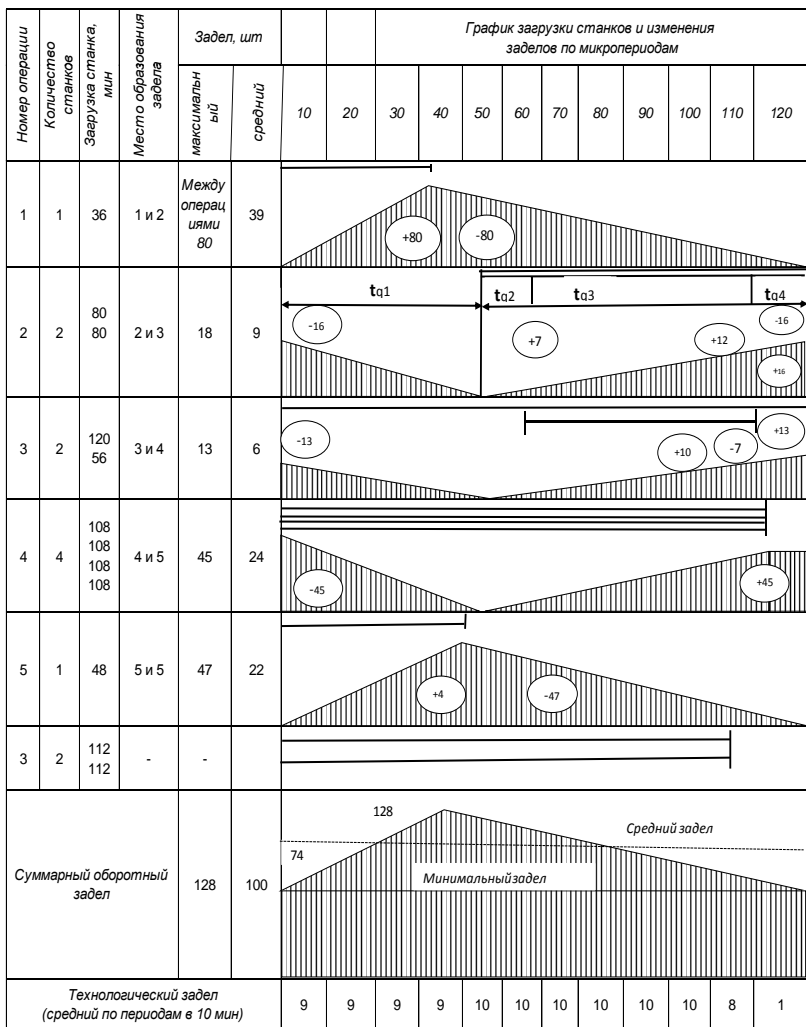


Рис. 3.6. График изменения оборотных заделов на прерывно-поточной линии

Изменение суммарного внутрилинейного оборотного задела по периодам зависит от сочетания операций во времени и производительности первой и последней операций на линии. Поэтому его величина на любой момент определится как суммарный задел по всем операциям на начало

периода ($Z_{об,н}$) плюс его изменение, вытекающее из сочетания времени этих операций:

$$Z_{об} = Z_{об,н} + t_{ср\ i} \left(\frac{m_1}{t_{шт\ 1}} - \frac{m_n}{t_{шт\ n}} \right)$$

где m_1, m_n – количество работающих станков соответственно на первой и последней операции в период $t_{ср\ 1}, t_{шт\ i}, t_{шт\ n}$ – соответствующее штучное время обработки, мин.

Средняя величина заделов между каждой парой смежных операций может быть определена по формуле

$$\bar{Z}_{об} = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_{н\ i} + Z_{к\ i}) t_{ср\ i}}{2T_{об}} \quad (3.3)$$

где n – количество периодов, за которые определяется задел;

$Z_{н\ i}, Z_{к\ i}$ – величина межоперационных заделов соответственно на начало и конец i -го периода изменения заделов;

$t_{ср\ i}$ – то же значение, что и в формуле (3.2); при этом $\sum t_{ср\ i} = T_{об}$.

Величина среднего технологического задела на линии

$$\bar{Z}_T = \frac{\sum_{i=1}^{k_{оп}} t_{шт\ i}}{r},$$

где $k_{оп}$ — количество операций в технологическом процессе.

Транспортный межоперационный задел на прерывно-поточных линиях образуется лишь при периодическом партионном перемещении предметов труда. Если линия оборудована для перемещения деталей с операции на операцию бесприводными транспортными средствами, основанными на гравитационном принципе (наклонные скаты, желоба, склизы, рольганги, спуски и др.), передача деталей производится поштучно и транспортный задел практически отсутствует. В этом случае он совмещается с оборотным, который может находиться непосредственно на транспортных средствах.

Однако в ряде случаев, особенно при обработке мелких деталей или деталей, которые могут быть повреждены при передаче поштучно по склизам, скатам и на другом подобном транспорте, перемещение их от операции к операции производится партиями в специальных приспособлениях (поддонах, тележках, подставках, контейнерах, лотках, «елочках» и т.п.). Такие приспособления не только предотвращают повреждение деталей, но и уменьшают затраты вспомогательного времени на последующей операции, так как детали находятся в удобном положении для снятия. Обычно эти приспособления являются одновременно и местом хранения задела перед последующей операцией. Станочник снимает очередную деталь перед обработкой с одного транспортного средства и после обработки помещает ее на другое для передачи на следующую операцию.

Характер движения заделов между операциями при партионной транспортировке меняется. На каждой операции в заделе находятся как детали перед обработкой, так и детали после нее в ожидании комплектования транспортной партии. На рис. 3.7 приведен график движения межоперационных заделов при размере транспортной партии в 40 деталей. Как видно из графика, максимальная и средняя величины заделов при партионной транспортировке как между операциями, так и в целом на линии значительно возрастают.

Аналитический расчет заделов несколько усложняется: необходимо определять величину заделов не только по периодам работы смежных рабочих мест, но и по периодам транспортировки.

Удобнее всего начать определение общего задела между операциями с момента передачи первой транспортной партии, когда он равен величине этой партии P_{tr} . В следующий период задел определится по формуле:

$$Z_{об} = p_{tr} + t_{ср i} \left(\frac{m_i}{t_{шт i}} - \frac{m_{i+1}}{t_{шт i+1}} \right). \quad (3.4)$$

В любой последующий период

$$Z_{об} = Z_n + t_{ср i} \left(\frac{m_i}{t_{шт i}} - \frac{m_{i+1}}{t_{шт i+1}} \right), \quad (3.5)$$

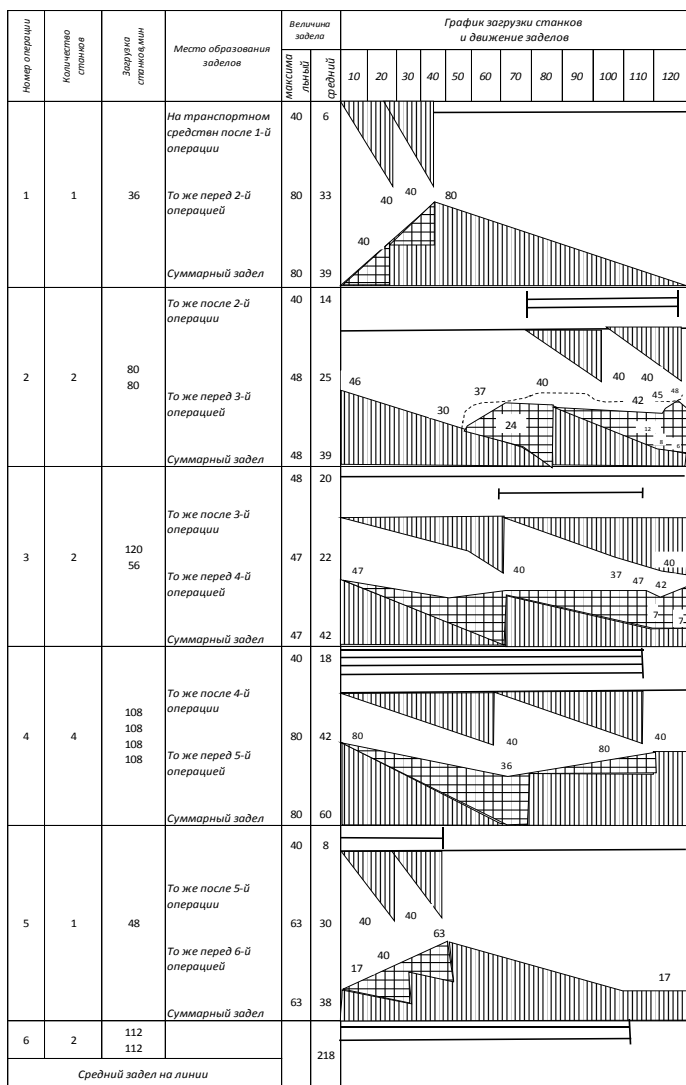


Рис. 3.7. График изменения межоперационных заделов на прерывно-поточной линии при перемещении предметов транспортными партиями (сплошными линиями показано изменение заделов до и после обработки деталей, штриховыми — динамика движения общего задела (оборотный + транспортный))

где Z_n — общая величина задела на начало рассматриваемого периода $t_{\text{ср}i}$.

Средняя величина задела между операциями определяется по формуле (3.3).

Межлинейные (межучастковые или межцеховые) заделы состоят из трех элементов — оборотных, транспортных, страховых.

Оборотные межлинейные заделы между однопредметными линиями создаются:

1) при различной производительности, а следовательно, и сменности работы смежных линий (участков). Этот задел возникает после более производительной линии перед менее производительной, если первая является предыдущей по ходу технологического процесса, или, наоборот, создается перед такой линией к началу ее работы, если предыдущей линией является менее производительная. В этом случае величина задела

$$Z_{\text{об.мл}} = N_{\text{сут}} \left(\frac{r_6 - r_m}{r} \right), \quad (3.6)$$

где $N_{\text{сут}}$ — дневное (суточное) задание по выпуску деталей; r_m , r_6 — такты соответственно менее и более производительной линий;

2) при несовпадении ритмов выпуска на последней операции предыдущей линии и запуска на первой операции последующей, при одинаковом среднем такте сменных прерывно-поточных линий (r_l). В этом случае максимальная величина оборотного задела между линиями

$$Z_{\text{об.мл}} = T_{\text{об}} \left(\frac{r_6 - r_m}{r_l} \right),$$

где $T_{\text{об}}$ — период оборота (обслуживания) линий.

Транспортный задел включает все детали определенного наименования, находящиеся в процессе перемещения между линиями, участками и цехами. Его величина при непрерывной транспортировке определяется по формуле (3.6).

При периодической транспортировке величина задела

$$Z_{\text{тр}} = R_{\text{тр}} / r,$$

где $R_{тр}$ — периодичность транспортировки, мин. Этот задел может быть совмещен с оборотным, и тогда движение межлинейных заделов будет аналогично движению внутрилинейных, межоперационных (см. рис. 3.7). Общая величина их определится по формулам (3.4) и (3.5).

Страховой (резервный) задел создается для обеспечения бесперебойной работы потребляющей линии (участка) на случай возможных отклонений в подаче деталей (заготовок) с предыдущей линии из-за различных причин (поломок, внеплановых наладок оборудования, обнаружения брака и др.). Его величина может быть установлена на основе обработки статистических данных вероятностными методами исходя из достигнутой степени ритмичности, сложности наладки и ремонта оборудования, цикла изготовления деталей и т.д. Чем меньше первый показатель и выше остальные, тем больше заделы, и наоборот. Кроме того, большое влияние на размер страхового задела оказывает стоимость детали. Чем она выше, тем при прочих равных условиях меньше задел. По опыту ряда заводов этот задел устанавливается в размере от одной до четырехкратной потребности потребляющей линии, а после автоматических линий (принимая во внимание сложность их наладки и ремонта) — от трех- до пятидневной потребности в деталях на потребляющей линии. При высокой надежности оборудования или уменьшении времени наладки до минимума и при работе по методу «точно вовремя» страховые заделы могут отсутствовать или снижаются до минимума.

3.3. Календарно-плановые нормативы многопредметных линий

Многопредметные поточные линии с последовательным чередованием объектов производства на время обработки предметов (деталей) определенного наименования являются однопредметными (непрерывными или прерывными). Календарно-плановые нормативы и стандарт-планы их работы по обработке деталей каждого наименования разрабатываются по методам, изложенным в § 3.2.

Для организации работы таких линий по графику необходимо прежде всего решить следующие задачи:

- 1) определить оптимальные размеры партий обработки закрепленных деталей, чтобы обеспечить бесперебойную подачу их на сборку или на последующие операции с минимальными суммарными затратами на изготовление и хранение;

2) установить период полного оборота линии, т.е. период, в течение которого должно полностью повторяться изготовление всех закрепленных деталей на линии;

3) определить оптимальную последовательность чередования объектов производства, т.е. порядок переналадки линии с детали на деталь, чтобы обеспечить минимальные суммарные потери времени на наладки;

4) разработать стандартный план-график работы линии на весь период ее оборота и график движения межлинейных заделов.

Первые два параметра (показателя) работы линии взаимосвязаны, поскольку размер партии обработки

$$n = T_{\text{об}} d; \quad (3.7)$$

где $T_{\text{об}}$ – период полного оборота линии, в течение которого изготавливается вся номенклатура закрепленных деталей, дн., $T_{\text{об}} = n/d$;

d – среднедневной расход деталей на сборке или на последующих операциях.

Поэтому для определения периода оборота необходимо прежде всего определить оптимальные размеры партии обработки деталей каждого наименования.

В отличие от серийного производства, где движение партий различных деталей в производственном процессе их изготовления осуществляется независимо друг от друга, на переменнo-поточных линиях они обрабатываются поочередно, т.е. в данный момент обрабатываются детали только одного наименования, а за весь период оборота будут последовательно обработаны детали всех закрепленных за линией наименований. Поэтому за период полного оборота линии по каждой детали должна быть осуществлена одна ее перестройка, а общее количество переналадок должно соответствовать количеству закрепленных наименований деталей. Только при таком условии будут обеспечены минимальные затраты времени и средств, связанные с переналадкой, поскольку всякая дополнительная перестройка требует удвоенных расходов. Из этого условия логически вытекает, что период изготовления каждой из закрепленных деталей $T_1 = T_2 = \dots T_{kд} = T_{\text{об}}$, а из формулы (3.7) следует, что

$$\frac{n_1}{d_1} = \frac{n_2}{d_2} = \dots \frac{n_i}{d_i} = \dots \frac{n_{kд}}{d_{kд}}.$$

Отсюда $n_1 d_i / d_1$. Введя обозначение d_i / d_1 получим

$$n_i = a_i n_1. \quad (3.8)$$

Общие затраты на переналадки оборудования линии за год

$$H_{\text{л}} = \frac{N_1}{n_1} \sum_{i=1}^{k_d} S_{\text{нал } i}, \quad (3.9)$$

где k_d – общее количество закрепленных за линией деталей;

$S_{\text{нал } i}$ – затраты на переналадку линии при переходе к обработке i -й детали, включая стоимость простоя линии и рабочих.

Затраты, связанные с наличием и хранением задела, приближенно определяются по формуле:

$$З = \beta \left[\frac{n_1 C_1}{2} \left(\frac{p_1 - d_1}{p_1} \right) + \frac{n_2 C_2}{2} \left(\frac{p_2 - d_2}{p_2} \right) + \dots + \frac{n_{k_d} C_{k_d}}{2} \left(\frac{p_{k_d} - d_{k_d}}{p_{k_d}} \right) \right] \quad (3.10)$$

где β – коэффициент, учитывающий расходы, связанные с нахождением и хранением детали в оборотном заделе, в долях от ее себестоимости;

C_i – себестоимость i -й детали;

p_i – дневная производительность линии при обработке i -х деталей;

d_i – среднедневной темп потребления i -х деталей на сборке или на последующих операциях ($i = 1, \dots, n$).

Подставив значения n_i по формуле (3.8), получим

$$З = \frac{\beta n_1 \sum_{i=1}^k a_i C_i}{2} \left(\frac{p_i - d_i}{p_i} \right).$$

Складывая выражения (3.9) и (3.10) и дифференцируя по n_1 имеем

$$n_1 = \sqrt{\frac{2N_1 \sum_{i=1}^{k_d} S_{\text{нал}i}}{\beta \sum_{i=1}^{k_d} a_i C_i} \sum_{i=1}^{k_d} \left(\frac{p_i}{p_i - d_i} \right)}. \quad (3.11)$$

Размер партии любых других деталей получим из выражения (3.8). Разделив обе части выражения (3.11) на d_1 , получим

$$T_{\text{об}} = \sqrt{\frac{2N_1 \sum_{i=1}^{k_d} S_{\text{нал}i}}{d_1^2 \beta \sum_{i=1}^{k_d} a_i C_{\text{д}i}} \sum_{i=1}^{k_d} \left(\frac{p_i}{p_i - d_i} \right)}. \quad (3.12)$$

Но поскольку i^{\wedge}/r_i^{\wedge} – это количество рабочих дней в году (при 8-часовом рабочем дне – около 250), формулу (3.12) можно представить в упрощенном виде:

$$T_{\text{об}} = 22,5 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k_d} S_{\text{нал}i}}{d_1 \beta \sum_{i=1}^{k_d} a_i C_i} \sum_{i=1}^{k_d} \left(\frac{p_i}{p_i - d_i} \right)}. \quad (3.13)$$

Полученный по формулам (3.12) и (3.13) период полного оборота линии должен быть скорректирован так, чтобы он был кратен плановому периоду времени, принятому в оперативном планировании.

Исходным плановым периодом в ОКП является месяц, поэтому, казалось бы, в качестве нормативного периода оборота переменнo-поточной линии должна приниматься величина, равная или кратная месяцу. Однако колебание числа рабочих дней в месяце от 20 до 23 и некрatность его основному организационному периоду времени, в течение которого осуществляется трудовой цикл рабочей недели, не позволяет составить стандартный график на месяц. В этом случае

смену объектов пришлось бы осуществлять по индивидуальному графику, составляемому на каждый месяц, в результате чего неизбежно увеличится число перестроек и переналадок, приходящихся на рабочее время. Учитывая это обстоятельство, в качестве стандартного периода полного оборота линии принимают четырех- или двухнедельный промежуток времени. Такой плановый период позволяет:

- обеспечить стандартное чередование объектов производства, так как каждый новый период будет начинаться изготовлением одних и тех же деталей;
- использовать два выходных дня хотя бы для одной из наиболее трудоемких перестроек линии и тем самым увеличить фонд времени ее работы;
- максимально использовать эффект приноровления и психологический эффект ритмичности труда, поскольку начинать изготовление деталей данного наименования после каждой перестройки линии всегда будут одни и те же бригады;
- увязать организацию и планирование работы линии с недельным планированием.

Скорректированный таким образом период полного оборота переменнo-поточной линии должен быть принят и утвержден в качестве стандартного, изменение которого допускается в исключительных случаях. На основании утвержденного периода оборота линии окончательно уточняются размеры партии по формуле (3.7).

Оптимальная последовательность чередования объектов производства, т.е. порядок перестройки линии с одной детали на другую, должна обеспечить минимальные общие потери рабочего времени на ее переналадки.

Если время наладки при перестройке линии с одной детали на любую другую одинаково, т.е. остается постоянным, очередность запуска не влияет на общие затраты времени и поэтому не имеет значения. Однако в ряде случаев при переходе линии на обработку деталей, схожих по конструкции и габаритам, может потребоваться различное время наладки оборудования и приспособлений. В этом случае время наладки станков линии на деталь определенного наименования будет зависеть от того, какая деталь обрабатывалась на линии непосредственно перед ее перестройкой. В табл. 3.1 в качестве примера приведены данные, характеризующие отмеченную ситуацию.

Если запускать детали в производство в порядке их номеров, то общее

время на наладку за весь период оборота составит

$$12 + 4 + 10 + 6 = 32 \text{ ч.}$$

Если перебрать все варианты очередности запуска, а их будет $k_d!$, т.е. $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$, можно выбрать более эффективную очередность смены объектов, а именно: 3—2—4—1, при которой общее время на наладку составит $4 + 5 + 6 + 7 = 22$ ч, т.е. на 10 ч меньше.

Таблица 3.1

Затраты времени на наладку переменного-поточной линии при переходе к обработке разных деталей, ч

Номер предыдущей детали	Номер последующей детали			
	1	2	3	4
1	X	12	7	6
2	12	X	4	5
3	7	4	X	10
4	6	5	10	X

Решая задачу при небольшом числе закрепленных деталей (а их число редко превышает 3-5), можно обойтись и без применения специальных математических методов. Из табл. 3.1 видно, что минимальные затраты времени на перестройки обеспечивает очередность изготовления деталей 2 и 3 или 3 и 2. Поскольку далее минимальное время дает сочетание 2-4 или 4-2, а не 3-4, то выбираем последовательность 3-2-4-1.

При большом числе закрепленных деталей на линии количество вариантов запуска резко увеличивается (например, при $k_d = 10$ число вариантов равно $10! = 3\,628\,800$). Для решения в общем виде требуется применение специальных математических методов. Наиболее подходящим методом решения является алгоритм «задачи коммивояжера».

При разработке стандарт-плана переменного-поточной линии на период ее оборота необходимо запланировать наиболее сложную и длительную по времени наладку на выходные дни (в нашем примере это наладка линии на обработку третьей детали), что сокращает потери рабочего времени на эти цели.

Разработка графика движения межлинейных оборотных заделов

требует учета того обстоятельства, что готовые детали после выполнения последней операции используются более или менее равномерно в размере среднесуточной потребности, поэтому общая (суммарная) величина задела ежесуточно увеличивается в меньшей степени, чем изготовление деталей на линии (рис. 3.8).

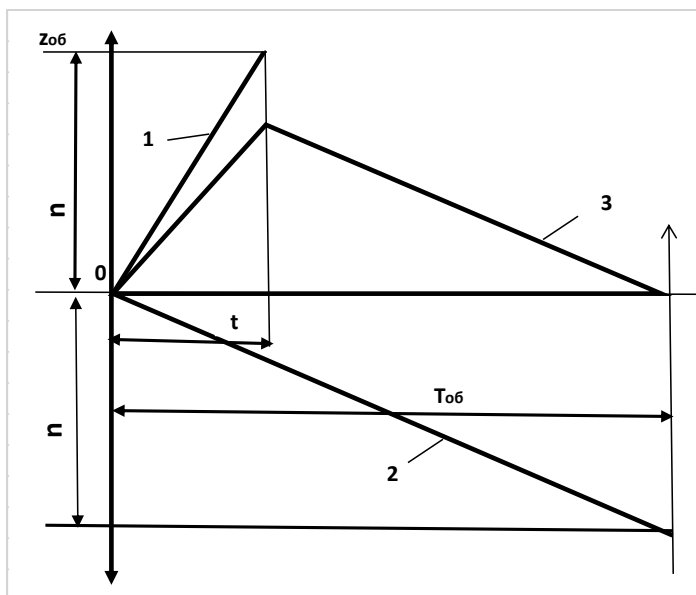


Рис. 3.8. Схема изменения величины оборотного задела по детали при обработке на переменнo-поточной линии и равномерном потреблении деталей: 1— изменение количества деталей, обработанных за время $t_{обр}$; 2 — изменение количества деталей, потребленных за период полного оборота линии $T_{об}$; 3— изменение количества деталей в оборотном заделе; n — размер партии

Для большей наглядности, упрощения графика и контроля желательно величину задела указывать не в количестве деталей, а в днях обеспеченности ими. Тогда задел по всем деталям будет иметь один измеритель. Пример стандарт-плана работы линии за период полного оборота и графика движения заделов приведен на рис. 3.9.

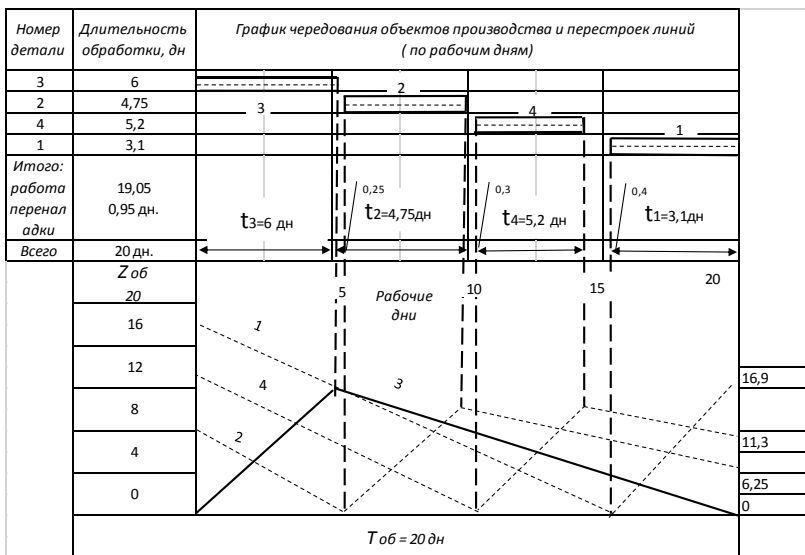


Рис. 3.9. Стандарт-план работы (а) и график движения суммарных оборотных заделов (б) на линии с последовательным чередованием объектов при наличии переходящих заделов в пределах нормативов (цифры в скобках — нормативный переходящий задел деталей в днях потребления)

В случае, когда фактический переходящий задел (начало периода оборота линии) ниже нормативного, очередность переналадок определяется исходя из задачи обеспечения бесперебойной подачи деталей на сборку, поэтому в первую очередь запускаются детали, имеющие наименьшую величину задела. Количество переналадок и потери рабочего времени на их выполнение значительно увеличиваются. При этом недостаточная величина (по сравнению с нормативной) переходящего задела отрицательно отражается на организации работы линии.

Максимальный межлинейный оборотный задел по детали i -го наименования при равномерном потреблении составит

$$Z_{\max} = d_i (T_{\text{об}} - t_{\text{обр } i}) \quad (3.14)$$

где d_i — среднее потребление i -й детали на сборке или на последующих операциях; $t_{\text{обр } i}$ — длительность обработки партии.

Соответственно средний задел

$$Z_{\text{ср } i} = \frac{d_i}{2} (T_{\text{об}} - t_{\text{обр } i}). \quad (3.15)$$

Общий средний суммарный оборотный задел по всем деталям составит:

$$\sum_{i=1}^{k_d} Z_{\text{ср } i} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{k_d} d_i (T_{\text{об}} - t_{\text{обр } i}). \quad (3.16)$$

Формулы (3.15), (3.16) можно использовать и для определения величины оборотных заделов перед переменнo-поточной линией,

Как видно из рис. 3.9 и формул (3.14) – (3.16), в случае больших затрат времени на переналадку оборудования многопредметной линии заделы достигают значительной величины. При снижении этих затрат до минимума заделы также снижаются до минимальной величины. При этом при одинаковом времени переналадки с детали на деталь очередность их обработки не имеет значения. И при снижении затрат времени на переналадку до минимума создается возможность организовывать работу линии по принципу «точно вовремя», а переналадку линии производить по методу «в одно касание», как это делают на «Тойоте». Суть этого метода заключается в том, что переналадку осуществляют последовательно в течение такта потока, не останавливая станки на других операциях (рис. 3.10).

Как видно из рис. 3.10, четыре станка (1, 2, 3, 4) на линии обслуживает один рабочий, который обрабатывает в настоящий момент изделие *A*, а затем должен начать обработку изделия *B*. Рабочий в этой ситуации не будет проводить переналадку всех станков после завершения операций по изготовлению изделия *A*. Такой подход требует дополнительных затрат времени. Вместо этого рабочий должен начать процесс изготовления изделия *B* в то время, когда еще продолжается работа над деталью *A*. За время такта потока рабочий успевает на каждом станке совершить операции только с одним изделием. Поэтому, когда на первом станке заканчивается обработка последнего изделия *A*, он останавливается и сразу производит переналадку станка на изготовление изделия *B*. При этом переналадка производится в интервале такта потока, благодаря чему за время переналадки «в одно касание» будет

дополнительно обработано 12 деталей (по сравнению с обычной переналадкой).

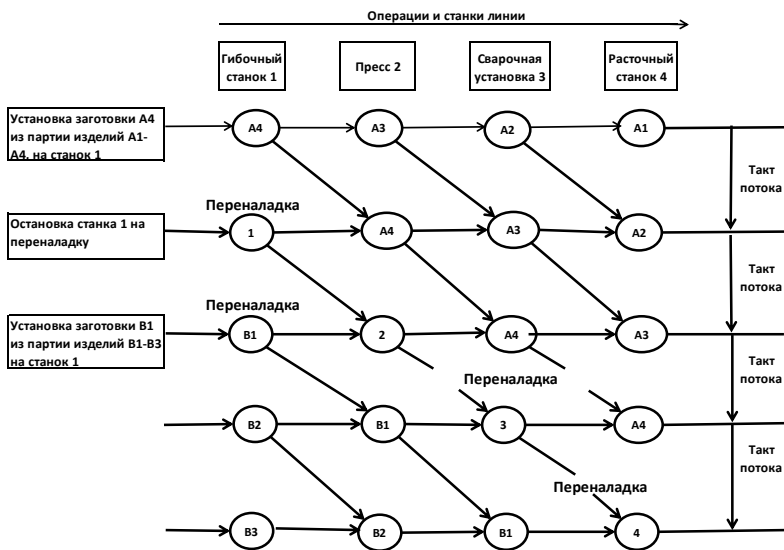


Рис. 3.10. Схема переналадки линии «в одно касание»

Преимущество такого метода переналадки состоит в сокращении времени простоя оборудования и увеличении выпуска продукции.

Стандарт-план многопредметной непрерывной групповой непереналаживаемой поточной линии составляют так же, как и для однопредметной (рис. 3.11).

Величина задела по определенной детали может быть рассчитана по соответствующим формулам (см. § 3.2). При этом в задел включаются все детали группы, подаваемые на рабочее место, хотя не обрабатываемые на нем.

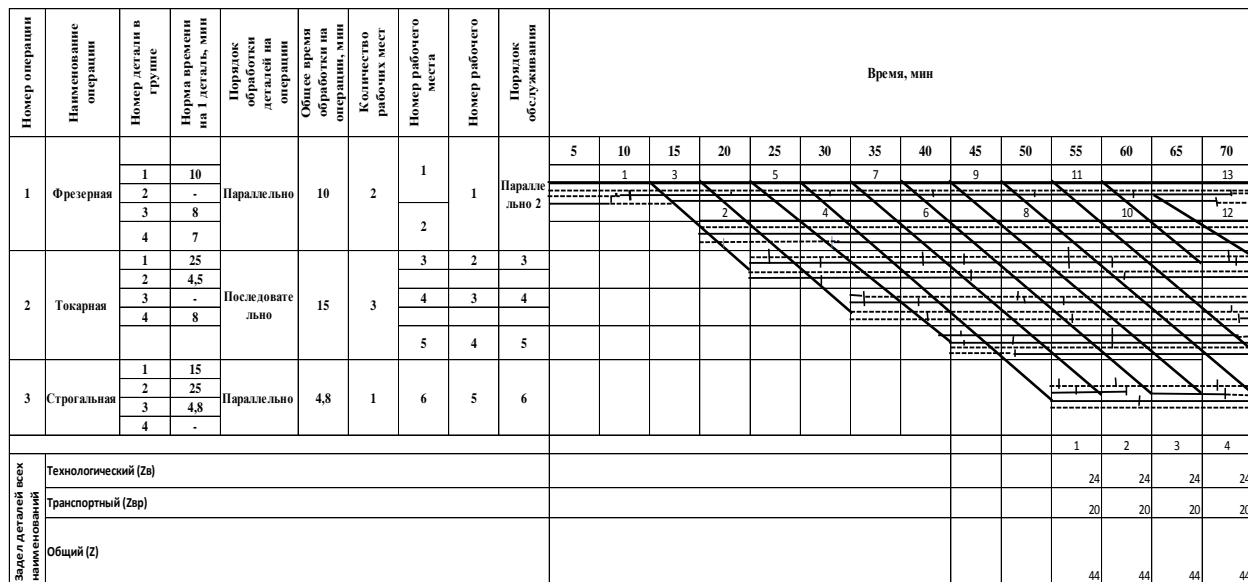
Суммарный технологический задел по всем деталям и операциям

$$\sum_{j=1}^{k_d} Z_{Tj} = \sum_{j=1}^{k_d} p_j \sum_{i=1}^{k_d} m_{\text{прин } i},$$

где k_d — количество наименований деталей в группе;

p_j — количество деталей данного наименования в группе;

$m_{\text{прин}i}$ — количество станков на i -й операции.



— время обработки детали на операции

- - - - - время пролёживания

1...13 порядковые номера групп деталей

Рис. 3.11. Стандарт-план работы многопредметной групповой непрерывной поточной линии (t=5 мин)

Величина суммарного транспортного задела при передаче деталей группами на непрерывном распределительном конвейере

$$\sum_{j=1}^{k_d} Z_{\text{тр } j} = (L/l - 1) \sum_{j=1}^{k_d} p_j \quad \text{или} \quad \sum_{j=1}^{k_d} Z_{\text{тр } j} = \left(\sum_{j=1}^{k_d} m_{\text{прини}} - 1 \right) \sum_{j=1}^{k_d} p_j .$$

При разработке стандарт-планов многопредметных групповых прерывных поточных линий с партионным чередованием объектов производства необходимо прежде всего округлить рассчитанные размеры партий деталей, закрепленных за линией, до величин, равных или кратных сменному либо дневному заданию. Только в этом случае можно обеспечить стандартность и ритмичность процесса и строгую повторяемость выпуска деталей. Пример такой корректировки (округления) партии приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Расчет загрузки оборудования групповой поточной линии
с партионным чередованием объектов (расчетная партия деталей
160 шт., длительность рабочей смены 480 мин)

Номер операции	Штучное время, обработки по деталям, мин				Суммарное время на обработку одного комплекта деталей, мин
	А	Б	В	Г	
1	2	3	4	5	6
1	1,2	4,8	3,6	-	9,6
2	2,3	4,8	4,5	7,3	18,9
3	1,3	1,2	-	2,2	4,7
4	3,6	-	2,5	3,3	9,4
5	-	2,1	1,2	1,1	4,4
Принятое количество станков	Загрузка, %	Загрузка оборудования при обработке партий			
		расчетных, 160 шт.		скорректированных, 200	
		мин	станко-смен	мин	станко-смен
7	8	9	10	11	12

1	100 97,0	1536	3,2	960	2
2	49,0 98,4	3120	3,2	1890	1,97
1	45,8	752	1,56	470	0,98
1		1504	3,2	940	1,96
1		704	1,47	440	0,93

Для обеспечения непрерывной обработки деталей на каждом рабочем месте необходимо строго согласовать время начала и окончания обработки деталей определенного наименования, что достигается правильным определением очередности запуска партий деталей и согласованием загрузки взаимосвязанных рабочих мест. При небольшом числе деталей, закрепленных за линией, это можно сделать без применения специальных математических методов, графически. Для решения задачи необходимо в первую очередь запускать в производство партию деталей, длительность обработки которых на последующих операциях увеличивается или по крайней мере остается постоянной. Это не потребует смещения начала обработки на последующих операциях по сравнению с началом на предыдущей (для упрощения задачи предполагается, что при равенстве штучных времен на смежных рабочих местах обработка партии деталей на них может быть начата и окончена одновременно). Так, партия деталей *A* может обрабатываться на 1, 2, 3, 4-й операциях без смещения начала обработки на последующих операциях.

Если длительность обработки на 1-й операции больше, чем на последующей, то начало обработки на ней сдвигается на величину

$$T_{\text{сд}} = \Sigma t_{\text{пред}} - \Sigma t_{\text{посл}},$$

где $\Sigma t_{\text{пред}}$, $\Sigma t_{\text{посл}}$ – время обработки партии соответственно на предыдущей и последующих операциях.

Так, начало обработки партии деталей *Г*, т.е. $T_{\text{сд}}$ на 3-й операции, по сравнению со второй должно быть сдвинуто на 510 мин (730 - 220), чтобы обработка ее была закончена на обоих рабочих местах одновременно.

Поскольку на каждом рабочем месте предусматривается непрерывная обработка партии, необходимо время начала и окончания обработки данной детали увязать со всеми другими. Поэтому следует учитывать смещение не только данной, но и других деталей. Так, в связи с тем, что партия деталей *A* должна обрабатываться на 3-й операции без перерыва перед обработкой деталей других партий (*Г* и *Б*), смещение начала ее

обработки после начала 2-й операции должно составить 610 мин:

$$T_{\text{сд А}} = \Sigma t_{\text{А}} + T_{\text{сд Г}} = 230 + 510 - 130 = 610.$$

Стандарт-план работы групповой поточной линии по обработке партий деталей, данные которой приведены в табл. 3.2, показан на рис. 3.12. Период оборота линии по запуску принят равным двум сменам, или 960 мин.

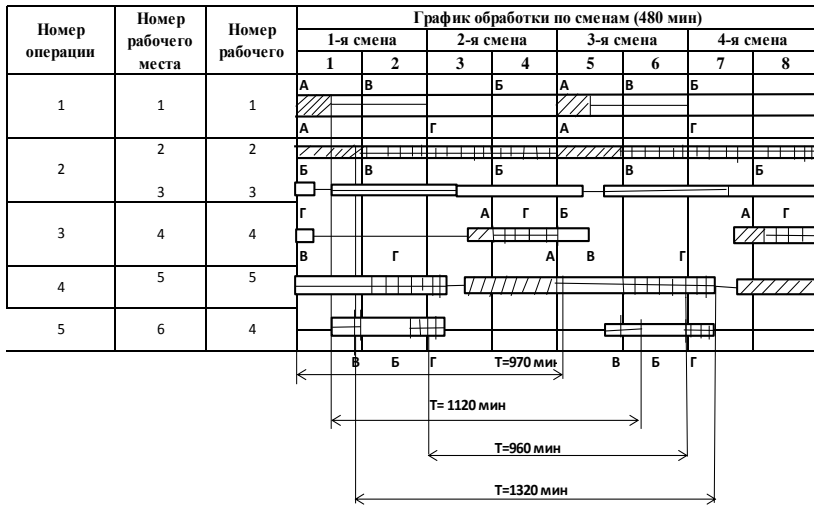


Рис. 3.12. Стандарт-план работы групповой поточной линии с партионным чередованием объектов производства

Величина линейных (цикловых) заделов определяется так же, как и в серийном производстве. В частности, среднее количество деталей партии G , находящихся в заделе, составит:

$$Z_{\text{ц Г}} = n \frac{T_{\text{ц Г}}}{R} = 100 \cdot \frac{1320}{960} = 138 \text{ шт.}$$

Общее же среднее количество деталей, находящихся в заделе на линии, определится выражением

$$Z_{ц\text{ общ}} \sum_{j=1}^{k_d} Z_{ц\ j} = \frac{1}{R} \sum_{j=1}^{k_d} n_j T_{ц\ j}.$$

При закреплении за групповой линией большого количества наименований деталей и при большом числе рабочих мест разработка стандарт-плана ее работы и определение очередности запуска обычным методом затруднительны, поскольку число вариантов увеличивается в большой степени. Поэтому необходимо применять специальные методы математического моделирования.

3.4. Система «только по заказу»

В предыдущих темах говорилось о системе, при которой текущий контроль и регулирование производства между смежными цехами и участками осуществляются непосредственно снизу по принципу вытягивания. Эту систему в американской литературе принято называть «точно вовремя». Наиболее глубоко подобная система разработана и широко внедрена в производство на предприятиях автомобильного концерна "Тойота", где она получила название «Канбан».

Профессор Н.С. Сачко считает, что ни американское, ни японское название для русскоязычной трактовки не подходит: американское неточно отражает суть системы, так как даже теоретически невозможно изготовить детали к определенному сроку, т.е. «точно вовремя», без предварительного заказа, который является центральным элементом этой системы, к тому же в карточках даже не указывается время; японское название *нельзя* принять хотя *бы* потому, что в переводе на русский «Канбан» означает просто «карточка», а это ничего не говорит о содержании системы. Кстати, в Японии термин «канбан» используется в основном в корпорации «Тойота». Например, фирма «Ниссан», применяя такую же систему, называет ее «метод табличек действий АРМ» (от англ. Action plate method). Поэтому данную систему по-русски следует называть «*только по заказу*» (ТПЗ), что наиболее точно отражает ее суть (это видно из последующей характеристики).

Суть системы ТПЗ в том понимании, в каком она применяется на «Тойоте», состоит в том, что оперативное планирование, контроль и ре-

гулирование производства в предыдущем цехе и на предыдущем участке осуществляются по заказам на изготовление деталей со стороны потребителей, т.е. со стороны последующих цехов и участков. При этом основными информационными документами системы являются карточки двух типов: карточка заказа и карточка отбора. Первая выдается заказчиком на предшествующий участок производства и находится там как основание для обработки затребованного количества деталей. В ней указывается наименование и номер детали, участок, который ее обрабатывает, и место хранения готовой детали на складе предшествующего участка. Она прикрепляется к контейнеру, в котором хранятся детали.

Вторая карточка постоянно находится у заказчика, т.е. на последующем участке, и служит основанием для получения у изготовителя заказанного ранее количества деталей. Она содержит те же реквизиты, что и первая, но дополнительно указаны наименование предшествующего и последующего участков, тип тары и ее вместимость.

Эти карточки постоянно сопровождают движение деталей на предыдущем участке по всем операциям обработки вплоть до сдачи готовых деталей на склад и на последующем вплоть до их передачи на дальнейшую обработку (рис. 3.12).

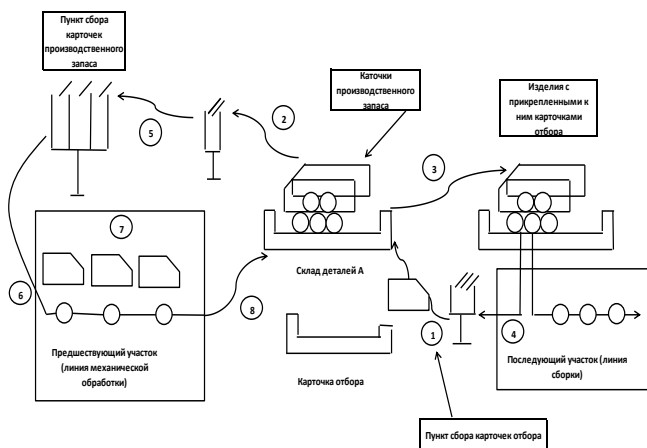


Рис. 3.12. Движение карточек заказа и отбора

Такое движение карточек должно быть непрерывным на всех стадиях производственного процесса изготовления машины (рис. 3.13). В результате каждый производственный участок получает все необходимые детали в нужное время в заказанном количестве, и таким образом будет воплощен в жизнь идеальный вариант системы ТПЗ (рис. 3.14). Из рис. 3.14 видно, что водитель погрузчика с последующего участка с пустыми контейнерами и карточками отбора направляется на склад предыдущего участка к месту хранения необходимых деталей. Забирая их, он снимает карточки заказа, прикрепленные к каждому контейнеру с готовыми деталями, и оставляет на пункте сбора карточек заказа. А вместо снятых карточек заказа к каждому контейнеру прикрепляет привезенные карточки отбора, которые затем снимаются с контейнеров по мере передачи привезенных деталей на дальнейшую обработку и собираются в пунктах сбора на предшествующем участке.

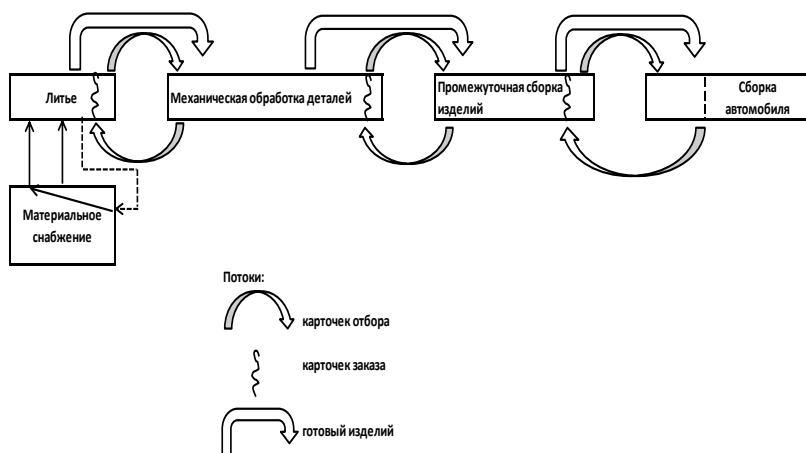


Рис. 3.13. Кругооборот карточек заказа и отбора изделий

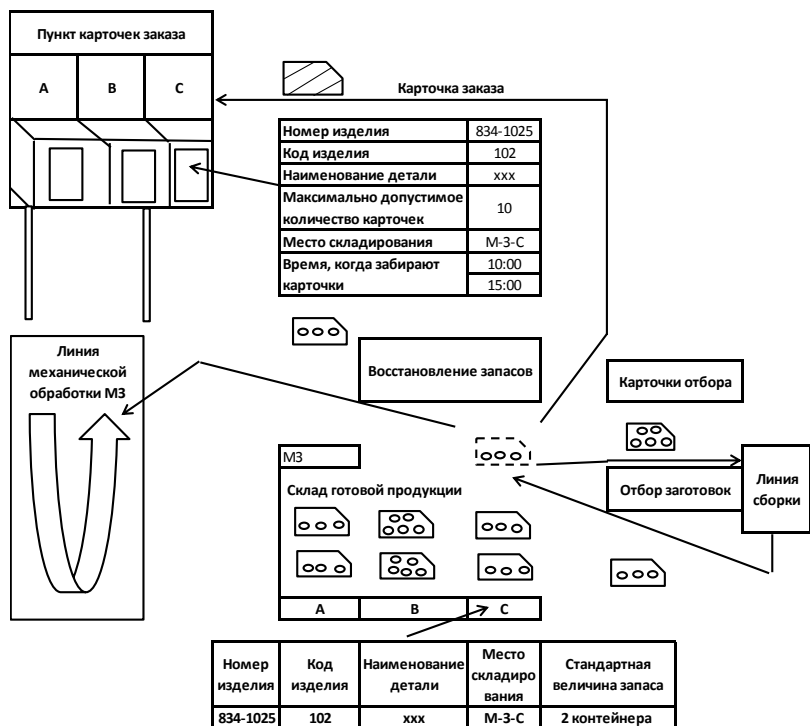


Рис. 3.14. Пример использования карточек в работе двух смежных участков производства

Карточки заказа передаются на рабочие места в порядке поступления и сопровождают детали до места складирования, будучи прикрепленными к контейнеру.

На «Тойоте» разработаны четкие правила движения карточек как документов, с помощью которых организуется процесс обработки следующей партии деталей. Важнейшими из этих правил являются следующие:

- любое перемещение заготовок и деталей без карточек запрещается;
- количество карточек не должно превышать количества заказанных партий;
- изготовление продукции на предшествующих участках сверх зака-

занного запрещается;

- поступление бракованной продукции на последующий участок запрещается;
- количество карточек должно быть минимальным, так как оно отражает максимальный запас;
- карточки должны использоваться для адаптации производства к небольшим изменениям спроса.

При использовании карточек «Канбан» отпадает необходимость в централизованной разработке подетально-почасового плана-графика и наблюдения за его выполнением. Такой план-график разрабатывается только для сборочного конвейера, и его выполнение контролируется производственным отделом в реальном времени.

Все это, несомненно, упрощает оперативное управление производством и повышает его действенность, однако внедрение системы ТПЗ требует предварительного осуществления ряда мероприятий и соблюдения производственной дисциплины, без чего система не сможет начать действовать. В частности, необходимо: заранее рассчитать все календарно-плановые нормативы для каждого цеха и участка и согласовать во времени их работу; по методу выталкивания изготовить минимально необходимое количество заготовок, деталей, узлов, т.е. «материализовать» эти нормативы в виде заделов, запасов и др., чтобы на межцеховых и промежуточных складах их было достаточно для того, чтобы выдать на последующий участок по первому требованию (заказу).

Другими словами, необходимо заранее заполнить все каналы производства овеществленными календарно-плановыми нормативами, т.е. заделами, и снять их с учета, как это делается в случае применения системы УМК, что свидетельствует об определенной взаимосвязи этих систем. Иначе заказ последнего (сборочного) цеха на детали будет выполнен не сразу, а через длительное время (от получения заготовок в первом по ходу процесса цехе до окончания сборки узлов на предшествующих участках), определяемое величиной общего опережения. Об эффективности организации производства на предприятиях «Тойоты» по системе ТПЗ свидетельствуют данные, приведенные в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Трудоемкость сборки автомобилей на главных сборочных конвейерах

Показатель	Страна			
	Япония («Тойота»)	США	Швеция	ФРГ
Количество рабочих	4300	3800	4700	9200
Суточный выпуск автомобилей, шт.	2700	1000	1000	3400
Затраты на сборку одного автомобиля,	1,6	3,8	4,7	2,7

Как видно из таблицы, работа по системе ТПЗ обеспечивает не только уменьшение заделов, но и значительное сокращение трудоемкости.

3.5. Разработка месячных календарных планов цехов и участков

Независимо от того, применяется на предприятии выталкивающая или вытягивающая система, необходимо разрабатывать месячный план работы для каждого цеха и его участков, определяющий номенклатуру и объем выпускаемой ими продукции. Такой план должен предусматривать решение следующих задач:

- 1) обеспечение выпуска машин в объеме программы текущего месяца;
- 2) выполнение плана поставок деталей и полуфабрикатов по кооперации и по запасным частям;
- 3) восполнение всех видов заделов заготовок, деталей и сборочных единиц до установленных норм;
- 4) обеспечение равномерной загрузки рабочих мест и ритмичного выпуска продукции в течение месяца, недели;
- 5) привязка стандарт-планов работы отдельных участков к календарному времени (неделе, суткам).

Основой для разработки месячных заданий всем цехам и участкам

является программа выпуска машин, устанавливаемая по годовому техпромфинплану или скорректированному заданию на месяц. Поэтому расчет программ цехов ведется по цепному методу в порядке, обратном ходу технологического процесса, начиная с последнего звена производственной цепи – сборочного цеха. Программа выпуска определенных деталей первого по ходу технологического процесса цеха является следствием программ всех последующих цехов.

Поскольку в массовом производстве номенклатура деталей невелика и устойчива в течение длительного времени, основной планово-учетной единицей в заготовительных и обрабатывающих цехах является деталь, а в сборочных цехах – сборочные единицы и машины.

Месячный объем выпуска деталей j -го наименования i -го по ходу технологического процесса цеха

$$N_{в\ ij} = N_{мес} k_{д\ j} + \sum_{k_{цех}}^{i+1} (Z_{цех\ ij}^{норм} - Z_{цех\ ij}^{факт}) + \sum_{k_{цех}-1}^{i+1} (Z_{ск\ j}^{норм} - Z_{ск\ j}^{факт}) + N_{зап\ j} + \\ + N_{кооп\ j} + \sum_{k_{цех}}^{i+1} N_{бр\ j},$$

а объем их запуска по тому же цеху

$$N_{з\ ij} = N_{мес} k_{д\ j} + \sum_{k_{цех}}^i (Z_{цех\ ij}^{норм} - Z_{цех\ ij}^{факт}) + \sum_{k_{цех}-1}^i (Z_{ск\ j}^{норм} - Z_{ск\ j}^{факт}) + N_{зап\ j} + N_{к\ j} + \\ + \sum_{k_{цех}}^{i+1} N_{бр\ j}.$$

Здесь $N_{мес}$ – месячная программа выпуска готовых машин, шт.;

$k_{д\ j}$ – количество деталей, идущих на одну машину (применяемость), шт./изд.;

$i = k_{цех}, k_{цех} - 1, k_{цех} - 2, \dots, 1$ – порядковый номер цеха по ходу технологического процесса изготовления и потребления деталей (заканчивается последним сборочным цехом $k_{цех}$;

$Z_{цех\ j}^{норм}, Z_{цех\ j}^{факт}$ – соответственно нормативный и фактический внутрицеховой (внутрилинейный) задел по деталям j -го наименования;

$Z_{ск\ j}^{норм}, Z_{ск\ j}^{факт}$ – соответственно нормативный и фактический складской задел между цехами i и $i + 1$ – месячный план поставки деталей соответственно по запасным частям и по кооперации;

$N_{зап\ j}, N_{кооп\ j}$ – месячный план поставки деталей соответственно по запасным частям и по кооперации;

$N_{бр\ j}$ – планируемое количество бракованных деталей.

Для предупреждения резких колебаний спроса на отдельные детали и узлы по дням месяца необходимо количество машин ($N_{маш}$) данной модификации, подлежащих выпуску в суточном разрезе, распределить так, чтобы каждый рабочий день с главного конвейера равномерно выпускались все модификации в одинаковом соотношении исходя из месячной программы. Так, если в месячной программе машины A занимают 40 %, B – 30, B – 20 и Γ – 10 %, то выпуск конкретных машин с главного конвейера за время цикла сборки всех машин должен осуществляться в такой последовательности, чтобы выдержать это соотношение, т.е. 4:3:2:1. Если, например, за цикл изготовления десяти машин должно быть выпущено с конвейера четыре машины A , три машины B , две машины B и одна машина Γ , это можно осуществить в последовательности $A-A-A-A-B-B-B-B-B-\Gamma$ или в любой другой последовательности с этим же соотношением цифр, например $A-B-B-A-B-A-\Gamma-A-B-B$.

Выравнивание выпуска машин с главного конвейера обеспечивает резкое уменьшение незавершенного производства за счет сведения к минимуму заделов комплектующих деталей и узлов. Так, при выпуске 2 тыс. машин в день при выравненном производстве заделы практически отсутствуют (от одного до четырех комплектов), тогда как при очередном изготовлении этого количества машин потребуются следующие заделы деталей: для машины A – на 800 изделий, B – на 600, B – на 400 и Γ – на 100 изделий.

Закладка той или иной модели машины во времени на первой операции сборки осуществляется в соответствии с указанной последовательностью, на основании которой разрабатываются и графики подачи на конвейер в реальном масштабе времени комплектующих изделий с примыкающих линий сборки узлов и агрегатов (двигателей, шасси, сидений, передних и задних мостов и др.).

В свою очередь, подача конкретных деталей на эти промежуточные линии организуется по вытягивающей (ТПЗ) или выталкивающей сис-

теме. В последнем случае стандарт-планы изготовления конкретных деталей необходимо привязать к календарному времени соответствующих месяца, суток и часа.

Необходимость привязки стандарт-планов работы линий к календарному времени месяца вытекает из некратности его неделе – основному плановому промежутку времени стандарт-планов линии.

Стандарт-планы работы однопредметных или групповых непереналаживаемых поточных линий не нуждаются в привязке к данному месяцу, поскольку плановый промежуток их стандарт-планов не превышает смены, а потому вписывается в любой рабочий день и любую смену. Не нуждаются в привязке по времени и планы участков, работающих по системе ТПЗ, поскольку время запуска-выпуска регулируется карточками отбора и заказа.

Стандарт-план переменного-поточной линии, который составляется на две-четыре недели, должен быть привязан к первому дню месяца по дню недели. Например, если первый рабочий день второй недели полного оборота переменного-поточной линии, то на 1-е число месяца на основании стандарт-плана, приведенного на рис. 3.9, а, следует запланировать обработку деталей № 2, а через два рабочих дня — переналадку линии на деталь № 4. Если размеры заделов не позволяют обеспечить работу линии указанному стандарт-плану, то на данный месяц составляют индивидуальный план переналадок и работы линии, чтобы выполнить текущую программу и восполнить заделы до установленных норм и тем создать предпосылки для работы линии в следующем месяце по стандарт-плану. Привязка стандарт-планов групповых поточных линий с партионным чередованием объектов производства осуществляется по такому же методу.

После привязки стандарт-планов к календарному времени данного месяца или после разработки индивидуальных планов поточных линий составляется план-график работы соответствующего цеха на месяц. В этом плане-графике программа выпуска деталей, сборки узлов и изделий на непереналаживаемых линиях по рабочим дням распределяется равномерно в соответствии с заданным тактом потока, а по переналаживаемым линиям — в соответствии со стандартными или индивидуальными планами их работы и переналадок по дням.

Цеховая поддетальная программа служит основой для составления календарных планов-графиков работы участков и отдельных поточных линий. Поскольку в массовом производстве участки специализированы по

предметному признаку, то месячное задание цеха по выпуску тех или иных деталей либо сборке узлов одновременно является месячным заданием данного участка, а в пределах участка — и заданием конкретной поточной линии.

Подробная детализация программы по каждому наименованию детали и каждому рабочему дню месяца исключает необходимость разработки дополнительных (параллельных) сменно-суточных заданий. Такая необходимость возникает, когда составляются сменно-суточные задания по отстающим деталям и операциям, а также по выпуску особо дефицитных деталей.

Для обеспечения заданного ритма потока, периода запуска-выпуска, а также для восполнения заделов по отдельным операциям и рабочим местам целесообразно разрабатывать часовые задания-графики по каждой операции и каждому рабочему месту.

Доведение до каждого исполнителя часового графика (особенно на прерывно-поточных линиях) и контроль его выполнения позволяют заранее выявить и предупредить неполадки, более правильно организовать труд, его оплату и дисциплинируют исполнителей.

В случае применения вытягивающей системы ТПЗ необходимость в составлении таких графиков отпадает, так как каждый участок изготовления конкретной детали работает по заказам последующего участка и фактически им контролируется через определенные промежутки времени.

4. ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЕДИНИЧНОГО И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

4.1. Особенности календарного планирования единичного производства. Порядок прохождения и оформления заказа

Особенности календарного планирования единичного производства обусловлены его характерными признаками и состоят в нижеследующем.

1. В связи с неповторяемостью выпускаемой продукции в программе завода для каждого экземпляра выпускаемого изделия или мелкой серии их необходимо осуществлять весь комплекс технической подготовки производства, выполнение которой включается в календарный план изготовления машины и которая составляет от 50 до 70 % общей длительности цикла выполнения заказа. Поскольку на выполнение заказа (особенно сложного) требуется значительный период времени (нередко ряд лет), оперативные календарные планы в этом случае приобретают перспективный характер; в них производственный процесс (включая его подготовку) должен быть увязан от ряда лет до конкретного календарного дня.

2. Сложность выпускаемых машин и одновременное изготовление деталей и сборочных единиц для машин различных наименований обуславливает большое разнообразие и частую смену объектов производства в программе каждого цеха и участка даже в течение самого короткого планового периода — дня, смены. В связи с этим не представляется возможным разработать календарно-плановые нормативы движения каждого предмета труда, поэтому при решении вопросов организации производства конкретных деталей и сборочных единиц на отдельных участках приходится полагаться в большей мере на опыт и эрудицию линейного персонала и даже на отдельных высококвалифицированных рабочих, что неизбежно приводит к децентрализации функций ОКП и не позволяет заранее строго согласовать в пространстве и во времени отдельные элементы процесса.

Частая смена объектов производства по заводу в целом и по каждому цеху не позволяет разработать более детальную и устойчивую технологию, рассчитанную на применение производительной техники, наиболее

рациональных видов материалов и т.д. Поэтому в ряде случаев отдельные элементы технологического процесса изготовления деталей уточняются на рабочих местах по усмотрению мастера или рабочего исходя из сложившихся условий производства (наличия необходимого оборудования, инструмента, оснастки, материалов и др.). Это нередко вызывает дополнительные потери труда, материалов, затраты фонда времени работы оборудования и внесение нежелательных коррективов в приближенные и укрупненные календарно-плановые расчеты, усложняя ОКП.

4. Частая смена выпускаемой продукции не позволяет обеспечить стабильный производственный процесс в отдельных цехах, поскольку имеют место большие колебания в течение планового периода загрузки мощностей не только по определенному изделию, но и по отдельным его частям и деталям. Поэтому в календарных планах необходимо предусматривать меры по своевременному запуску новых деталей, новый объем работ по цехам взамен оконченных и обеспечение материалами, инструментом, оснасткой и т.д.

5. Несмотря на разнообразие выпускаемой продукции, на некоторых заводах единичного и мелкосерийного производства при изготовлении однородных машин, имеющих разные характеристики (турбин, генераторов, тяжелых станков и др.) используется значительное количество унифицированных и стандартизованных деталей, которые можно производить (обрабатывать) по методам серийного или крупносерийного производства, что позволяет удешевить их изготовление и тем снизить стоимость машин.

6. В связи с ограниченной потребностью и точным адресованием продукция в единичном и мелкосерийном производстве изготавливается только по отдельным заказам, которые открываются на каждый экземпляр машины или на небольшую серию их. Поэтому основной планово-учетной единицей по заводу и по сборочным цехам служит индивидуальный производственный заказ, а для обрабатывающих и заготовительных цехов — заказ на комплекты деталей и отдельные ведущие детали по машине.

Поскольку основной планово-учетной единицей и объектом планирования в единичном и мелкосерийном производстве является производственный заказ, требуется правильная организация его прохождения и определение сроков выполнения и оформления.

Работа по выполнению заказа на изготовление машины (малой серии их)

состоит из следующих основных стадий: 1) оформление; 2) подготовка производства; 3) непосредственное выполнение заказа, т.е. изготовление изделия.

Стадия оформления заказа требует анализа технических документов и фактических условий производства квалифицированными специалистами, от эффективной работы которых в большой мере будут зависеть технико-экономические показатели производства и эксплуатации выпускаемых машин. На этой стадии устанавливаются основные параметры будущей уникальной машины, технические условия ее изготовления и эксплуатации, сроки и стоимость производства, сроки освоения в эксплуатации.

Главным содержанием заказа, выдаваемого заказчиком изготовителю, является техническое задание, в котором указываются требования, предъявляемые к будущей машине, ее основные характеристики (производительность, мощность, габариты, точность и др.), сроки поставки и стоимость изделия, а также требования, предъявляемые к продукции, выпускаемой с помощью данной машины.

Полученный заводом заказ тщательно изучается, анализируется всеми техническими и производственными подразделениями завода: отделами главного конструктора, главного технолога, главного металлурга, инструментальным и др., а также производственными цехами, чтобы определить возможности его выполнения и изготовления машины в соответствии с требованиями, изложенными в техническом задании, уточнить сроки и стоимость. После этого техническое задание окончательно уточняется с заказчиком и оформляется совместным протоколом. На основании согласованного технического задания и сроков выполнения заказа завод-изготовитель приступает к осуществлению других стадий технической подготовки производства — технического предложения, технического проекта и рабочих чертежей, а также к организации производства по изготовлению машины,

Вся работа по технической подготовке производства и изготовлению машин и оборудования по индивидуальным заказам осуществляется по единому комплексному плану-графику выполнения заказа. При этом сроки выполнения отдельных частей и этапов работ устанавливаются в порядке, обратном ходу выполнения работ, на основании срока сдачи готового изделия заказчику. Пример такого графика приведен на рис. 4.1

Такой график является основой для разработки всей технической и

планово-производственной документации на предприятии, в частности для проведения календарно-плановых расчетов и планирования работы всех подразделений.

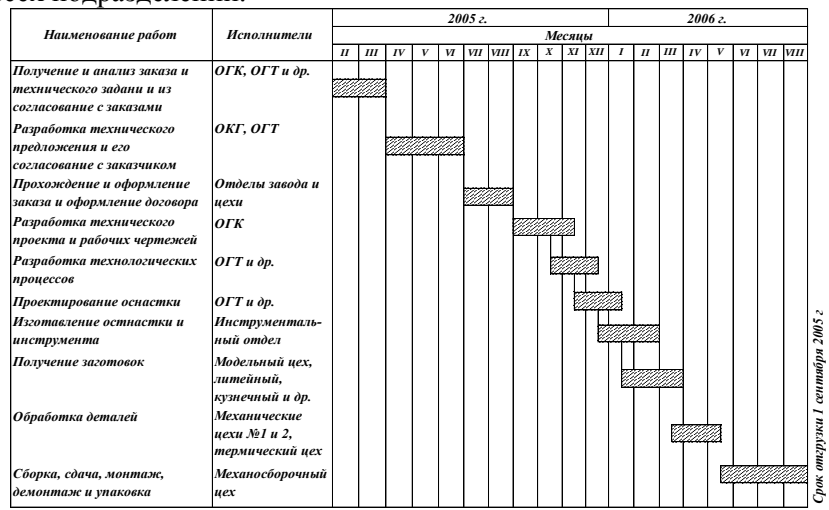


Рис. 4.1. План-график прохождения и выполнения заказа по изготовлению автоматической линии ЛМ 357

4.2. Основные календарно-плановые расчеты движения производства

Поскольку в единичном производстве нормы, на основании которых осуществляется календарное планирование, носят разовый характер и к тому же непосредственно связаны с объемными расчетами на определенный календарный период, более правильным будет называть их не календарно-плановыми нормативами, а календарно-плановыми расчетами. Эти расчеты должны определить параметры, на основании которых организуется выполнение заказа и увязывается работа всех подразделений завода по выпуску продукции по всей номенклатуре.

Для организации выпуска изделий по каждому заказу должны быть выполнены следующие календарно-плановые расчеты:

- 1) расчет длительности производственного цикла отдельных частей

выполнения заказа и построение цикловых графиков изготовления отдельных изделий;

2) определение величины опережения в работе цехов и привязка расчетной длительности цикла и опережений к календарному времени планируемого периода;

3) составление календарного плана выполнения всех заказов завода и увязка его с производственной возможностью цехов на основании согласования календарных и объемных расчетов по всем изделиям, включенным в программу завода.

Календарно-плановые расчеты выполняются в порядке, обратном ходу технологического процесса, начиная с утвержденной даты окончательной сборки и отгрузки и заканчивая запуском ведущих деталей в заготовительных цехах.

Расчет длительности производственного цикла изготовления машины начинается с разработки графика производственного цикла сборки изделия (узловой, агрегатной и общей).

Длительность технологического цикла, т.е. время непосредственной сборки изделия,

$$T_{ц.сб} = \frac{\sum_{i=1}^{k_{оп}} t_{шт-к}}{k_p T_{см} K_n K_{см}},$$

где $k_{оп}$ – количество сборочных операций;

k_p – количество рабочих, одновременно занятых на сборке;

K_n – коэффициент, учитывающий перевыполнение норм.

Как видно, цикл сборки в конечном счете определяется ее трудоемкостью и количеством одновременно занятых ею рабочих: чем их больше, тем меньше длительность. Однако количество рабочих не может быть чрезмерно большим, оно может увеличиваться только до определенного предела, после которого из-за недостаточного фронта работ возникают простои и длительность цикла сборки не снижается. Таким образом, при сборке каждого изделия существует оптимальный фронт работ, при котором достигается полная загрузка рабочих. Он равен количеству рабочих-сборщиков, занятых на операции с наименьшим фронтом работ.

Если весь сборочный процесс разделить на ряд отдельных операций и выполнение каждой из них поручить специальной сборочной бригаде оптимального состава, то как общая трудоемкость сборки, так и общее количество рабочих изменятся. Закрепление бригад за определенными

операциями обеспечивает их специализацию и способствует снижению трудоемкости, а увеличение количества рабочих на выполнении отдельных операций по сравнению с операцией, имеющей минимальный фронт работ, позволяет выполнять их в более короткий срок, что обеспечивает снижение общей длительности цикла сборки изделия.

С учетом организации бригадной сборки по отдельным операциям длительность технологического цикла

$$T_{ц.сб} = \frac{1}{T_{см}} \sum_{i=1}^{k_{бр}} \frac{t_{шт\ i}}{k_{рi} K_{нi} K_{смi}}, \quad (4.1)$$

где $k_{бр}$ – количество бригад, выполняющих операции по сборке изделий.

Предположим, что трудоемкость узловой и общей сборки станка составляет 768 ч. Оптимальный фронт работ (состав бригады) на наиболее простой операции $k_p = 2$ чел. Сборка осуществляется в две смены ($K_{см} = 2$) продолжительностью по 8 ч ($T_{см} = 8$), нормы выполняются на 120 % ($K_n = 1,2$). В этом случае длительность технологического цикла сборки

$$T_{ц.сб} = \frac{768}{2 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 2} = 20 \text{ рабочих дней.}$$

Анализ сборочного процесса показывает, что его можно подразделить на пять укрупненных операций (I-V), выполнение которых целесообразно поручить специализированным бригадам, благодаря чему трудоемкость работ снизится на 12,5 %. При этом оптимальный состав бригад и трудоемкость сборки в часах по операциям составили соответственно: I - 2 и 77; II - 4 и 154; III - 3 и 173; IV - 4 и 154; V — 3 и 115. При этих условиях общая длительность цикла сборки

$$\begin{aligned} T_{ц.сб} &= \frac{1}{8} \left(\frac{77}{2 \cdot 2 \cdot 1,2} + \frac{154}{4 \cdot 2 \cdot 1,2} + \frac{173}{3 \cdot 2 \cdot 1,2} + \frac{154}{4 \cdot 2 \cdot 1,2} + \frac{115}{3 \cdot 2 \cdot 1,2} \right) = \\ &= \frac{88}{8} = 11 \text{ рабочих дней.} \end{aligned}$$

Другими словами, расчленение сборочного процесса, специализация бригад и подбор их оптимального состава позволили сократить цикл сборки с 20 до 11 рабочих дней.

Длительность цикла сборки может быть значительно сокращена при

организации параллельного выполнения сборочных операций. В этом случае общая длительность цикла сборки

$$T_{ц,сб} = \max T_{пар} + \sum_{i=1}^{K_{общ}-K_{пар}} T_{посл\ i},$$

где $\max T_{пар}$ – максимальная длительность цикла сборки, состоящей из операций, выполняемых параллельно;

$K_{общ}$ – общее количество операций сборки;

$K_{пар}$ – количество операций, выполняемых параллельно;

$T_{посл\ i}$ – длительность цикла i -й операции, выполняемой последовательно.

Предположим, что в нашем примере можно параллельно выполнять первые три операции сборки, т.е. осуществлять сборку трех основных узлов машины одновременно, а последние две операции общей сборки осуществлять последовательно. Тогда для условий рассматриваемого примера (наиболее длительная операция – третья)

$$T_{ц,сб} = \frac{1}{8} \left(\frac{173}{3 \cdot 2 \cdot 1,2} + \frac{154}{4 \cdot 2 \cdot 1,2} + \frac{115}{3 \cdot 2 \cdot 1,2} \right) = \frac{56}{8} = 7 \text{ рабочих дней.}$$

Таким образом, за счет расчленения процесса, специализации и параллельной сборки длительность цикла сборки сокращается почти в 3 раза.

Возможность выполнения сборочных работ параллельно выясняется при разработке технологической схемы сборки, устанавливающей порядок включения узлов в последующие сборочные соединения. Сборочная схема, разрабатываемая на стадии технической подготовки производства, является первичным документом, необходимым для выполнения календарно-плановых расчетов в единичном производстве. На рис. 4.2 показана технологическая схема узловой и общей сборки автоматической линии ЛМ 356. Из схемы видно, что большую часть сборочных операций (27 из 37) можно выполнять параллельно.

Технологическая схема может быть представлена и в виде сетевой модели (рис. 4.3), которая наглядно показывает взаимосвязь работ и параллельность операций. На сетевой модели начальное (исходное) событие «детали на сборку поданы» обозначено нулем, а завершающее событие «укомплектовка и упаковка линии закончена» – 37а.

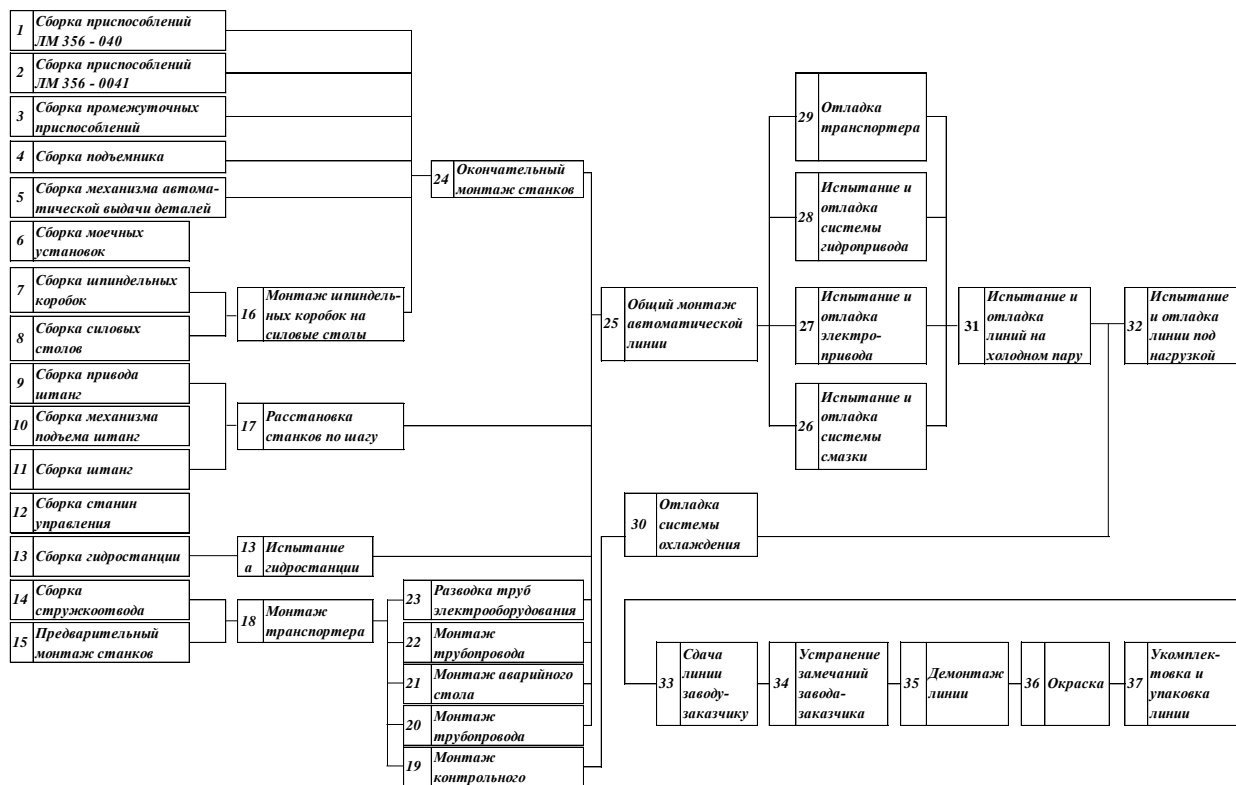


Рис. 4.2. Технологическая схема сборки автоматической линии ЛМ 356

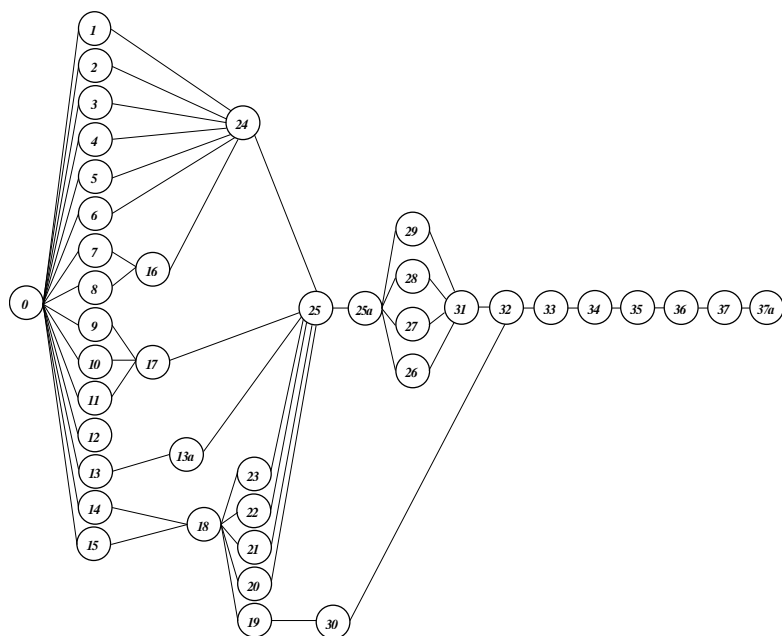


Рис. 4.3. Сетевая модель технологической схемы сборки линии ЛМ 356

Сборочная схема служит основой для составления ленточного или сетевого графика сборки машины. По этим графикам определяют длительность производственного цикла и опережения. Ленточный график, выполненный в масштабе, более нагляден и легче привязывается к календарному времени конкретного планового периода.

Для составления графиков необходимо установить продолжительность работ по каждой операции. Поскольку трудоемкость операций заранее нормируется, задача состоит в определении оптимального состава бригад по количеству, установлении коэффициентов выполнения норм и сменности работы этих бригад.

В ряде случаев состав бригад диктуется непосредственно характером операции, технологическим процессом ее выполнения (когда требуется одновременно несколько рабочих), но нередко определяется исходя из необходимости полной загрузки рабочих внутри бригады, поскольку увеличение их численности на операции может привести к простоям из-за малого фронта работ.

Коэффициент выполнения норм принимается по данным цеха и корректируется с учетом квалификации исполнителей, возможности механизации некоторых операций и других условий конкретного производства. Обычно предусматривается двухсменная работа, но на малотрудоемких операциях, которые могут выполняться параллельно с другими и не влияют на общую длительность цикла, можно предусматривать работу в одну смену. Продолжительность работ по каждой сборочной операции определяется по формуле (4.1). Пример циклового ленточного графика сборки линии ЛМ 356 приведен на рис. 4.4.

Если поступающие на сборку узлы состоят из сложных соединений, то по каждому из них составляется отдельный график, календарно увязываемый с циклограммой общей сборки. В случае сетевого графика частный график сборки узлов увязывается с основным.

Опережение начала или окончания сборки отдельных сборочных единиц по отношению к операциям, агрегатной и общей сборке или отдельным ее этапам определяется по цикловому графику (рис. 4.4). При составлении сетевого графика опережение начала сборочной операции определяется по срокам свершения ее начального и конечного событий.

Опережения служат основой для установления предварительного срока подачи деталей, сборочных единиц и комплектующих изделий на сборку, а затем сроков изготовления деталей и заготовок для них. Окончательные сроки подачи уточняются после согласования календарно-плановых расчетов с объемными.

В единичном производстве наиболее простым и удобным является такой порядок подачи деталей на сборку, при котором они заранее комплектуются и подаются на сборочные стенды одновременно. В рассмотренном примере в случае составления сетевого графика это исходное нулевое событие «детали на сборку поданы».

В мелкосерийном производстве, когда ряд одинаковых машин собирается последовательно, или в том случае, если при большой длительности сборки индивидуальной машины предусматривается подача ряда узлов на более поздней стадии сборки, планируется многократная подача деталей по заказу, что соответствует комплектно-узловой системе оперативного планирования.

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование укрупненных сборочных операций</i>	<i>Трудоём- кость, нормо-час</i>	<i>Выполнение норм. %</i>	<i>Фактической трудоёмкость. нормо-ч</i>	<i>Количество рабочих</i>	<i>Продолжи- тельность работ, дн</i>
1	Сборка приспособлений /91356-0040	1320	164	80,5	2	2,57
2	Сборка приспособлений /81356-004 1	186,0	164	113,4	2	3,62
7	Сборка шпиндельных коробок	158,0	164	96,3	2	3,1
8	Сборка силовых столов	62,4	164	38,1	2	1,22
14	Сборка стружкоотвода	53,8	164	328	2	1,05
15	Предварительный монтаж станков	59,0	164	326	4	0,51
12	Сборка станции управления	49,0	164	33,6	2	1,07
3	Сборка промежуточных приспособлений	450,7	164	274,8	5	3,44
4	Сборка подъемника	186,0	164	119,4	2	3,62
9	Сборка привода штанг	47,0	164	28,6	2	0,91
10	Сборка механизма подъема шланг	60,0	164	36,5	2	1,17
11	Сборка штанг	197,0	164	120,0	2	3,83
5	Сборка механизма автоматической выдачи деталей	98,0	164	59,7	2	1,91
6	Сборка моечных установок	85,0	164	51,8	2	1,65
13	Сборка гидростанции	313,0	164	190,9	4	3,05
16	Монтаж шпиндельных коробок на силовые столы	5,1	164	3,1	1	0,19
17	Расстановка станков по шагу	82,0	164	50,0	4	0,80
13а	Испытание гидростанции	13,7	164	8,4	2	0,30
19	Монтаж магистрального трубопровода	118,0	164	72,0	4	1,15
18	Монтаж транспортера	185,0	164	113,0	4	1,8

№ n/n	Наименование укрупненных сборочных операций	Трудоем- кость, нормо-час	Выполнение норм. %	Фактической трудоемкость. нормо-ч	Количество рабочих	Продолжи- тельность работ, дн
20	Монтаж трубопровода гидравлики	614,0	164	374,4	4	6,0
22	Монтаж трубопровода системы смазки	262,0	164	160,0	4	2,6
23	Разводка труб электрооборудования	73,0	146	50,0	3	1,1
21	Монтаж аварийного стола	22,0	164	13,7	1	0,9
24	Окончательный монтаж станков	293,0	164	178,5	4	2,85
30	Отладка система охлаждения	27,5	164	17,0	2	0,54
25	Общий монтаж автоматической линии	818,0	164	500,0	4	8,0
26	Испытание и отладка системы смазки	103,0	164	62,8	2	2,0
23	Испытание и отладка системы гидропривода	350,0	164	213,0	2	6,8
27	Испытание и отладка электропривода	150,2	146	1030,0	2	24
29	Отладка транспортера	112,0	164	68,3	2	2,18
31	Испытание и отладка линии на холостом ходу	74,0	-	74,0	-	4,7
32	Испытание и отладка линии под нагрузкой	83,0	-	83,0	-	5,3
33	Сдача линии заводу-заказчику	170,0	-	170,0	-	10,9
34	Устранение замечаний завода-заказчика	105,0	164	64,0	2	2,04
35	Демонтаж линии	185,0	164	112,8	6	1,2
36	Окраска	295,0	135	218,5	8	1,74
37	Укомплектовка и упаковка линии _____	390,0	167	233,5	8	1,87
График опережения						

Рис. 4.4. Ленточный цикловой график сборки

рабочих дней.

На сроки запуска-выпуска деталей в обрабатывающих и заготовительных цехах влияет длительность цикла их обработки. В единичном и мелкосерийном производстве длительность производственного цикла определяется не по всем наименованиям деталей, а только по ведущим деталям изделия (при позаказном планировании) или узлового комплекта (при комплектно-узловом планировании).

Ведущие детали по механическому цеху выбираются из числа деталей, подаваемых на сборку на первых ее этапах. К ним относятся наиболее трудоемкие детали, которые кроме механической обработки подвергаются другим операциям (например, химико-термическим). Так, шпиндель прецизионного станка в ходе механической обработки при общей ее длительности около 100 ч несколько раз направляется в термический цех.

В число ведущих включаются детали с небольшой длительностью обработки в механическом цехе, но для получения заготовок для них требуется значительный период времени (например, сложные корпусные детали). В это число следует включить также детали, заготовки которых должны быть получены по кооперации.

Исходными данными для расчета длительности производственного цикла обработки ведущих деталей служат карты технологического процесса, в которых указываются маршрут и время обработки по операциям. Поскольку основным видом движения деталей в производственном процессе единичного производства является последовательный, то длительность цикла обработки ($T_{пл}$) определяется по методам, применимым для этого вида движения. Она может быть определена как графически, так и аналитически:

$$T_{ц,о} = n_{зак} \sum_{i=1}^{k_{оп}} - \frac{t_{шт-к i}}{K_{н i} K_{см i} T_{см}} + (k_{оп} - 1) \frac{t_{м0}}{T_{см} K_{см}} + \sum T_{ц,о},$$

где $n_{зак}$ – число деталей определенного наименования в сборочной единице (заказе);

$t_{шт-к i}$ – штучно-калькуляционное время обработки i -й детали;

$t_{м0}$ – средняя длительность пролеживания детали между смежными операциями, ч;

$\Sigma T_{цд}$ – общее время нахождения деталей в других обрабатывающих

цехах (термических и т.д.) в процессе механической обработки, рабочих дней.

Из формулы следует, что наибольшую длительность цикла может определять и менее трудоемкая по механической обработке деталь, если она идет на машину в нескольких экземплярах и подвергается промежуточной обработке в других цехах.

Длительность межоперационного пролеживания зависит в первую очередь от коэффициента закрепления операций. Поскольку его значение в единичном производстве максимальное, нередко общая длительность межоперационного пролеживания достигает 70-80 % длительности всего производственного цикла, определяя, таким образом, его продолжительность.

При данном значении коэффициента закрепления операций продолжительность межоперационного пролеживания при обработке конкретных деталей зависит в большей мере от общей трудоемкости обработки (чем она выше, тем меньше относительная длительность пролеживания) и средней занятости рабочего места одной деталиеоперацией. Укрупненно общая величина межоперационного пролеживания в условиях мелкосерийного производства может быть определена по эмпирической формуле:

$$y = -0,317x + 5,163z \text{ [ч]},$$

где x – общая трудоемкость обработки детали, ч;

z – количество пар смежных операций в технологическом процессе: $z = k_{\text{оп}} - 1$.

Количество и длительность промежуточных операций обработки в других цехах определяют на основании карт технологического процесса. Полученное дробное значение цикла в рабочих днях округляется до ближайшего большего числа. На некоторых заводах длительность цикла этих операций определяется укрупненно независимо от наименования деталей, но в зависимости от вида операций обработки. Так, например, на азотирование детали отводится до 5 дней, цементацию – 4, хромирование – 3, полирование – 2 дня и т.д.

Для определения общего опережения обработки ведущих деталей

необходимо к длительности цикла прибавить резервное (страховое) опережение, которое представляет собой время между выпуском заготовки в предыдущем цехе и запуском ее в обработку в последующем. Такое опережение целесообразно предусматривать в пределах одной рабочей недели.

Длительность производственного цикла получения заготовок (отливок или поковок) определяется укрупненно с помощью нормативов, учитывающих время выполнения отдельных основных и вспомогательных операций, включая время на изготовление моделей и оснастки. Так, при получении сложных тяжелых отливок наибольший удельный вес в составе производственного цикла занимает время изготовления моделей. Например, на заводе тяжелого машиностроения длительность цикла изготовления модели возрастает от 4 рабочих дней для отливки массой до 100 кг до 24 дней для отливки массой более 35 т. Кроме того, в цикл входят такие трудоемкие операции, как формовка, сушка форм (нередко занимающие для сложных деталей несколько дней), сборка форм, заливка, остывание, выбивка, очистка, обрубка, устранение дефектов отливки (заварка раковин, зачистка), грунтовка и др.

После определения длительности цикла получения заготовок рассчитывают опережения по каждому цеху и общее опережение по изделию. На рис. 4.5 схематически показана структура и величина опережений по цехам и по изделию в целом. Как видно из графика, общая длительность цикла изготовления изделий и общее опережение составляют 140 рабочих дней. При этом ведущей деталью по заказу оказалась станина, цикл получения заготовки которой 45 дней, хотя длительность цикла механической обработки в 2 раза меньше, чем длительность обработки комплекта шпинделей — ведущей детали по механическому цеху.

На основании такого графика выполняется предварительная привязка сроков запуска отдельных деталей к календарному времени текущего периода. Так, если в рассмотренном примере срок выполнения заказа по договору установлен 31 августа, то изготовление модели должно быть начато на 28 недель раньше, т.е. 16 февраля, получение поковок — на 25 недель (9 марта) и т.д. Однако окончательные сроки запуска ведущих деталей и начала выполнения отдельных операций устанавливаются после проведения объемных расчетов производства и согласования их с календарными.

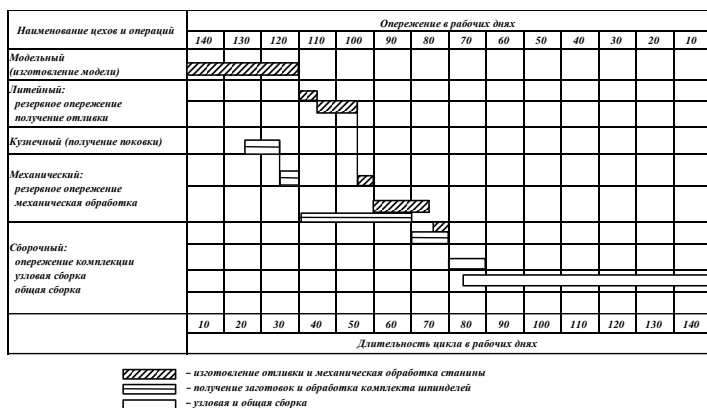


Рис. 4.5. Цикловой график получения заготовок, обработки ведущих деталей и изготовления изделия в целом

4.3. Объемные расчеты производства

В единичном и мелкосерийном производстве объемные расчеты являются составной частью ОКП. Это связано с тем, что располагаемые ресурсы производственных мощностей в течение определенного периода времени более или менее постоянны, тогда как потребные мощности по каждому изделию существенно изменяются во времени, чего нет в серийном, а тем более в массовом производстве. Это обстоятельство обуславливает необходимость суммировать за более или менее короткие промежутки времени потребные фонды площадей и станко-часов по всем изделиям и заказам, выполняемым в данный момент, и сопоставлять их с располагаемыми, чтобы принять меры для ликвидации как перегрузки, так и недогрузки, изменяя сроки выполнения работ по тем или иным заказам и корректируя расчетные сроки запуска-выпуска. На основании такой корректировки осуществляется окончательная привязка плановых расчетов к календарному времени определенного планового периода.

Для согласования объемных и календарно-плановых расчетов необходимо расчеты, выполненные по каждому из заказов, свести в единый график выполнения, всех заказов по заводу в соответствии со сроками поставки готовых изделий и расчетными календарными датами начала и окончания работ. Такой график представлен на рис. 18.6. Он служит основой для определения и сопоставления потребных и располагаемых

ресурсов на короткие промежутки времени. В единичном производстве, где график составляется по укрупненным нормативам, чрезмерное дробление плановых промежутков нерационально, поскольку увеличивается объем плановых работ и усложняется планирование. Поэтому сопоставительные расчеты желательно осуществлять за одно- двухнедельный промежуток времени.

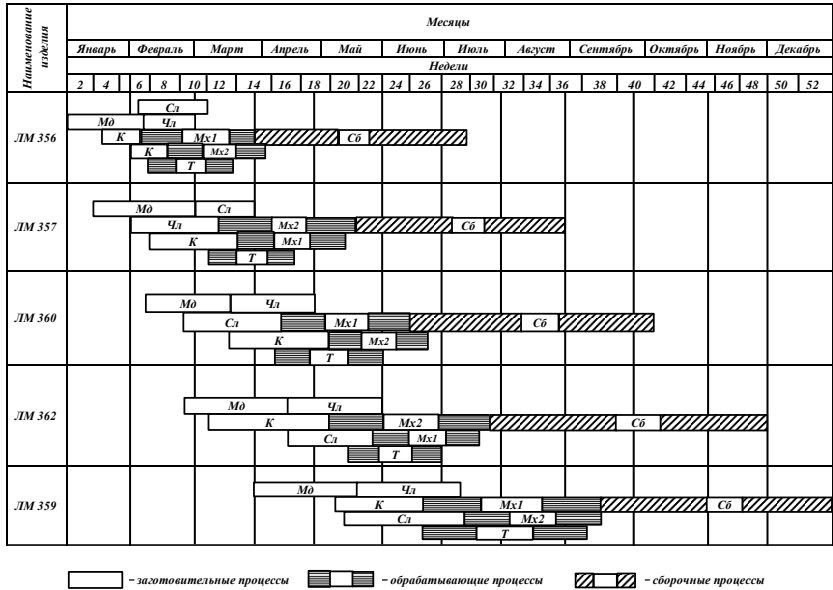


Рис. 4.6. Сводный график выполнения заказов по заводу на год по расчетным срокам запуска-выпуска:

Мд — модельный цех; Сл — сталелитейный; Чл — чугунолитейный; К — кузнечный; Мх — механический; Т — термический

Объемные расчеты и их сопоставление с календарными планами начинают со сборочных цехов, так как срок выпуска изделий не подлежит изменению. Объемные расчеты выполняются по методу, изложенному в гл. 1.

Площадь, необходимая для сборки изделий по всем заказам в конкретный промежуток времени:

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sum_{i=1}^{k_{\text{зак}}} N_{it} i f_i}{\Phi K_{\text{см}} T_{\text{см}} (1 - \alpha_{\text{пл}})},$$

где $k_{\text{зак}}$ – количество заказов, по которым выполняются сборочные работы в этот промежуток времени.

Потребный фонд площадей сопоставляется с фактическим. Если он больше, то начало или окончание сборки некоторых изделий переносится на более ранние сроки, что нередко достигается уплотнением работ на более ранних стадиях сборочного процесса.

Наглядность сопоставительных расчетов дает их графическое изображение. Занимаемая под сборку изделия площадь может быть изображена в виде прямоугольника, ширина которого характеризует потребный ее размер, а длина — продолжительность цикла сборки. На рис. 4.7 показан графический способ сопоставления и согласования площадей сборочного цеха по неделям на два месяца.

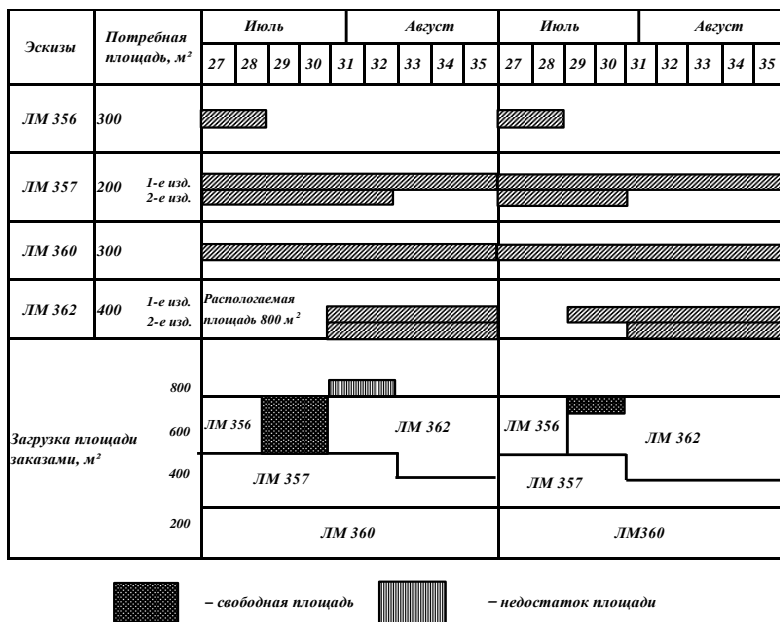


Рис. 4.7. График сборки изделий и загрузки площадей на июль-август а – по расчетным

срокам запуска-выпуска; б – по скорректированным срокам

Графическое изображение можно использовать и при сопоставлении и согласовании объемных и календарных расчетов по обрабатывающим цехам. Сопоставление ресурсов осуществляется либо по фондам (потребным и располагаемым) в станко-часах, либо по станкам. В последнем случае потребное количество станков по дробным плановым периодам:

$$m_{\text{расч}} = \frac{\sum_{i=1}^{k_{\text{зак}}} N_i t_{\text{ум}i}}{\Phi K_{\text{см}} T_{\text{см}} (1 - \alpha_{\text{об}})}$$

Однако при этом следует учесть, что в связи с большими колебаниями объема работ по заказу ширина прямоугольников, характеризующих потребный фонд станков или станко-часов по периодам, будет меняться. Она минимальна в неделю запуска в производство ведущих деталей, доходит до максимума в период полного развертывания работ и снова минимальна в конце обработки деталей (рис. 4.8).

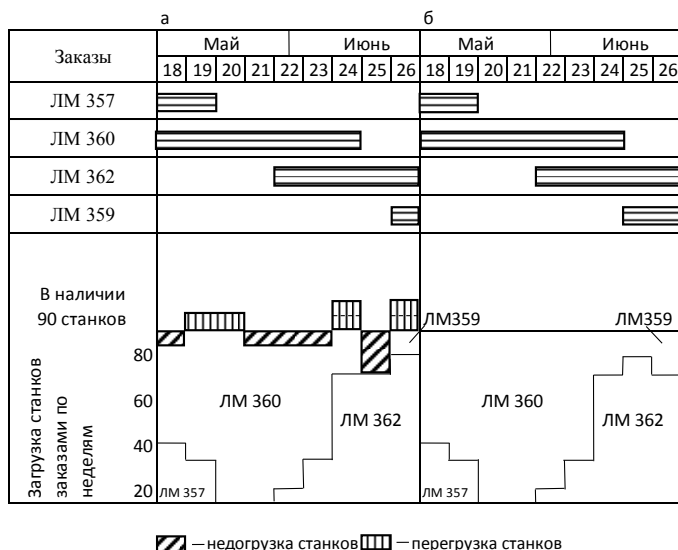


Рис. 4.8. График обработки деталей и загрузки оборудования механического цеха № 1 на май-июнь: а – по расчетным срокам запуска-выпуска; б – по скорректированным срокам

Выравнивание загрузки площадей и оборудования по неделям, показанное на рис. 4.7, б и 4.8, б, нередко требует увеличения опережения по некоторым заказам, что, в свою очередь, диктует необходимость смещения дат запуска на более ранние.

Порядок проведения сопоставительных объемных расчетов производства и корректировка сроков запуска в заготовительных цехах такие же, как и в обрабатывающих, но обычно ведутся более укрупненно, не в станко-часах, а в объеме выпуска отливок, поковок, штамповок в короткие календарные промежутки по весовым категориям заготовок. В результате таких расчетов может оказаться, что запуск в производство даже мелких заготовок должен быть перенесен на более ранние сроки в результате перегрузки более мелкого оборудования в последних плановых промежутках времени.

При изготовлении уникальных отливок с большой длительностью цикла формовки и остывания объемные и календарные сопоставительные расчеты выполняются отдельно, на основании сопоставления потребной и фактической формовочной площади отделений крупных отливок, по календарным периодам.

По результатам сопоставительных объемных и календарных расчетов уточняются сроки запуска-выпуска ведущих деталей по заготовительным цехам и сроки запуска по отдельным заказам, после чего производится окончательная привязка календарно-плановых сроков по отдельным заказам к календарному времени рассматриваемого планового периода и утверждаются индивидуальные и сводные графики, на основании которых и ведется вся работа по организации и оперативному планированию производства.

Трудоемкость работ по согласованию объемных и календарных расчетов требует использования современной вычислительной техники. Эти работы могут быть в значительной степени автоматизированы. Исходной информацией для расчетов служат массивы располагаемых фондов производственных мощностей (в квадратных метрах, станко-часах, станках, тоннах и др.) по коротким периодам времени (одна-две недели), а также массивы потребного их количества по ведущим деталям и узловым

комплектam и срокам их запуска-выпуска или сборки.

По выбранному для сопоставительных расчетов i -му короткому промежутку времени отбираются все ведущие детали и узловые комплекты по всем заказам, которые должны изготавливаться в это время. По ним подсчитывается общая потребность в ресурсах $M_{расч}$ (площадей, станков, станко-часов, тонн поковок или отливок и др.), которая сравнивается с располагаемыми. Размер располагаемых ресурсов в этот период ($M_{прин}$) определяется исходя из фонда использования оборудования и площадей, скорректированного на плановый коэффициент загрузки ($K_{загр}$). Если при этом оказывается, что потребные ресурсы в рассматриваемом периоде совпадают с располагаемыми, т.е. фактический коэффициент загрузки равен плановому, то переходят к подобному сравнению по предыдущему (по календарному времени) короткому плановому периоду ($i - 1$).

Если загрузка оборудования ниже плановой, то предусматривается его дозагрузка работами последующего короткого планового периода ($i + 1$), для чего из массива трудоемкости подбираются детали и узлы, которые можно запустить в производство раньше и которые обеспечат полную (плановую) загрузку оборудования и площадей.

Если же располагаемый фонд времени работы оборудования ниже потребного, то отбираются детали и узлы, которые могут быть запущены в обработку в предыдущих периодах. При этом в первую очередь переносится обработка или получение заготовок стандартизованных и унифицированных деталей, изготовление которых планируется на склад, затем предусматривается перенос ведущих деталей, имеющих наиболее длительный цикл производства, после них — групповых партий и в последнюю очередь — узловых комплектов. Данный порядок запуска обеспечивает более равномерную загрузку оборудования при минимальных дополнительных затратах, связанных с наличием и хранением сверхнормативного задела.

Такое сравнение проводится до тех пор, пока не будут рассмотрены все короткие плановые промежутки сводного графика выполнения заказов на крупный плановый период (полгода, год и более). При этом расчеты выполняются по цехам в порядке, обратном ходу технологического процесса.

Укрупненная схема алгоритма сопоставительных расчетов на

ЭВМ для коротких периодов с их порядковой нумерацией от K до P приведена на рис. 4.9.

В результате расчетов на печать выдается табуляграмма, в которой для каждого цеха указывается начало, окончание и объем работ по каждому заказу по дробным плановым периодам.

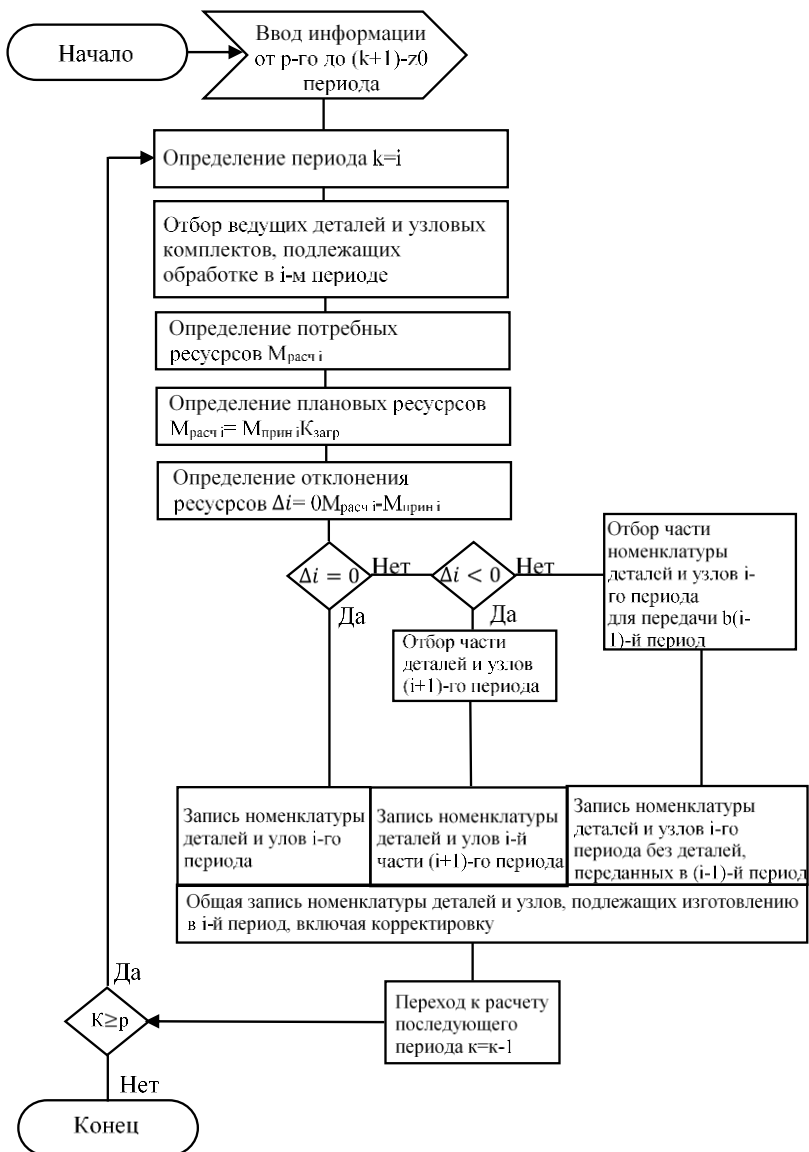


Рис. 4.9. Схема алгоритма сопоставительных расчетов

4.4. Разработка месячных оперативных программ цехов (межцеховое планирование)

При разработке в единичном и мелкосерийном производстве цеховых программ в них необходимо выделить:

- 1) оригинальные детали или их комплекты, идущие только на определенное изделие или заказ;
- 2) переходящие детали и комплекты;
- 3) унифицированные и стандартизованные детали, идущие на машины разного назначения в больших количествах;
- 4) конструктивно и технологически сходные детали, которые имеют одинаковый или сходный технологический маршрут обработки и могут быть обработаны по групповому маршруту.

Планирование производства каждой из групп деталей имеет свои особенности. Оно различается прежде всего планово-учетными единицами, календарно-плановыми нормативами и методом их отражения в плане.

Для сборочных цехов узловой и общей сборки планово-учетными единицами являются соответственно сборочные единицы и изделия. Объем и сроки выполнения работ на месяц определяются по уточненным цикловым графикам, привязанным к календарному времени планового периода и согласованным с объемными расчетами (см. § 4.3).

Для обрабатывающих и заготовительных цехов в качестве планово-учетной единицы при планировании выпуска оригинальных деталей принимается заказ или узловой комплект.

Выбор планово-учетной единицы зависит от вида выпускаемой продукции и длительности цикла ее изготовления. Позаказную систему планирования целесообразно применять в том случае, когда длительность цикла обработки комплекта деталей по заказу сравнительно невелика и обработка может быть осуществлена в течение месяца. Тогда месячная программа будет состоять из комплектов деталей, изготавливаемых для различных изделий. В том случае, когда длительность цикла составляет несколько месяцев, месячный состав комплекта по заказу будет меняться, поэтому характер и объем работ по цеху и заказу будет различен в каждом месяце. Это потребует выдачи цехам на каждый месяц громоздких расшифровок содержания заказа. Поэтому при большой длительности цикла в условиях единичного производства

комплектно-позаказная система планирования дополняется комплектно-узловой и частично поддетальной.

По каждому заказу в программе каждого месяца по цеху выделяются ведущие детали в поддетальном разрезе и отдельно узловые комплекты. Опережение запуска-выпуска узлового комплекта принимается по максимальному опережению ведущей детали сборочной единицы. Однако и в узловой комплект могут входить детали, которые имеют сложный перекрещивающийся маршрут прохождения по цехам, тогда как основная масса их будет иметь простой маршрут. Поэтому в ряде случаев целесообразно выделить из узлового комплекта группу деталей, имеющих длительный цикл получения заготовки или обработки, что позволяет сократить объем незавершенного производства и обеспечить более равномерную загрузку оборудования.

Сроки запуска-выпуска ведущих деталей и деталей, входящих в узловой комплект, определяются путем вычитания опережения и длительности цикла изготовления их в данном цехе из сроков выпуска готового изделия или сроков подачи на комплектацию в сборочный цех. Так, если в примере, рассмотренном в § 4.3 (см. рис. 4.6), длительность цикла механической обработки комплекта в механическом цехе № 2 по заказу ЛМ 357 составляет 6 недель, то, поскольку срок выпуска запланирован на 35-ю неделю при цикле сборки 15 недель, запуск комплекта должен быть запланирован на конец 14-й недели ($35 - 15 - 6$), а выпуск — на конец 20-й ($35 - 15$ или $14 + 6$).

Для уточнения реальности цеховых месячных программ и проверки соответствия располагаемых ресурсов мощностей потребным необходимо производить проверочные расчеты производственной возможности оборудования и площадей по методу, изложенному в § 4.3.

В программу планируемого месяца в первую очередь включаются так называемые *переходящие работы*, т.е. работы, начатые, но не законченные в предыдущем месяце, и ведущие детали. Необходимо правильно определить остаточную нормативную трудоемкость переходящих работ, которая характеризует объем работ, подлежащий выполнению в последующих плановых периодах. Эта трудоемкость определяется

как разность между общей нормативной трудоемкостью и фактическим объемом работ, выполненных на начало планируемого периода. Объем в нормо-часах на день составления плана-графика можно определить с помощью табуляграмм, полученных при механизированной обработке рабочих нарядов или маршрутных листов, либо укрупненно в виде процента готовности на начало месяца. К этому объему прибавляется плановый объем работ, который должен быть выполнен до окончания текущего месяца. Он устанавливается ориентировочно на основании плана выполнения последней операции или оценки хода выполнения работ по заказу по ведущей детали или комплекту.

При разработке месячного плана следует учитывать, что ряд работ на конец месяца не будет выполнен, т.е. они попадут в категорию переходящих на последующие месяцы. В этом случае объем работ устанавливается путем определения последней операции, которая должна быть выполнена по данной позиции плана или укрупненно в виде процента готовности на конец месяца.

При планировании производства унифицированных и стандартизованных деталей, идущих на разные машины, планово-учетной единицей является деталь конкретного наименования. Планированию их изготовления должна предшествовать работа по выявлению таких деталей, определению их потребности на год и по месяцам и расчету календарно-плановых нормативов. Исходным документом для проведения расчетов является сводная конструкторская специализация, на основании которой составляются ведомости применяемости унифицированных и стандартизованных деталей в различных изделиях и маршрутные карты технологического процесса. Вся эта информация заносится в картотеки справочных данных на машинные носители информации. После обработки массивов применяемости и технологических маршрутов составляют табуляграммы применяемости, потребности в деталях и технологических маршрутов (табл. 4.1).

Табуляграммы потребности на год дают возможность составить их по месяцам. Обычно унифицированные и стандартизованные детали изготавливаются обезличенно по календарно-плановым нормативам серийного производства (оптимальными партиями) и сдаются на склад. Срок запуска очередной партии определяется по точке заказа, являющейся одним из главных параметров системы

максимум-минимум. Точка заказа – это количество деталей, находящихся на хранении, при котором должен быть сделан заказ на изготовление очередной партии деталей. Она определяется по формуле

$$T_{\text{зак}} = Z_{\text{min}} + dT_{\text{ц}},$$

где Z_{min} – минимальный страховой запас деталей (устанавливается лишь для деталей, потребляемых в большом количестве более или менее равномерно в течение ряда лет);

d – среднедневной расход деталей;

$T_{\text{ц}}$ – длительность цикла изготовления партии деталей, рабочих дней.

Поскольку технологический процесс изготовления стандартизованных и унифицированных деталей несложен и более или менее отработан, длительность цикла их изготовления сравнительно невелика и определяется укрупненно для однотипных групп деталей в зависимости от количества операций технологического процесса и трудоемкости партии (см. § 2.3).

Одним из эффективных методов укрупнения планово-учетной единицы в условиях мелкосерийного и единичного производства является применение системы группового запуска в обработку оригинальных деталей разного наименования, но обладающих конструктивным и технологическим сходством. Это позволяет планировать изготовление не отдельно взятой детали, а партии их, поскольку в своем движении в процессе обработки детали подчиняются одним и тем же правилам организации производства.

Группировка деталей изделия или заказа для подбора их в партии осуществляется на основании классификации. Для каждой групповой партии составляется карта нормативов, характеризующих прохождение и трудоемкость ее по группам оборудования (табл. 4.2). Такие карты используются для объемных и календарных расчетов производства и привязки их к календарному времени планового периода, в котором предусматривается изготовление деталей данной партии.

Месячная оперативная производственная программа цеха помимо перечня работ, включенных в план данного месяца, должна содержать данные о их трудоемкости, запуске-выпуске отдельных

ведущих деталей, узловых комплектов партий по неделям и общий объем работ по цеху в нормо-часах. Учет выполнения работ может отражаться в той же форме (табл. 4.3).

Табуляграмма применяемости и потребности в унифицированных и стандартизованных деталях на год

[illegible]

Таблица 4.2

Нормативная карта групповой партии обработки оригинальных шестерен изделия ЛМ 266
в механическом цехе № 1

№ п/п	Наименование детали	Номер детали	Номер узла	Вид заготовки	Количество деталей на заказ	Технологический маршрут и нормы времени по группам оборудования, ч				
						I	II	III	IV	V
1	Червячное колесо	1	1	Бронзовая отливка	7	10,5	-	13,5	9,0	7,2
2	Тоже	2	1	Тоже	4	3,2	-	3,2	6,3	4,1
...	Шестерня коническая	42	22	Поковка стальная	3	4,4	3,7	6,4	3,8	-
42	Шестерня с внутренним зацеплением	A36	11	Поковка стальная	5	6,5	4,8	3,8	6,4	7,2
<i>Итого</i> на групповую партию					136	248,5	87,5	196,4	179,2	148,4

Таблица 4.3

Производственная программа механического цеха на месяц

Номер заказа (в числителе) и порядковый номер изделия (в знаменателе) или партии по заказу)	Индекс детали, угла (компл кта), партии	Наимено вание ведущих деталей или комплект ов	Трудоєм ость, нормо-ч на комплект	Процент готовности		Выпуск на месяц (в числителе – в штуках, в знаменателе – в нормо- часах)					Выполнено за месяц		
				на начало месяца	на конец месяца	всего	в том числе по неделям				шту к	нормо -ч	
							I	II	III	IV			
Ведущие детали													
<u>256</u> 1	3087 56	Станина	1400	20	80	<u>840</u>	<u>210</u>	<u>210</u>	<u>210</u>	<u>210</u>	-	900	
Узловые комплекты													
<u>252</u> 1	3443 42	Силовая головка	1600	50	100	<u>1</u> 800	<u>400</u>	<u>1</u> 400			1	800	
Унифицированные и стандартизированные детали													
<u>СТ1972</u> 4	7483 26	Валик	440	0	100	<u>200</u> 800				<u>200</u> 800	200	440	
Групповые партии оригинальных деталей													
<u>254</u> 1 ...	6498 46	Шестерня	860	25	100	<u>136</u> 645	<u>220</u>	<u>220</u>	<u>136</u> 205	-	136	685	
Итого нормо- часов	в					14200	3500	3500	3600	3600			

4.5. Внутрицеховое календарное планирование

На основании полученного от заводоуправления цехового календарного плана на месяц ПДБ цеха разрабатывает задания отдельным производственным участкам, осуществляет месячное и сменно-суточное внутрицеховое календарное планирование. Основная задача цехового планирования — довести в подетальном, а в некоторых случаях (при разработке трудоемких, сложных ведущих и дефицитных деталей) — в пооперационном разрезе задания цехового плана до каждого участка и рабочего места и обеспечить их равномерную загрузку.

Исходными материалами для разработки подетальных планов являются позаказные спецификации, ведомости расшифровки узловых комплектов, карты технологических процессов и карты расшифровки групповых партий, сроки начала и окончания работ, сроки запуска-выпуска партий и др.

При разработке месячных заданий производственным участкам необходимо: осуществить детализировку месячного плана цеха на основании конструкторских спецификаций; распределить задание цеха между участками; выполнить проверочный расчет производственной возможности оборудования и площадей участков; установить время запуска-выпуска.

Месячные задания производственным участкам разрабатываются таким же методом, как и для серийного производства.

Помимо технологических участков в единичном производстве в обрабатывающих и сборочных цехах имеются предметные участки (по изготовлению общемашиностроительных, унифицированных и стандартизованных деталей и по узловой сборке).

Для предметных участков и участков, построенных по технологическому признаку, при обработке несложных нетрудоемких деталей календарные планы целесообразно составлять в подетальном разрезе. В планах перечисляются все детали, подлежащие изготовлению в планируемом месяце, с указанием срока сдачи и общего объема работ. Общий объем работ не должен превышать располагаемого фонда работы оборудования или рабочих. Для возможности включения в план срочных работ желательно предусматривать некоторый резерв мощностей в объеме, не превышающем 5 % фонда.

Для производственных технологических участков, оснащенных уникальным оборудованием, на которых, как правило, обрабатывается небольшое количество трудоемких и сложных деталей (часто ведущих), составляется подетально-пооперационный план в виде плана-графика загрузки оборудования по обработке отдельных деталей (рис. 4.10). Такой же план-график целесообразно разрабатывать и для сборочных участков. Он составляется на основании детализированной циклограммы сборки узлов и изделия, привязанной к календарному времени данного периода.

Номер заказа	Номер узла или комплекта	Номер детали	Наименование детали	Норма времени на штуку, нормо-ч	Задание на месяц		Выпуск деталей по неделям			
					шт.	нормо-ч.	I	II	III	IV
СТ1972	4	748 326	Валик	2,2	200	440	-	-	-	200
Резервный фонд						170				
Итого ...										

Наименование станка	Инвентарный номер	Недели																				
		1(23)				2(24)				3(25)				4(26)				5(27)				
		Рабочие дни и смены																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					20	22		
		I II	I II	I II	I II	I II	I II	I II	I II	I II	I II	I II	I II	I II					I II	I II		
Росточной	1251	309356/2										307386/3									314343/1	
																						
	1311	341316/1										342319/2									344214/2	
																						
																						
																						

Рис. 4.10. Подетально-пооперационный план-график загрузки оборудования участка уникальных станков на июнь

При разработке календарных планов-графиков сроки запуска-выпуска деталей определяются путем вычитания длительности цикла или опережения сроков подачи на комплектацию или передачи на другие участки. Если сроки обработки нескольких деталей на данной единице оборудования накладываются друг на друга, т.е. совпадают, необходимо *предусматривать* в графиках сдвиг обработки деталей на более ранние сроки. При этом в первую очередь переносятся сроки обработки менее крупных, несложных и менее трудоемких деталей, тогда как сроки обработки крупных,

сложных и трудоемких деталей следует оставлять неизменными.

В заготовительных цехах подетально-пооперационные графики строятся лишь для наиболее крупных и трудоемких отливок и поковок с большим циклом изготовления, включая время на изготовление оснастки (моделей, штампов), а также время на выполнение промежуточных операций обработки (например, отжига, отпуска и др.).

Непосредственная организация на участках осуществляется с помощью системы сменно-суточного планирования и оперативной подготовки производства. Сменно-суточный план составляется на основании месячного плана-графика работы участка и хода его выполнения. Его цель – довести до каждого рабочего места задание по обработке конкретных деталей в ближайшие сутки, смену. Поэтому в него включаются только те работы, по которым подготовлена вся техническая документация, изготовлена оснастка, инструмент, имеются полуфабрикаты или материалы и т.д.

Поскольку номенклатура обрабатываемых деталей в единичном производстве по суткам и сменам изменчива, а также имеется возможность неоднократной перекомпоновки плана, то выдача письменных заданий на каждую смену и сутки каждому рабочему месту – трудоемкая и малоэффективная работа. Поэтому для распределения работ между рабочими местами в смену и сутки применяются различные приспособления, позволяющие оперативно корректировать задания месячного плана и выдавать их каждому рабочему без документационного оформления. Наиболее удобными и распространенными являются различного рода календарно-распределительные контрольные картотеки и доски, в ячейки которых помещают соответствующую техническую и оперативную документацию, отражающую план и фактическое состояние работ на участке.

Обычно в таких картотеках для каждой единицы оборудования или рабочего места на каждую дату отводятся две ячейки (по числу смен). В ячейку помещается документация (обычно рабочие наряды) на те детали, которые должны быть обработаны за данную смену, что определяется очередностью выполнения работ. Нормативная трудоемкость работ, которые планируется выполнить за смену, должна обеспечить полную загрузку рабочего места и соответствовать продолжительности рабочего дня с учетом

планируемого процента перевыполнения норм времени. Каждая ячейка может быть разделена на ряд секций, в которые помещается документация, отражающая состояние движения деталей в обработке. Рабочие наряды по деталям, для которых данная операция является предшествующей, могут быть помещены в верхнюю секцию, где находится документация по деталям, подлежащим запуску в первую очередь. В нижнюю секцию помещается документация деталей, для которых данная операция является последующей.

Подобные приспособления могут использоваться и для текущего контроля производства, документационной и материальной обеспеченности работ. Ячейка данной единицы оборудования по определенной дате и смене может быть разделена на секции «В работе» и «Ожидают освобождения станка», куда помещаются наряды на соответствующие детали.

В картотеке можно выделить ячейки для нарядов на детали, для которых отсутствуют заготовки, документация, инструмент и др. Могут быть выделены специальные ячейки для каждого номера заказа, куда помещается документация по деталям и работам, выполненным по данному заказу (рис. 4.11).

Таким образом, календарно-распределительные приспособления позволяют оперативно осуществлять сменно-суточное планирование, видеть общую картину производства на участке, занятость каждого рабочего места, помогают регулировать последовательность движения деталей по операциям, выявлять степень материальной обеспеченности, наличие документации и т.п.

Сменно-суточные задания выдаются не только основным участкам цеха, но и вспомогательным хозяйствам, отделениям и службам (материальным и инструментальным кладовым, службе механика, транспортным бригадам, технологическому бюро цеха и др.).

Оперативный учет выполнения сменно-суточных заданий осуществляется на основании пооперационных рабочих нарядов или пооперационных перфокарт. В эти документы, которые обычно тиражируются в процессе подготовки заказа к производству, постоянная информация заносится заранее, а переменная (табельный номер и фамилия рабочего, количество фактически обработанных деталей, брак и др.) – после окончания работы.

Нет заготовок		Нет инструмента				Нет документации				Срочные работы			
Наименование оборудования	Инвентарный номер	Рабочие дни Смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		I											
		II											
		/											
		I											
		I											
		II											
		I											
		II											
		I											
		II											
		I											
		II											
		I											
		II											
		/											
		II											
		/											
		II											
Готовые детали и узлы по заказом													
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№

Рис. 4.11. Схема календарно-распределительной картотеки для сменно-суточного планирования работы участков

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

5.1. Необходимость и эффективность текущего контроля и регулирования производства. Понятие о диспетчировании

Как отмечалось в главе 1, на ход производственного процесса оказывает влияние множество факторов, в том числе и таких, которые обуславливают негативные последствия. Если заранее не выявить эти факторы и не принять меры по предупреждению их отрицательного влияния на ход производства, они неизбежно приведут к отклонениям от запроектированных параметров, а следовательно, и к нарушению хода совокупного производственного процесса. Это обстоятельство требует непрерывного наблюдения за ходом производства, сравнения его фактических параметров с запроектированными, т.е. обеспечения текущего контроля, выявления факторов, оказывающих на него отрицательное воздействие как по количеству, так и по качеству и принятия оперативных мер по их своевременному предупреждению и тем самым устранению или сведению к минимуму потерь от возможных отклонений.

В ходе производства отклонения его параметров от показателей, зафиксированных в календарных планах, могут быть вызваны причинами как внутреннего, так и внешнего порядка, т.е. зависящими и не зависящими от работы предприятия.

Для поддержания производства в заданных параметрах текущий контроль должен дополняться мерами непосредственного регулирования, что достигается текущим оперативным распорядительством и маневрированием резервами.

Эффективность текущего контроля и регулирования производства состоит в ликвидации или сведении к минимуму производственных потерь, являющихся следствием нарушения его нормального хода, предусмотренного календарными планами (потери в выпуске продукции, перерасход сырья и материалов, простой рабочей силы, оборудования, потери от возможных аварий, излишних переналадок, применения сверхурочных работ и др.), которые могут возникать из-за несвоевременного выявления возможных отклонений и непринятия соответствующих мер оперативного воздействия на ход производственного процесса.

Таким образом, протекание производственного процесса в заранее заданных календарными планами параметрах невозможно без постоянного наблюдения за его ходом и принятия мер по ликвидации возможных отклонений. Метод непрерывного централизованного наблюдения, контроля и регулирования производственного процесса, основанный на календарных планах его организации и использующий технические средства для сбора и анализа информации и дачи текущих оперативных распоряжений, называют *производственным диспетчированием*.

В связи с внедрением на заводах АСУ и применением терминов кибернетики, рассматривающей любую сторону деятельности предприятия как управляемую систему, в научной литературе термин «производственное диспетчирование» все больше вытесняется термином «оперативное управление производством», который охватывает также разработку календарных планов и дачу оперативных указаний не только диспетчерским аппаратом, но и линейными и функциональными руководителями.

Условия для нормального хода производственного процесса создаются системой мер и мероприятий, связанных с подготовкой производства, которые должны быть осуществлены заранее, что обеспечивается текущей деятельностью линейных руководителей производства. Чем больше внимания уделяет линейный персонал вопросам подготовки производства, тем больше уверенности в его успешном протекании. Это требует создания специального функционального аппарата, занятого текущим наблюдением и регулированием производственного процесса. Таким аппаратом является диспетчерская служба, которая должна освободить линейных руководителей производства от мелких повседневных вопросов, отвлекающих от решения перспективных задач, и заменить их при решении вопросов текущего оперативного порядка, т.е. вопросов, связанных с согласованием и увязкой работы всех производственных и непроизводственных подразделений.

Основным методом диспетчирования является профилактика, т.е. предупреждение отклонений. Чем раньше будут выявлены причины, которые могут вызвать отклонения хода производственного процесса, тем выше уровень диспетчерской работы на заводе, больше уверенности в выполнении планов-

графиков.

Для успешного решения задач, стоящих перед производственным диспетчированием, необходимы следующие основные объективные условия:

1) наличие научно обоснованных и взаимоувязанных календарных планов-графиков работы всех производственных и непроизводственных подразделений (включая транспорт, снабжение, складское хозяйство и т.д.), на основании которых фактический ход производственного процесса сравнивается с нормативным и выявляются отклонения;

2) обеспечение производственных подразделений всем необходимым (документацией, оборудованием, материалами, заготовками, деталями, инструментом и др.) по всей номенклатуре продукции, включенной в план;

3) возможность быстрого получения точных данных с любого участка о фактическом ходе производства и о том, что происходит на нем в данный момент; возможность вызвать любое должностное лицо без оставления работником диспетчерской службы своего рабочего места, что требует применения специальных технических средств;

4) возможность маневрирования резервами производства (материалами, оборудованием, транспортом, инструментом, людьми) с тем, чтобы использовать эти резервы для предупреждения намечающихся отклонений или быстрой ликвидации негативных последствий, если их не удалось предупредить;

5) возможность изменения оперативных заданий и планов на ходу с целью загрузки мощностей и рабочих изготовлением деталей или выполнением работ, которые не включены в план текущих суток, но которые обеспечены всем необходимым, за счет исключения из программы деталей или работ, по которым отсутствуют и не могут быть созданы в течение смены или суток условия для их выполнения (нет документации, материалов, инструмента, оснастки и др.);

6) наделение ответственных работников диспетчерской службы необходимыми правами в области оперативного текущего распоряительства, в том числе правом дачи указаний линейному персоналу низших ступеней управления по всем вопросам, касающимся обеспечения нормального хода производственного процесса, предусмотренного календарно-плановыми нормативами и графиками (уточнения заданий, сроков запуска-выпуска, материального обеспечения, перемещения

работников и т.д.).

Ликвидация неполадок и отклонений хода производственного процесса от предусмотренных календарными планами параметров осуществляется диспетчерским аппаратом путем оперативного распорядительства. При любом отклонении перед диспетчерским аппаратом возникает альтернатива: обеспечить изготовление данной заготовки, детали, узла в срок (иначе будет нарушен нормальный ход производства на других участках) или загрузить рабочих и оборудование данного участка другими работами, когда выпуск запланированных деталей обеспечить либо вовсе невозможно либо возможно с большими дополнительными производственными потерями.

В любом случае при принятии конкретных решений и указаний диспетчерский аппарат должен опираться на выделенные в его распоряжение резервы, которые можно подразделить на три группы: 1) резервы сроков; 2) материальные резервы; 3) моральные резервы.

Резервы сроков – это прежде всего резервные опережения, т.е. разрыв во времени между окончанием обработки детали на данной операции и началом ее обработки на следующей (соответственно на предыдущем участке или цехе и последующих). Сюда следует отнести также резервы досрочного выполнения работ. При наличии резервных опережений или досрочном выполнении операций на данном участке диспетчер может принять решение о задержке выпуска детали, не обеспеченной всем необходимым, на определенный срок, а вместо нее запустить в производство другую, чтобы предупредить простой рабочих и оборудования. Этот резерв может быть использован и при решении вопроса о срочном запуске в производство остродефицитных деталей, если изготовление деталей, включенных в план, приостанавливается. К данному резерву следует прибегать в крайнем случае, когда исчерпаны все другие резервы, поскольку это решение наносит производству невосполнимые материальные и денежные потери. Каждый такой случай необходимо разбирать на производственных и диспетчерских совещаниях и выявлять виновников.

Материальные резервы – это резервы средств производства. К ним относятся страховые (резервные) заделы полуфабрикатов, деталей, материалов, инструмента, оснастки, наличие которых позволяет при перебоях в работе на данном участке обеспечить временное питание последующих участков и операций. При их использовании должны быть приняты меры для немедленного восполнения резервов до нормальной

величины»

Моральные резервы – осознание работниками ответственности за порученное дело и его важности для производства. Обращение к этим резервам состоит в разъяснении или напоминании работнику о последствиях, к которым может привести невыполнение задания. Благодаря этому может быть повышена интенсивность его работы, способствующей скорейшей ликвидации отклонений. Моральные резервы должны дополняться материальным поощрением за интенсивную работу по ликвидации отклонений.

По месту образования и порядку распоряительства различают резервы, которыми распоряжается диспетчерский аппарат соответствующего подразделения.

К заводским резервам помимо находящихся в общезаводских службах и хозяйствах (транспортном, энергетическом, ремонтном, складском и др.) относятся резервы цехов в виде свободных средств производства, специально выделенных для общезаводских нужд. Они могут быть использованы лишь по указанию общезаводского руководящего персонала или общезаводской диспетчерской службы.

Успешное выполнение заданий предполагает установление определенных правил пользования резервами.

1. Обращаться к резервам можно только в исключительных случаях, когда нельзя предупредить отклонения путем обычного текущего распоряительства по ходу выполнения плана. Частое и необоснованное обращение к резервам свидетельствует о невысоком уровне линейного и оперативного руководства.

2. Сначала используются местные резервы (участка) и только в крайнем случае – резервы более высокого уровня (цеха, завода). Обращение к резервам более высокого уровня отвлекает руководителей высшего звена от выполнения их функций и свидетельствует о неумении ликвидировать отклонения за счет внутренних резервов.

3. В первую очередь используются материальные резервы и только в крайнем случае – резервы рабочей силы (переброска рабочих с одного участка на другой, применение сверхурочных работ, материальное поощрение за ликвидацию отклонений и др.).

4. При обращении к резервам должно быть обеспечено минимальное вмешательство линейных руководителей высшего звена предприятия (директора и его заместителей) в текущую деятельность производственных подразделений.

Основными объектами контроля и регулирования производства являются обеспеченность подразделений завода всем необходимым для их работы и соблюдение календарно-плановых нормативов и предписаний планов-графиков. Кроме того, диспетчерский аппарат осуществляет контроль за выполнением текущих распоряжений, отданных линейным руководством завода и отдельных цехов.

В связи с тем, что содержание календарно-плановых нормативов в производствах разного типа различно, состав объектов контроля и регулирования конкретизируется.

В серийном производстве в первую очередь контролируются сроки запуска-выпуска партий заготовок, деталей, узлов, состояние цикловых и складских заделов, в массовом – установленный ритм работы поточных линий, период их оборота, очередность и сроки смены объектов производства, состояние линейных и межлинейных заделов, в единичном — запуск-выпуск ведущих деталей, сроки выполнения работ по узловой сборке, ход технической и оперативной подготовки производства по отдельным заказам.

В производстве всех типов объектом текущего контроля и регулирования является материальная обеспеченность цехов и участков, своевременность перемещения предметов труда с операции на операцию, с участка на участок и из цеха в цех, в первую очередь по отстающим дефектным деталям.

5.2. Особенности контроля и регулирования количества и качества в процессах разных видов

Как количество, так и качество продукции создается в ходе осуществления процесса, т.е. при функционировании динамической производственной системы. По степени влияния на конечные результаты (по выпуску продукции) процессы можно подразделить на следующие группы: непрерывно-естественные, непрерывно-искусственные, прерывные периодические (многоразовые), прерывные одnorазовые.

К *непрерывно-естественным* можно отнести все аппаратурные процессы, где превращение исходного сырья в продукт осуществляется внутри замкнутых аппаратов в результате физико-химических реакций, протекающих без непосредственного воздействия орудий труда и вмешательства человека, с помощью которых начато осуществление этой реакции (задувка доменной печи, пуск ядерного реактора и др.) Харак-

терная особенность таких процессов состоит в том, что бесперебойное протекание и их конечные результаты, т.е. количество и качество продукта, определяются не столько воздействием орудий труда и самого труда, сколько количеством и качеством вводимых в процесс материальных и энергетических ресурсов. Другими словами, скорость реакции, т.е. преобразования ресурсов в продукцию, определяется параметрами входа. Так, количество и качество чугуна, выплавляемого доменной печью определенной вместимости, зависит от количества и качества загружаемой руды, кокса, флюсов, давления и температуры дутья и т.д. Следовательно, основным методом поддержания такой системы в равновесии, т.е. поддержания заданного количества и качества продукта в заданных пределах, является регулирование поступления материалов на входе. Поэтому методом регулирования показателей и параметров процесса является *компенсация помех (возмущений)* его протеканию. Суть этого метода — установление количественной зависимости между возмущением и конечным результатом на выходе — величиной, регулируемой как по количеству, так и по качеству (например, количеством подаваемого топлива и температурой в доменной печи, количеством и качеством подаваемого кокса и содержанием углерода и вредных примесей в чугуне). Их соотношение определяет величину управляющего воздействия (рис. 5.1). Таким образом, контроль количества задаваемого сырья на входе обеспечивает одновременно и контроль количества и качества продукции на выходе.

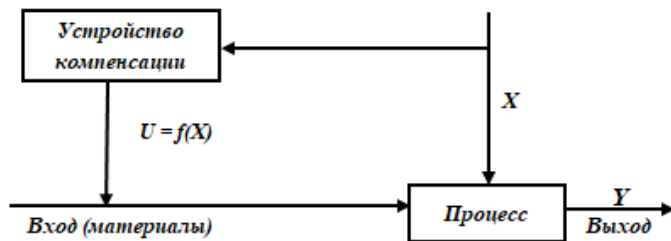


Рис. 5.1. Схема регулирования непрерывно-естественного процесса: Y — регулируемая величина (количество, качество); X — возмущающее воздействие; U — управляющее (регулирующее) воздействие

Основная часть информации, необходимой для регулирования такого

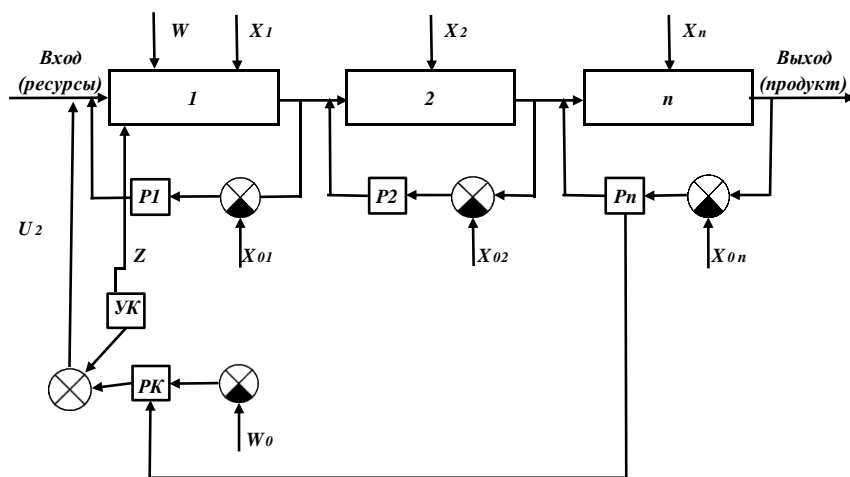
процесса, — это сведения о количестве и качестве поданных в него сырья, материалов, топлива, энергии, а также о состоянии основного и резервного оборудования, обеспечивающего их ввод в процесс (в доменную печь, установку и др.), агрегатов, регулирующих объем подачи (положение клапанов, задвижек, регуляторов и др.), и внутреннем состоянии аппарата (температура, давление и др.).

Управляющее воздействие принимает форму команд, передаваемых на исполнительные механизмы, которые обеспечивают увеличение (уменьшение) подачи ресурсов в процесс. В ряде случаев (при ручном регулировании) это воздействие может осуществляться в виде устных и письменных команд персоналу, приводящему в действие машины. *Непрерывно-искусственные процессы* — это процессы, созданные человеком из совокупности прерывных частичных процессов, каждый из которых выполняет функции либо по изготовлению отдельной части продукта, либо по выполнению отдельной операции и может быть отделен в пространстве и во времени от других элементов. Примером такого процесса может служить непрерывно-поточное производство машин и их частей (автомобилей, электродвигателей и др.). Соединенные вместе (в пространстве) и согласованные во времени (в порядке последовательности операций) прерывные элементы в этом случае составляют единый непрерывный процесс, т.е. систему жестко связанных рабочих мест.

По характеру преобразования ресурсов в продукцию эти процессы можно подразделить на процессы, где исходный материал подвергается непосредственному воздействию орудий труда для изменения его исходных свойств и получения новых (по форме, размерам, структуре и др.), и процессы, где предмет труда изменяет только свое пространственное расположение, соединяясь с другими входящими в процесс элементами. Первый — это получение заготовок деталей или их обработка, второй — сборка в готовое изделие.

Для процесса обработки характерно наличие на входе одного предмета труда. Контроль и регулирование количества в этом случае осуществляется на входе, т.е. ведется наблюдение за подачей предметов труда на первую операцию. Поскольку задержка подачи предмета труда на первую операцию означает прекращение протекания процесса в целом, то для обеспечения его непрерывности необходимо перед первой операцией иметь устройство компенсации — резервное (запасное) количество предметов, которые запускаются на первую операцию каждый раз, когда происходит задержка поступления их со стороны, т.е. с предыдущих

Поскольку при контроле качества на любой операции может быть выявлен брак, что вызывает отклонения и в количестве, необходимо, чтобы информация о качестве передавалась в цепь обратной связи количества (рис. 5.2).



X_1, X_2, \dots, X_n — возмущающие воздействия на качество; W — то же на количество на первой операции; Z — возмущающие воздействия внешней среды на количество; P_1, P_2, \dots, P_n — пооперационные регуляторы качества; PK — регулятор количества;

УК – устройство компенсации; ®, ® – устройства сравнения; $U_1 U_2$ – управляющие воздействия; $U_1 = f(W)$, $U_2 = f(Z)$; X_{01} X_{02} , X_{0n} и W_0 – заданные состояния (эталон) соответственно качества и количества

В непрерывных сборочных процессах число входов предметов равно числу операций, а выход один, причем на каждую операцию может даваться несколько предметов труда. В процессе такого вида возмущения на количество действуют на вход каждой операции. При этом задержка подачи материальных ресурсов (готовых деталей, узлов) на любой из них влечет за собой остановку (перерыв) совокупного процесса в целом. Поэтому основным методом поддержания процесса в равновесии, т.е. обеспечения его непрерывности, является компенсация помех (возмущений), что достигается устройством перед входом каждой операции накопителей заделов, играющих роль буферных емкостей. Резервные предметы труда, находящиеся в запасе, подаются на вход соответствующей операции с каждой задержкой на выходе предыдущих стадий (заготовительных, обрабатывающих) совокупного процесса или в снабжении комплектующими изделиями извне. Поэтому устройство компенсации необходимо иметь на входе каждой операции. Качество готового продукта может быть проверено лишь после выполнения всех операций процесса, поэтому его контроль и регулирование осуществляются после последней операции (рис. 5.3).

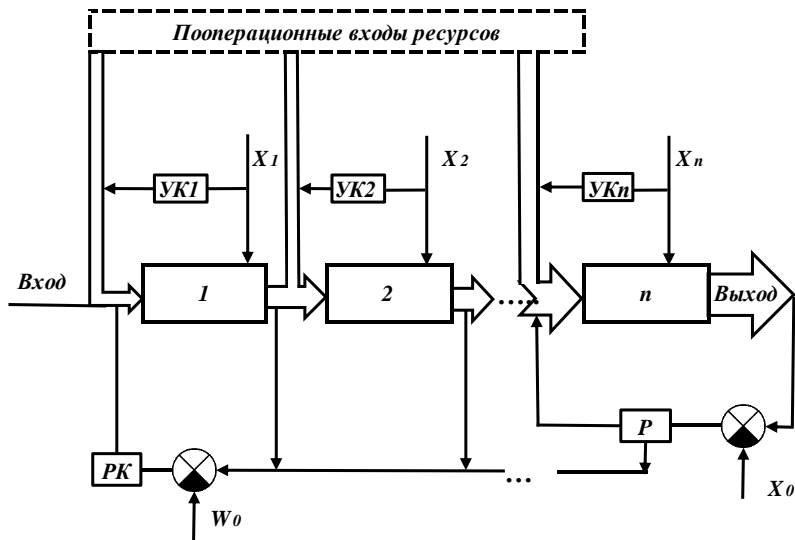


Рис. 5.3. Схема контроля и регулирования количества и качества в непрерывно-искусственном процессе сборочного типа: X_1, X_2, \dots, X_n — возмущающие воздействия и устройства компенсации по операциям $УК1, УК2, \dots, УКn$; PK, P — регуляторы соответственно количества и качества по отклонениям; X_0, W_0 — заданные состояния качества и количества

Прерывные периодические процессы имеют место в серийном производстве, где предметы труда на данной операции обрабатываются партиями, после чего передаются на следующую, а в это время на этой же операции приступают к обработке партии других деталей. При этом процесс обработки конкретной детали прерывается как на операции (в ожидании окончания изготовления партии), так и между операциями (на время передачи партии и ожидания начала обработки).

Характерным для таких процессов является чередование обработки одних и тех же предметов в заданной последовательности через определенный более или менее длительный период времени. Совокупный процесс оказывается как бы слепленным из отдельных осколков таким образом, что его заключительные операции (сборочные) могут осуществляться непрерывно. Эта непрерывность достигается только в том случае, если строго выдерживаются сроки и последовательность

чередования предшествующих операций.

Контроль количества и качества таких процессов усложняется. Отрицательные воздействия на них могут иметь место на каждой операции. По количеству – это задержка в подаче предметов на входе, по качеству – индивидуальные воздействия орудий труда и работника на предмет труда. Циклический характер производства повторяющихся работ позволяет разработать стандартный эталон (план-график) протекания операций процесса во времени. Поэтому контроль за началом и окончанием операций на каждом рабочем месте одновременно является и контролем количества. Однако строгое соблюдение периодичности процесса обеспечит выпуск продукции в заданном объеме только в том случае, если в производство каждый раз запускаются предметы в заранее обусловленном, стандартном количестве, т.е. в объеме нормативной партии. Поэтому контроль количества в прерывном периодическом процессе сводится в первую очередь к контролю соблюдения размеров партий и периодичности их запуска-выпуска.

Так как одинаковые детали в процессе обрабатываются партиями, то контроль размера партий осуществляется лишь на первой операции, т.е. однократно. При дальнейшем прохождении партии деталей в процессе контроль количества превращается в наблюдение за сроками запуска-выпуска по каждой операции, т.е. становится пространственно-временным фактором, причем выравнивание отклонений по количеству, т.е. по времени, осуществляется с помощью обратной связи, а для устранения возмущений на входе и выходе процесса (т.е. при нарушении размера партии) создаются компенсаторы в виде запасов (заделов) – заготовок перед первой операцией и готовых деталей после последней.

Поскольку для каждой операции устанавливается особый эталон (показатель) качества и отклонения возможны на каждой стадии процесса, контроль и регулирование качества организуются пооперационно. Общая схема контроля и регулирования количества и качества в прерывных периодических процессах приведена на рис. 5.4.

Как видно из рисунка, продолжительность протекания операции, т.е. временные связи, в таких процессах становится важнейшим элементом контроля и регулирования количества. Поэтому главная задача — обеспечить выполнение операций в заданный срок.

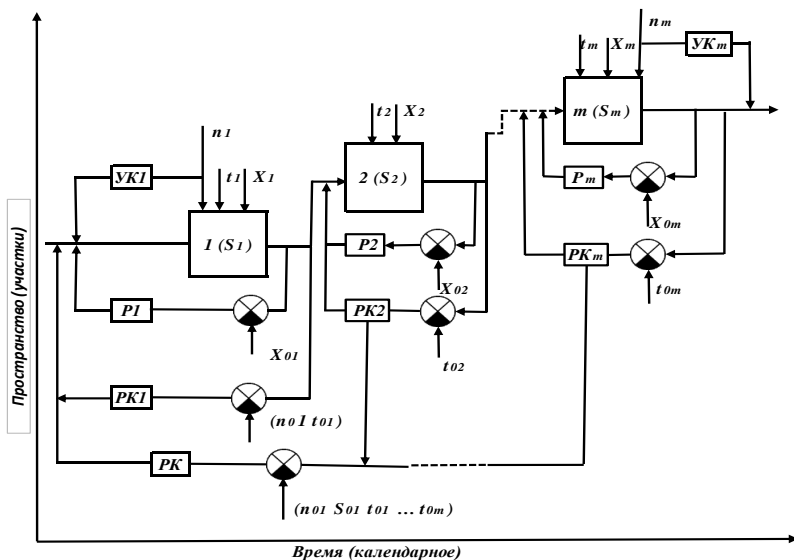


Рис. 5.4. Схема контроля и регулирования количества и качества в прерывном периодическом процессе за время цикла обработки: 1 (S_1), 2 (S_2), ..., m (S_m) — номера операций и соответствующие им участки; n_0 — эталон количества (нормативный размер партии); n_1, \dots, n_m — возмущающие воздействия на количество (на размер партии) при запуске и выпуске; $УК_1, \dots, УК_m$ — устройства компенсации на первой и последней операциях; $t_{01}, t_{02}, \dots, t_{0m}$ — заданный эталон или план-график моментов начала и окончания обработки на соответствующей операции; t_1, t_2, \dots, t_m — возмущающие воздействия на количество (продолжительность соответствующих операций); S — подразделение (пространство), в котором осуществляется обработка деталей; PK_1, PK_2, \dots, PK_m и P_1, P_2, \dots, P_m — пооперационные регуляторы соответственно количества и качества по отклонениям во времени; остальные обозначения (см. рис. 5.2)

Прерывные одноразовые процессы имеют место при выпуске продукции в единичных экземплярах. В этом случае изготовление отдельных ее частей в пространстве и во времени не повторяется. Из-за множества различных элементов (изделия различаются по своим формам и размерам, а главное — по трудоемкости) установить наблюдение за обработкой каждого из них не представляется возможным. Поэтому выделяются так называемые ведущие элементы (детали, узлы), которые и являются предметом контроля сроков и качества их изготовления. К ним привязывается прохождение по подразделениям предприятия и более мелких, второстепенных деталей.

В условиях прерывного одноразового производства из-за большого разнообразия предметов труда и нерегулярности их изготовления наряду с наблюдением за прохождением ведущих деталей важное значение имеет обеспечение равномерного использования средств труда. Это, в свою очередь, предполагает подбор и комплектование работ на каждый дробный плановый период (неделю, сутки, смену) на каждую единицу оборудования в более или менее одинаковом размере. Поэтому контроль и регулирование количества в этом случае дополняется наблюдением за загрузкой оборудования, в первую очередь ведущего, уникального и дефицитного. Контроль и регулирование качества здесь включает проверку предмета не только после каждой операции, но и по переходам, т.е. по элементам операции.

5.3. Внешние возмущающие воздействия на производственный процесс по количеству и их влияние на его устойчивость

Внешняя среда влияет на состояние совокупного процесса как на его входе, так и на выходе. Главным возмущающим воздействием на процесс на входе является нарушение сроков или условий поставки ресурсов (материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и др.) как по количеству, так и по качеству. На выходе – это требования потребителя изменить количество продукции (увеличить или уменьшить количество поставляемой продукции, перераспределить во времени поставки продукции, изменить конструкцию отдельных деталей и узлов и др.). В условиях рынка предприятие должно знать и оценивать экономические последствия воздействий на него внешней среды и адаптироваться к ним с минимальными потерями. Именно поэтому большой интерес представляет изучение реакций производственной системы и ее элементов на внешние возмущения. Это необходимо для переналадки производства и его подразделений таким образом, чтобы свести к минимуму потери или обеспечить максимальную выгоду за счет быстрой реакции на внешние воздействия.

Сначала рассмотрим задачу в общем виде. Поскольку предприятие является динамической системой с обратной связью, с помощью которой обеспечивается динамическое равновесие, то всякая задержка поставок материалов на входе, повышенный или пониженный спрос на продукцию на выходе действует на него подобно приложению дополнительной

силы к динамической механической системе. Эта сила вызывает в ней отклонения от заданного состояния.

Величина отклонения Y в любой момент t в регулируемых системах с обратной связью определяется по формуле

$$Y_{(t)} = (SR)^t Y_{(0)}, \quad (5.1)$$

где SR – оператор обратной связи;

S – мощность регулируемой системы;

R – мощность регулятора;

$Y_{(0)}$ – отклонение (возмущение) от заданного состояния в начальный (исходный) момент t_0 .

Если R и S имеют одинаковые знаки, в системе регулирования существует положительная обратная связь, если разные – отрицательная. Отрицательная обратная связь способствует стабилизации процесса в пределах заданного состояния. При этом система будет устойчивой, если $SR < 0$.

Из формулы (5.1) видно, что отрицательная обратная связь при $SR < 0$ вызывает затухающие колебательные отклонения от заданного состояния. Так, если в исходный момент (при $t = 0$) отклонения от заданного состояния составят 20 ед. ($Y_{(0)} \geq 20$), то при $SR = -1/2$ через интервалы $t - 1$ отклонения составят:

$$\begin{aligned} Y_{(1)} &= (-1/2)^1 \cdot 20 = -10; \\ Y_{(2)} &= (-1/2)^2 \cdot 20 = 5; \\ Y_{(3)} &= (-1/2)^3 \cdot 20 = -2,5; \\ Y_{(4)} &= (-1/2)^4 \cdot 20 = 1,25; \dots, \end{aligned}$$

т.е. система стремится к равновесию (рис. 5.5).

Показанное на рис. 5.5 затухание отклонений достигается путем корректирующего воздействия на систему в момент возникновения отклонения (в момент $t = 0$). Однако при регулировании процесса имеет место задержка во времени между моментом возникновения отклонения на выходе системы и моментом введения корректирующего воздействия на входе. При этом наиболее неблагоприятной для обеспечения устойчивости системы является величина задержки, равная точно половине периода колебания (в

нашем примере период колебания равен двум). В этом случае корректирующее воздействие не уменьшает, а, наоборот, усиливает колебания, т.е. величину отклонений.

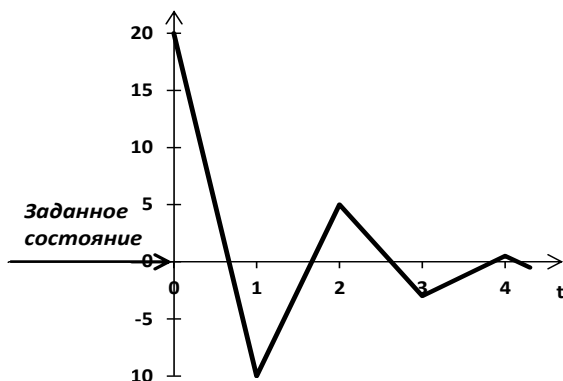


Рис. 5.5. Затухание колебаний (отклонений) в системе под воздействием регулятора обратной связи

Основными мероприятиями, обеспечивающими сведение к минимуму потерь от нарушения равновесия системы, являются: 1) максимальное уменьшение периода запаздывания; 2) прогнозирование производственной ситуации с тем, чтобы заранее предвидеть отклонения и принимать решения с упреждением; 3) непрерывное наблюдение за ходом производства, что позволяет свести к минимуму отклонения системы от заданного состояния.

Поскольку предприятие в отличие от простой динамической системы состоит из многочисленных подразделений (подсистем и элементов), каждое из которых имеет свой вход, выход и величину запаздывания, то отклонение, вызванное воздействием внешней среды, в свою очередь, вызывает цепь отклонений в протекании процессов ее внутренних элементов.

Сначала рассмотрим реакцию внутренних элементов и предприятия в целом на возмущения на входе системы. Наиболее частым внешним возмущающим воздействием на входе является либо задержка в получении очередной партии материалов, либо поставка их в уменьшенном по сравнению с нормой количестве. Эти возмущения влияют прежде всего

на работу первого по ходу производственного процесса технологического предела (цеха). В таком случае этот цех (например, кузнечный, литейный и др.) будет некоторое время осуществлять процесс в прежнем темпе за счет имеющихся страховых (резервных) запасов материалов, по исчерпанию которых производство прекратится до момента очередной поставки (рис. 5.6).

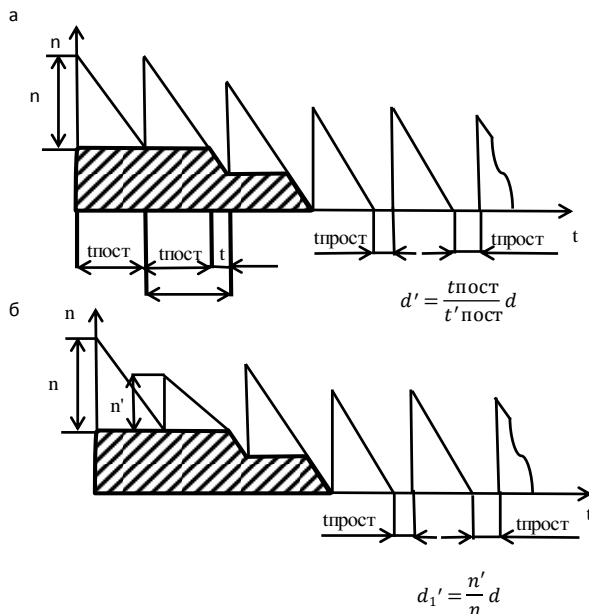


Рис. 5.6. Схема движения запасов материалов и среднеедневного производства заготовок при возмущениях на входе процесса: а – при систематической задержке (увеличенном интервале) поставки; б – при уменьшении партии поставки; \triangle – текущий запас; штриховка – страховой запас; n , $t_{\text{пост}}$ – нормативные партия и период поставки; n' , $t'_{\text{пост}}$ – соответственно фактические величины; d' – фактический среднеедневной выпуск заготовок; $t_{\text{прост}}$ – простой цеха из-за отсутствия материалов; $t_{\text{зап}}$ – время запаздывания поставки

Если эти возмущения будут носить систематический (постоянный) характер, то либо первое по ходу технологического процесса подразделение, а за ним последовательно другие должны перестроиться на более низкий темп производства, либо необходимо предусмотреть регулярные перерывы (простои) в работе. Новый темп (d') при этом определится по формуле:

$$d' = \frac{n'}{n} \text{ или } d' = \frac{t_{\text{пост}}}{t'_{\text{пост}}} d,$$

где n, n' – соответственно исходная и фактическая партии поставки;
 d – исходный темп выпуска изделий (шт/день);

$t_{\text{пост}}, t'_{\text{пост}}$ – соответствующие интервалы поставки.

Так, если в нашем примере исходный интервал поставки составлял 40 дней, а нормативная партия поставки при $d = 300$ шт/день составляла 12 тыс., то при увеличении интервала до 50 дней при прежней партии поставки или снижении ее до 9600 единиц новый темп выпуска продукции должен составить:

$$d' = \frac{40}{50} \cdot 300 = 240 \frac{\text{шт}}{\text{день}} \text{ или } d' = \frac{9600}{12000} \cdot 300 = 240 \text{ шт/день},$$

что на 20 % ниже исходного.

Если уменьшение срока или партии поставки носит случайный, временный характер, то недополученное количество материалов должно быть компенсировано в последующих поступлениях или путем сокращения интервала поставки на величину Δt при прежнем размере партии либо при ее увеличении на Δn при неизменном интервале поставки. При этом величины Δt и Δn определяются по следующими выражениям:

$$\Delta t = \frac{t_{\text{зап}}}{k_{\text{пост}}} \text{ и } \Delta n = \frac{t_{\text{зап}}}{k_{\text{пост}}},$$

где $t_{\text{зап}}$ – общее время запаздывания, дн.;

$k_{\text{пост}}$ – количество последующих поставок, в которых предусматривается возмещение запасов.

Сказанное проиллюстрируем примером. Предположим, что в результате задержки четырех поставок каждой на 10 дней (а всего на 40 дней) недополучено материалов на 12 тыс. комплектов изделий. При уровне страхового запаса в 6 тыс. ед. заготовительный цех простоят дважды по 10 дней, т.е. 20 дней $\left(\frac{12000-6000}{300}\right)$. Чтобы не прерывать в дальнейшем процесс получения заготовок и восполнить страховой запас материалов до установленной нормы в четырех последующих поставках, необходимо или сократить их сроки по сравнению с нормативными на 10 дней (40/4), т.е. с 40 до 30 дней при прежнем размере

партии, или же временно (на четыре поставки) увеличить партию отгрузки на 3 тыс. комплектов ($\frac{40 \cdot 300}{4}$), т.е. с 12 до 15 тыс. (рис. 5.7).

Выясним, какое влияние оказывают задержки поставок материалов с последующей компенсацией на работу отдельных подразделений предприятия. Во время первых двух задержек поставки материалов на 10 дней производственный процесс заготовительного цеха не прерывался за счет использования страхового запаса. В течение двух последующих задержек это подразделение простояло по 10 дней. В связи с учащением поставок или увеличением партии отгрузки для компенсации недоданного количества заготовок цех должен временно повысить темп работы, по крайней мере до уровня, обеспечивающего потребление всей партии материалов до следующей поставки.

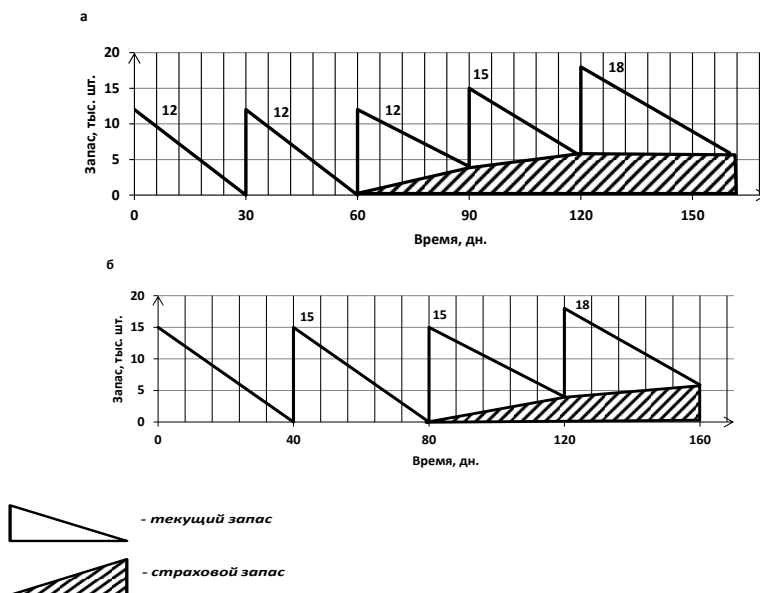


Рис. 5.7. Движение запасов материалов при компенсации недогрузки в последующих четырех поставках (нормативный запас 18 тыс. шт.): а – при уменьшенном интервале поставки;
б – при увеличенной партии поставки

В нашем примере при сокращении интервала поставки с 40 до 30 дней

временный темп выпуска заготовок $d' = \frac{t_{\text{пост}}}{t'_{\text{пост}}} d = \frac{40}{30} \cdot 300 = 400$ комплектов в день, или на 33 % выше исходного; а при увеличении партии по

ставки с 12 до 15 тыс. комплектов $d' = 300 \cdot \frac{15000}{12000} = 375$ комплектов в день, т.е. на 25 % выше исходного. Этот темп должен быть сохранен на время между двумя последующими поставками (не считая первой), т.е. в первом случае на 60 дней, во втором на 80. Однако процесс увеличения выпуска не может быть мгновенным. В какой-то период времени он увеличивается на определенную величину, затем стабилизируется и снова уменьшается до исходной величины. Если предположить, что уменьшение или увеличение осуществляется равномерно в течение 1/3 периода, а в течение 1/3 периода выпуск остается стабильным, то максимальный темп производства определится по формуле:

$$d_{\text{max}} = d \left(1 + \frac{3t_{\text{пост}}}{2t} \right),$$

где $t_{\text{прост}}$ – время перерыва (простоя) в работе соответствующего подразделения из-за отсутствия материалов; t – время, в течение которого предусматривается восполнение потерь продукции.

В рассматриваемом примере для заготовительного цеха $t_{\text{прост}} = 20$ дней, $t = 60$ дней, тогда

$$d_{\text{max}} = 300 \left(1 + \frac{320}{260} \right) = 450 \text{ ед./день},$$

или на 50 % выше нормы.

Другими словами, для восполнения недоданного количества заготовок (6 тыс. комплектов) в течение 60 дней производительность заготовительного цеха временно должна возрасти на 50 %. Это означает, что он должен иметь резервы мощностей и трудовых ресурсов. Обычно такие резервы кроются в увеличении сменности работы оборудования, в применении явных или скрытых сверхурочных работ, а чаще всего – в наличии излишнего оборудования, площадей, повышенной (по сравнению с действительной потребностью) численности рабочих.

Перебои в работе цеха, первого по ходу технологического процесса окажут влияние на работу последующих цехов в том случае, если стра-

ховых запасов заготовок и деталей будет недостаточно, чтобы обеспечить работу при прекращении поступления заготовок и деталей. В нашем примере механический цех, поскольку страховой запас заготовок в нем составляет 3 тыс. шт., после первого перерыва в работе заготовительного цеха не будет простаивать, но после второго перерыва простой составит 10 дней $\left(\frac{6000-3000}{300}\right)$, где 6000 – число недопоставленных комплектов заготовок.

Если недоданное количество комплектов готовых деталей сборочному цеху (3 тыс. ед.) предусматривается восполнить в течение 60 дней, то временная максимальная производительность механического цеха

$$d_{max} = 300 \left(1 + \frac{310}{260}\right) = 375 \text{ ед./день},$$

или на 25 % выше исходной. Таким образом, и следующий по ходу технологического процесса цех должен иметь резервы мощностей, чтобы восполнить недоданную продукцию и тем привести систему в динамическое равновесие.

Между механическим и сборочным цехами имеется страховой запас деталей в количестве 3 тыс. комплектов, обеспечивающий работу сборочного цеха в течение 10 дней после прекращения поступления их из механического цеха. Поскольку перерывы в поступлении составили только 10 дней, простой в работе сборочного цеха будет отсутствовать. Таким образом, колебания в темпах выпуска будут постепенно затухать по подразделениям по ходу технологического процесса (рис. 5.8).

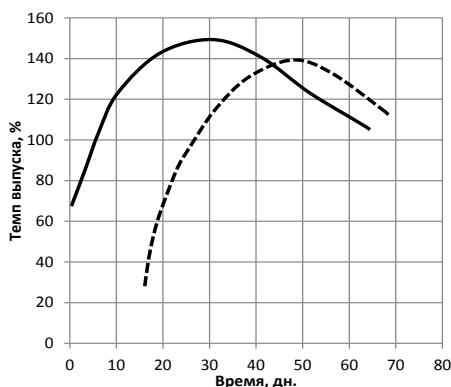


Рис. 5.8. Схема изменения темпа производства при компенсации потерь от простоя из-

за задержек в поставках материалов: 1 – заготовительный цех; 2 – механический цех

Итак, возмущающие воздействия внешней среды на входе производственной системы вызывают наибольшие отклонения в первых по ходу технологического процесса элементах, обуславливая в них наибольшую амплитуду колебаний, которые постепенно затухают в последующих элементах. Для компенсации отклонений и поддержания системы в динамическом равновесии на выходе должны иметься резервы средств производства (подобно живому организму, способному на воздействие внешней среды отреагировать учащением дыхания, пульса, напряжением мускул и т.д.), величина которых должна быть больше на начальных стадиях производства и постепенно снижаться к конечным стадиям.

В рыночных условиях на уровень дохода предприятия, его финансовое положение большое влияние оказывает быстрота реагирования на требования потребителя к количеству и качеству продукции, т.е. на возмущения на выходе системы. Только предприятие, которое сможет быстро удовлетворить требования потребителя, получит максимальную экономическую выгоду. В связи с этим представляет большой интерес выявление реакции предприятия в целом и отдельных его подразделений в том случае, если потребность в его продукции увеличивается. Для этого рассмотрим упрощенный пример. Предположим, что спрос на изделия машиностроительного предприятия увеличивается на 10 %. Какова будет реакция предприятия как системы и его внутренних элементов на это внешнее воздействие и какие потребуются дополнительные ресурсы для удовлетворения этого требования? Если бы реакция была мгновенной, то все подразделения были бы одновременно перестроены на новый уровень производства, обеспечивающий увеличение выпуска, например с 300 до 330 машин в день, и, таким образом, предприятие в целом и его многочисленные цехи и участки перешли бы на новый уровень работы без каких-либо колебаний производительности.

На самом же деле имеет место длинная цепь запаздываний как во времени разработки нового эталона поведения каждого элемента системы, так и в сроках перехода их на новый уровень производства. Заказы на дополнительные 30 машин поступают в отдел сбыта завода, который передает распоряжение складу готовой продукции об их отгрузке из имеющегося запаса. В свою очередь, склад готовой продукции передает сборочному цеху заказ на сборку дополнительных машин для отгрузки и восполнения запаса. Сборочный цех, получив заказ, принимает решение о закладке дополнительного количества машин (из имеющегося на складе

запаса деталей), которые будут собраны через время, обусловленное длительностью цикла сборки, например через 10 дней. Склад деталей сборочного цеха выдает заказ на дополнительное количество деталей, которые, например, будут изготовлены механическим цехом только через 20 дней, а их заготовки в заготовительном цехе – еще через 10 дней. Данные о запаздывании приведены в табл. 5.1, а схема движения информационных и материальных ресурсов – на рис. 5.9.

Таблица 5.1

Время запаздываний по отношению к моменту получения требования о переходе предприятия на новый уровень производства, дн.

Наименование подразделения	Характер функций	Запаздывание к исходной	
		частное	общее (нараст. итогом)
Отдел сбыта	Выдача заказа складу готовой продукции	0	0
Склад готовой продукции	Отгрузка машин	1	1
	Оформление заказа сборочному цеху	1	2
Сборочный цех	Сборка машин	10	12
	Оформление заказа на дополнительные детали	1	13
Механический цех	Изготовление деталей	20	33
	Оформление заказа на дополнительные заготовки	1	34
Заготовительный цех	Изготовление заготовок	10	44

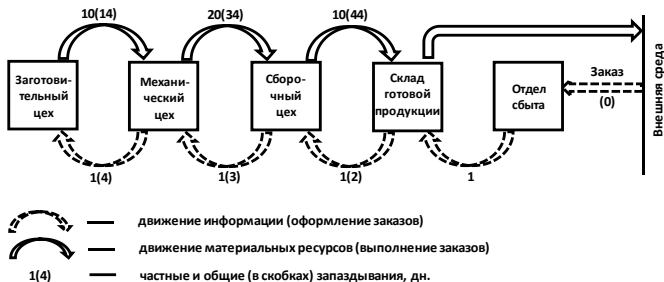


Рис. 5.9. Схема движения информационных и материальных ресурсов во времени при воздействии внешней среды (изменение уровня заказов)

Как видно из таблицы и схемы, машины, заказанные отделом сбыта в данный момент, будут изготовлены и поступят на склад готовой продукции через 44 дня. И если бы все элементы системы (в нашем примере — цехи и склады) были соединены жесткой связью, переход системы на новый уровень выпуска на выходе был бы осуществлен также через 44 дня, т.е. только через 44 дня завод смог бы отгрузить потребителям 330 машин вместо 300.

На самом деле между каждым элементом системы имеются амортизаторы, буферные устройства, играющие роль компенсаторов, в виде складов, на которых имеется определенный запас предметов труда и готовой продукции, позволяющий каждому элементу реагировать на возмущения самостоятельно. Склад готовой продукции, не дожидаясь сборки дополнительного количества машин, может отгрузить их из имеющихся у него запасов. Сборочный цех может начать сборку машин за счет имеющегося запаса деталей, механический — за счет запаса заготовок и т.д. В табл. 5.2 приведены данные о нормативных запасах предметов на складах.

Таблица 5.2

Исходная (нормативная) величина запасов продукции и предметов труда

Наименование запасов	Место хранения	Объем запасов		
		в днях	в машинах	
			исходный	новый
Готовые машины	Склад готовой продукции	10	3000	3300
Готовые детали	Склад деталей сборочного цеха	10	3000	3300
Заготовки деталей	Склад заготовок механического цеха	10	3000	3300

Передаваемые отделом сбыта складу готовой продукции требования внешней среды (потребителей) об увеличении ее отгрузки ежедневно на 10 % (30 машин) приведут к следующим изменениям (возмущениям) в установившемся равновесии динамической системы, какой является предприятие. Склад,

начиная со второго дня, начнет выдавать заказы на сборку в увеличенном размере для обеспечения возросшего темпа отгрузки и восполнения текущего запаса до прежней нормы (3 тыс. машин) и для выхода на новый уровень запасов готовых машин в размере 10-дневной потребности, т.е. до 3300 машин. Следовательно, объем выданных заказов на сборку будет зависеть прежде всего от уровня запасов изделий на складе Z_{ri} . В любой j -й момент времени он определится по формуле:

$$Z_{rj} = Z_{ri} + T \cdot (P_{rij} + P_{cij}), \quad (5.2)$$

где T – интервал, через который производится расчет уровня запаса, дн.; чем он короче, тем точнее отражается фактическая динамика движения запаса; если принять для наших условий $T=0,1$ дня, то в течение первого дня запас будет через интервал 0,1 дня снижаться на 3 машины;

P_{rij} – количество изделий, получаемых складом готовой продукции из сборочного цеха, шт/дн.;

P_{cij} – количество изделий, отгруженных в этот же день.

В нашем примере расчет по формуле (5.2) показывает, что запас готовых машин будет постепенно снижаться через интервал 0,1 дня на 3 машины, к концу первого дня снизится на 30, а к концу десятого, т.е. к тому моменту, когда начнет поступать из сборочного цеха дополнительное количество машин из числа заказанных, он снизится на 300 изделий. При этом количество заказанных складом машину в k -й день для обеспечения отгрузки и восполнения прежнего запаса (в 3 тыс. шт.) определится по формуле:

$$Z_{nk} = P_{cij} + \frac{1}{T_{цсб}} \cdot (Z_{норм} + Z_{rj}),$$

где $T_{цсб}$ – время, в течение которого осуществляется пополнение запаса (цикл сборки);

$Z_{норм}$ – нормативный исходный запас на складе, шт.

Заказы склада постепенно начнут возрастать с 300 машин в первый день до 360 в одиннадцатый, когда запас на складе будет минимален, после чего он должен был бы стабилизироваться на уровне 330 машин. Но для увеличения запаса на складе до нового норматива в 3300 изделий

необходимо по крайней мере еще в течение 10 дней дополнительно заказать 300 машин.

Таким образом, если считать, что заказы постепенно увеличиваются по мере уменьшения запасов, а затем уменьшаются по мере увеличения их, то окажется, что они в течение 10 дней увеличиваются с 300 до 360 изделий в день, 10 дней остаются на уровне 360 и затем уменьшаются до 330. Всего за 30 дней сборочному цеху будет заказано дополнительно 1200 машин, из них 900 для компенсации повышенной отгрузки со склада и 300 для увеличения запаса до нового норматива в 3300 шт.

Вследствие повышенного спроса сборочный цех будет развертывать дополнительный выпуск машин. Поскольку процесс расширения производства не может быть мгновенным, то количество собранных машин с 300 в день будет в первые дни медленно увеличиваться, а затем возрастать ускоренными темпами для компенсации увеличенной отгрузки и восполнения запасов. Если принять, что производство возрастает по экспоненциальному закону, то примерно через 20 дней перехода на новый темп оно достигает максимума, составляющего около 390 машин в день, т.е. на 30 % выше исходного, после чего постепенно снижается до исходного в 300 и затем возрастает до нового уровня в 330 машин в день.

Амплитуда колебаний производства в механическом цехе будет больше, чем в сборочном, как за счет запаздывания реакции на возмущения, так и в связи с тем, что ему необходимо в те же 30 дней дополнительно изготовить детали уже не на 1200, а на 1500 машин, 300 из которых необходимы для создания повышенного нормативного запаса их в сборочном цехе. Таким образом, максимальное отклонение производства от исходного уровня составит уже не 30, а 50 %.

Еще большее отклонение будет наблюдаться в заготовительном цехе, который примерно за тот же период должен изготовить дополнительно 1800 комплектов заготовок деталей, половина из которых предназначена для заполнения увеличенных каналов запасов. Максимальное увеличение темпа производства составит примерно 70 % (рис. 5.10).

Таким образом, всякое воздействие на предприятие как систему на ее выходе вызывает цепь колебаний в процессе производства, амплитуда которых увеличивается в подсистемах (подразделениях), расположенных в порядке, обратном ходу технологического процесса. При этом для удовлетворения требований внешней среды об увеличении поставки продукта немедленно, т.е. без разрыва во времени, отдельные элементы производственной системы должны располагать резервами мощностей и

трудовых ресурсов в гораздо больших масштабах, чем увеличивается размер требований на продукт. Так, в нашем примере при увеличении общей отгрузки готовой продукции на 10 % сборочный цех должен располагать резервами, позволяющими увеличить число собираемых машин в отдельные дни на 30 %, механический цех — увеличить обработку деталей на 50, а заготовительный — на 70 %.

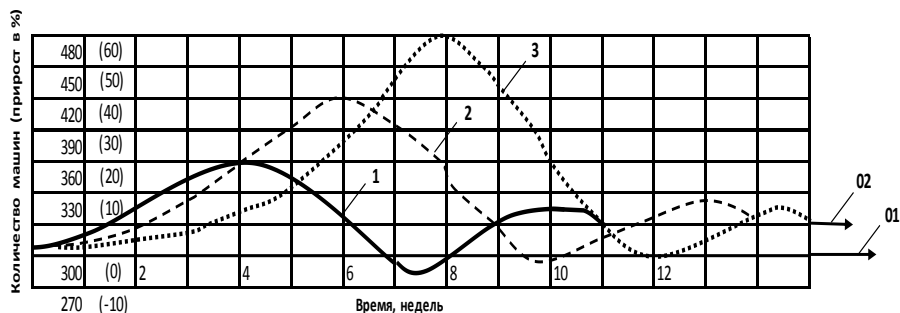


Рис. 5.10. Схема колебаний (отклонений) в работе подразделений производственной системы при воздействии внешней среды на выходе (при требовании увеличить поставку продукции на 10%): 1 — сборка машин; 2 — обработка деталей в механическом цехе; 3 — получение заготовок; 01 — исходный уровень (эталон) поведения системы (поставка 300 машин в день); 02 — новый уровень (эталон) (поставка 330 машин в день)

Таким образом, всякая ликвидация отклонений, связанных с внешними возмущениями на выходе, требует наличия внутри предприятия резервов (временных компенсаторов) технических, материальных и трудовых ресурсов. Поскольку такая же закономерность имеет место и при воздействии внешней среды на входе системы (см. рис. 5.8), следует считать, что наличие в подразделениях производственных резервов, уменьшающихся по ходу процесса, является объективной необходимостью. Оно обеспечивает динамическое равновесие системы при воздействии на нее внешней среды.

5.4. Контроль и регулирование количества при возмущающих воздействиях внутренних элементов

Помимо внешних воздействий на устойчивость системы большое влияние оказывают внутренние воздействия. Возмущающие воздействия

внутренних элементов на поведение производственной системы, нарушающие нормальный ход процесса в данном подразделении, возникают по следующим причинам:

1) отсутствие предметов труда (заготовок, деталей и т.д.) на последующих переделах из-за несвоевременного запуска или выпуска их на предыдущих;

2) несвоевременная доставка материалов, инструмента, оснастки и других средств производства со складов на рабочие места;

3) задержка в перемещении предметов труда из цеха в цех, с участка на участок, с операции на операцию;

4) аварийный выход оборудования из строя или задержка из-за его планового ремонта;

5) перебои в энергоснабжении;

6) нарушение трудовой и производственной дисциплины (неявка на работу, невыполнение норм выработки, самовольный уход с работы, брак и др.);

7) невыходы на работу по уважительным причинам;

8) ошибки в технических и организационно-плановых документах;

9) нарушение календарно-плановых нормативов и параметров, определяющих движение предметов труда в ходе производственного процесса;

10) помехи и искажения в каналах обратной связи;

11) изменения в программе выпуска».

Перечисленные выше возмущения на каждый элемент системы действуют по каналам как прямой связи, так и обратной. Они являются результатом отклонений от эталона на выходе предыдущих элементов системы (производственных и обслуживающих цехов, отделов, участков, складов, рабочих мест и т.д.). В конечном счете они представляют собой задержку в поступлении всех видов ресурсов. То, что любое отклонение в поступлении ресурсов сводится к задержке поступления их во времени, видно из формулы

$$s = v \cdot t,$$

где s – масса ресурсов, поступивших за период t ;

v – скорость их поступления.

Из формулы видно, что $t = s/v$. Если ресурсов поступает в единицу времени меньше, т.е. $v' < v$, это равносильно задержке их поступления с

прежней скоростью на величину Δt .

Например, при работе предприятия в две смены (в течение 16 ч) нормативный суточный объем поступления ресурсов предусмотрен в количестве 320 комплектов со скоростью поступления 20 ед/ч. Фактически же в течение суток скорость поступления составила 15 ед/ч. Снижение скорости поставок привело к задержке поступления на 4 ч

$$\left(\Delta t = 16 \cdot \frac{20 - 15}{20} \right).$$

Всякое нарушение в поступлении ресурсов всех видов (материалов, полуфабрикатов, энергии, оборудования, инструмента, рабочей силы) для осуществления процесса в данном элементе системы вызывает отклонения в протекании процесса в любом связанном с ним элементе системы (цех, участок, рабочее место) и соответствующие колебания, величина которых тем больше, чем больше исходное время задержки.

Возмущения на выходе являются результатом изменившихся требований последующих элементов относительно сроков и количества поставляемых для них предметов труда. Эти требования передаются по каналам обратной связи и вызывают отклонения в устойчивости элемента (аналогично воздействию внешней среды на выходе системы).

Устранение отрицательного воздействия как на элемент, так и на производственную систему в целом и поддержание их в динамическом равновесии (обеспечение бесперебойного хода процесса, или, другими словами, поддержание средней скорости преобразования ресурсов в продукцию), а также переход на новую (повышенную) скорость требует наличия резервов как на входе, так и на выходе.

Учет и выделение резервов в явном виде позволяют эффективно решать не только производственные, но и социальные проблемы, прежде всего проблемы производительного ритмичного использования трудовых ресурсов, укрепления трудовой дисциплины, оплаты по труду и др.

Все виды резервов как компенсаторов отклонений в конечном счете связаны с временем. Следовательно, как материальные, так и трудовые резервы можно свести к производственному времени, исходя из того, что страховой запас ресурсов $Z_{\text{сп}}$ является произведением скорости их потребления и времени, в течение которого они потребляются, т.е. $Z_{\text{сп}} = vt$, откуда $t = Z_{\text{сп}} / v$. Так, если запас готовых деталей перед сборкой составляет 3000 комплектов, то при ежедневной сборке 300 машин его будет достаточно для работы сборочного цеха в течение 10 дней.

Следовательно, располагая резервным запасом деталей в 3000 комплектов, сборочный цех имеет резервное время 10 дней, в течение которых он может обеспечить бесперебойную работу независимо от цехов, поставляющих ему детали. И наоборот, наличие резервных сроков (времени) свидетельствует о том, что имеются резервные ресурсы в объеме, равном производству этих сроков и скорости их потребления.

Таким образом, если динамическая система, какой является предприятие, настроена на определенную скорость преобразования ресурсов в продукцию, то контроль за их использованием является одновременно и контролем количества, т.е. объема выпускаемой продукции. Эту же задачу можно решить, если обеспечить контроль и регулирование скорости и поддержание ее в заданных пределах. Для контроля и регулирования скорости (производительности) и пути (объема выпуска продукции) широко используются графические модели процесса, изображающие его ход с помощью сетевых и ленточных графиков.

Ленточные графики позволяют наглядно изобразить ход производства, т.е. его основные параметры (скорость v и пройденный путь s), во времени в одномерном (либо v , либо s) или в двухмерном (одновременно v и s) измерении. Примером одномерной модели процесса может служить график часового выпуска продукции в непрерывном производстве, на котором плановая скорость преобразования ресурсов, т.е. плановая часовая производительность процесса, показывается в виде прямой линии во времени, а фактическая производительность за каждый час — в виде диаграммы или ломаной линии (рис. 5.11).

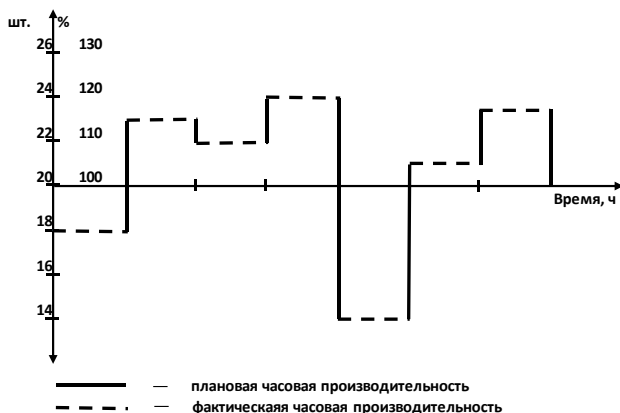


Рис. 5.11. Графическая модель контроля количества выпускаемой продукции (состояние системы на выходе) по скорости (производительности) процесса

Контроль скорости (производительности) позволяет определять состояние системы на выходе, однако не дает представления о количестве продукции, выпущенной за определенный период (сутки, неделю и т.д.), т.е. не позволяет определить пройденный путь. Поэтому одномерные графики чаще применяются для изображения количества выпущенной продукции во времени нарастающим итогом.

Недостатком одномерных ленточных графиков является то, что с их помощью контролируется только один параметр, т.е. либо производительность, либо выпущенное количество продукции. По двумерному ленточному (линейному) графику можно контролировать одновременно два параметра: производительность и количество выпущенной продукции. Пример двумерного графика приведен на рис. 5.12.

возросло до As_2 из-за простоя в последующие два дня ($v' = 0$). Увеличение производительности в последующие смены до $v' = v$, а затем до $v' > v$ позволило уменьшить отставание и к концу месяца выполнить программу.

Контроль по конечным результатам (по выпуску) дает наибольший эффект, если одновременно контролируются промежуточные результаты (ход производства по предыдущим стадиям процесса, т.е. по предыдущим входам и выходам отдельных операций процесса). Такими промежуточными результатами могут быть поставка двигателей, сборка важнейших агрегатов, поставка комплектующих изделий для сборки отдельных узлов и агрегатов, изготовление ведущих деталей, получение заготовок, поставка материалов и др. На рис. 5.13, *a* показан упрощенный график изготовления изделия во времени, где кружками обозначено окончание операций (изготовления деталей и сборки), выполняемых на заводе, треугольниками (1, 2, 3) – получение исходных материалов, ромбиками (4, 6, 8) – получение комплектующих изделий по кооперации, квадратом (13) – получение двигателя. При этом операции 1-5 и 2-5 означают изготовление деталей узла 1, 5-9 — его сборку, а операции 3-7 и 9-10 – соответственно изготовление деталей и сборку узла 2. Операция 6-12 – сборка узла 3, а 14, 15 – установка двигателя и испытание машины.

производства как по конечному, так и по промежуточным результатам можно использовать графики, приведенные на рис. 5.13, в, г. В левой части графика изображен ход производства на выходе, т.е. по выпуску продукции, справа диаграммами показан объем выполнения работ по отдельным частям процесса на входе и выходе соответствующего подразделения.

При отметке контроля на 10-е число имеет место опережение в выпуске готовых изделий на 100 шт., т.е. на 0,5 дня. Однако из диаграммы справа видно, что по сравнению с планом недопоставлено на эту дату 300 двигателей (операция 13). Следовательно, через 0,5 суток возникает простой рабочих мест по установке двигателей, который продлится 1,5 дня. В то же время склады перегружены комплектующими изделиями для сборки узла 3 (операция 6), которых поставлено сверх потребности на эту дату на 10 дней, т.е. на 2000 машин, таким образом, графический контроль за ходом производства (количеством) по изложенному методу позволяет не только следить за конечным результатом, но и прогнозировать производственные ситуации по входу и выходу отдельных производственных и обслуживающих подразделений предприятия.

Устойчивость работы предприятия как динамической системы зависит от времени обнаружения намечающихся отклонений: чем раньше они будут обнаружены, тем меньше будет их величина. Так, если бы для примера, рассмотренного в § 5.2, повышенная потребность в выпуске продукции (на 10 %) была выявлена на 44 дня раньше, то никакого колебания отдельных элементов в системе не было бы. Все подразделения предприятия постепенно перешли бы на новый уровень производства, т.е. на 330 машин в день, с соответствующим пополнением заделов и запасов. Аналогично и по отклонениям на входе системы (задержка или уменьшение количества при поставке ресурсов). Этого можно достичь, если будет обеспечен контроль работы (количества) в реальном масштабе времени, что невозможно без применения современных технических средств, в первую очередь электронно-вычислительной техники, позволяющей немедленно получать и обрабатывать информацию о ходе производства. Первичный учет хода производства в любой производственной ячейке с помощью ЭВМ организуется на основе макетированных карт-нарядов, которые передаются для исполнения рабочему.

Технические средства должны обеспечивать получение и обработку необходимых сведений в любой момент и в то же время информировать руководителя о тех ситуациях, которые требуют его немедленного

вмешательства (рис. 5.14).

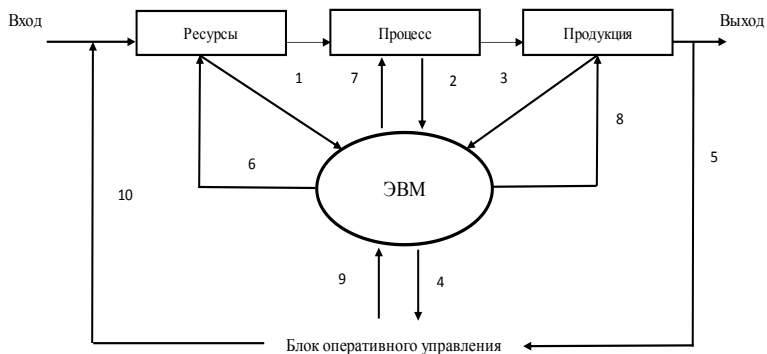


Рис. 5.14. Схема контроля и регулирования количества в реальном времени: 1,2,3—сведения, получаемые ЭВМ; 4—сообщение руководителю о чрезвычайных ситуациях; 5—канал обратной связи; 6,7,8—выдаваемые ЭВМ решения, не требующие вмешательства оперативного руководителя; 9—запросы руководителя о состоянии дел; 10—указания оперативного руководителя

Контроль и регулирование количества и поддержание производственной системы (предприятия) в равновесии в реальном масштабе времени требуют учета влияния внешней среды как на входе, так и на выходе системы. Для этого необходимо обеспечить сбор и обработку информации не только о ходе производства, но и о поступлении ресурсов, отгрузке продукции и анализе требований потребителей. В этом случае память ЭВМ дополняется блоками, содержащими информацию о ресурсах и требованиях потребителей на выходе. Все сведения о поступлении ресурсов (материальных, технических, трудовых) поступают во внешнее запоминающее устройство. Обработка этих сведений позволяет своевременно выявить отклонения и принять меры для их ликвидации по каналам обратной связи еще до того, как они окажут влияние на производство. При этом решения, вырабатываемые ЭВМ при совместной обработке проектной и учетной информации, поступают тому производственному обслуживающему подразделению, где они используются (рис. 5.15).

Аналогично осуществляется сбор и обработка информации о фактическом ходе производства и требованиях потребителя. На основании полученной информации ЭВМ вырабатывает и передает проект решения

соответствующему подразделению предприятия, которое реализует его. Одновременно сведения об отклонениях и решениях, вырабатываемых ЭВМ, сообщаются в блок управления, контроля и регулирования.

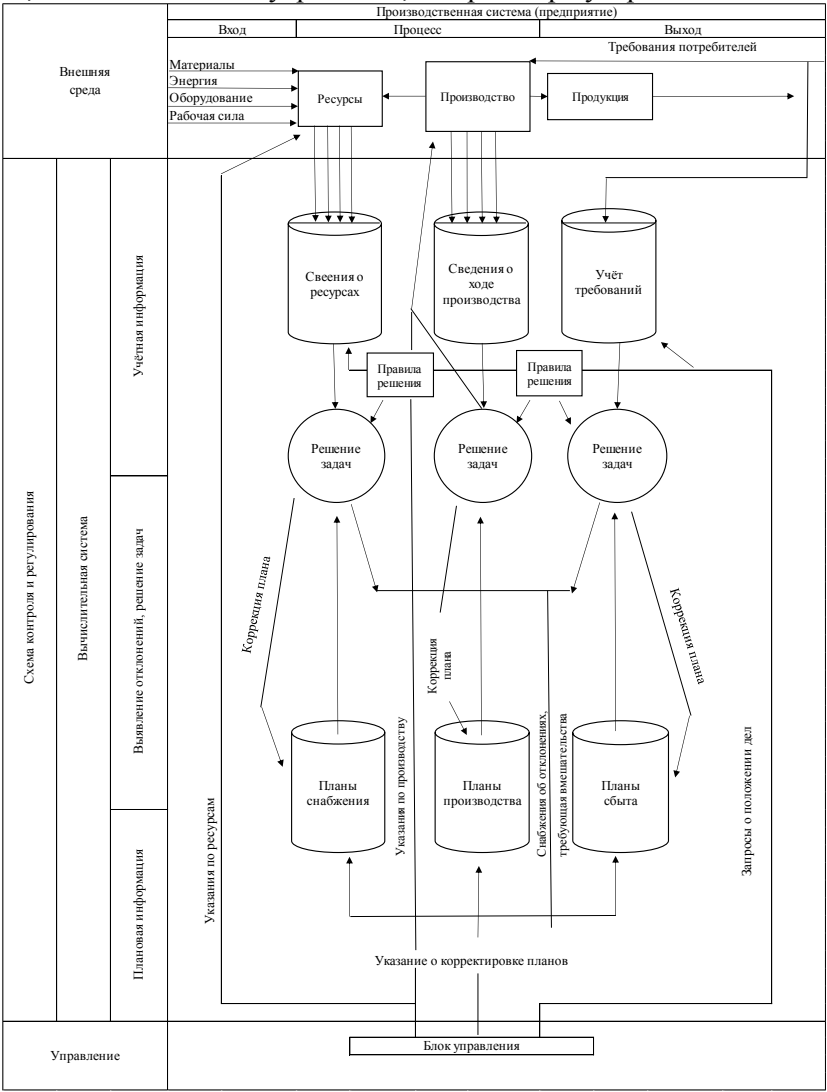


Рис. 5.15. Схема контроля и регулирования производства в реальном масштабе времени с учетом внешней среды

5.5. Организация диспетчирования на предприятии

Общезаводскую диспетчерскую службу возглавляет главный диспетчер завода, являющийся первым заместителем начальника производства предприятия. Работу по непосредственному диспетчированию производства по заводу осуществляют сменные дежурные диспетчеры.

Основными документами, на основании которых работает сменный диспетчер завода, являются: сменно-суточные задания по выпуску продукции цехами; графики межцеховых подач материалов, инструмента, заготовок, деталей, узлов, выхода оборудования из ремонта; ведомость дефицитных деталей; диспетчерский журнал; картотека контрольных сроков. Диспетчер решает все оперативные вопросы по регулированию производства и маневрированию ресурсами в масштабе завода и между отдельными цехами, которые не могут ими решаться самостоятельно (ускорение подачи инструмента, материалов, заготовок, деталей, переброска рабочей силы из цеха в цех для устранения прорыва или последствий аварии и др.).

Таким образом, не вмешиваясь в руководство ходом технологического процесса отдельных цехов, диспетчер завода своей деятельностью обеспечивает их согласованную работу в рамках сменно-суточных заданий и способствует скорейшему изготовлению деталей, находящихся в списке дефицитных.

Оперативность и эффективность диспетчирования в большой степени повышается проведением ежедневных диспетчерских совещаний, на которых подводятся итоги работы завода за истекшие сутки и выявляются причины, которые могут вызвать отклонения от нормального хода производства в текущие сутки. Оперативные совещания (ими, как правило, руководит начальник производства или главный диспетчер) проводятся по общезаводскому диспетчерскому коммутатору. Его участниками являются все линейные и функциональные руководители заводских подразделений (начальники цехов, отделов, лабораторий, служб).

На совещании, которое обычно проводится в начале утренней смены, диспетчер завода на основании сведений оперативного учета сообщает по коммутатору данные о ходе выполнения сменно-суточного задания по цехам и заводу в целом и отмечает неполадки и причины, обусловившие срыв отдельных заданий. Он обращает внимание руководителей цехов и служб на основные мероприятия, обеспечивающие выполнение заданий на

текущие сутки. Затем следуют сообщения, претензии и запросы руководителей подразделений в порядке, обратном ходу технологического процесса (начиная со склада готовой продукции или сборочного цеха и заканчивая заготовительными цехами и материальными складами). При этом претензии и запросы, которые можно немедленно удовлетворить по взаимной договоренности руководителей или по устному распоряжению начальника производства, устраняются сразу и поэтому не фиксируются и не контролируются диспетчерской службой. Запросы и распоряжения, которые требуют дополнительной информации или рассмотрения и согласования с руководителями нескольких заинтересованных подразделений, заносятся в диспетчерский журнал и в картотеку контрольных сроков и поступают под непосредственное наблюдение диспетчерского аппарата.

Кроме отдельных сведений и запросов о неполадках, отклонениях диспетчерская служба получает регулярную информацию, необходимую для текущего оперативного учета и контроля хода производства по заводу в целом и по отдельным цехам. Кроме того, такая информация необходима для уточнения сменно-суточных заданий в соответствии с ходом выполнения месячных и недельных календарных планов и решений диспетчерских совещаний (ежедневных и недельных).

На основании полученной информации диспетчерская служба (состоящая обычно из сменного диспетчера и одного-двух операторов) осуществляет контроль за движением заготовок, деталей и сборочных единиц между цехами, за состоянием межцеховых заделов и ведет графики выполнения плановых заданий.

Работу по производственному диспетчированию в цехе возглавляет старший диспетчер, являющийся заместителем начальника ПДБ. Оперативный контроль и регулирование производства в смене осуществляет сменный диспетчер, являющийся оперативным руководителем своей смены. В оперативном отношении в дневную смену диспетчер подчинен начальнику цеха, в ночную — начальнику смены. В части оперативного регулирования производства и продвижения заготовок, деталей и узлов, находящихся под общезаводским наблюдением, он одновременно подчинен и диспетчеру завода.

Контроль и регулирование производственного процесса на производственных участках осуществляют распределители (диспетчеры) участка, а при их отсутствии — мастера.

Основным содержанием работы цехового диспетчерского аппарата

является:

- контроль выполнения графика выпуска продукции цехом и прохождения ведущих и дефицитных деталей;
- контроль за своевременным запуском в производство заготовок и деталей;
- контроль оперативной подготовки производства и обеспечения всем необходимым;
- принятие мер по предупреждению и ликвидации различного рода неполадок в производстве (простоев оборудования, рабочих, задержек в подаче материалов, заготовок и т.п.);
- принятие мер по быстрой доставке на рабочие места и участки материалов, заготовок, инструмента, приспособлений, технической документации и др.;
- руководство работой внутрицехового транспорта;
- ведение диспетчерского журнала, картотек, контрольных графиков работы цеха и отделений и составление текущей оперативной отчетности (рапорта о выполнении задания за смену, сутки);
- уточнение сменно-суточных заданий на следующие смену и сутки.

При использовании вытягивающей системы ТПЗ диспетчирование в большой степени передается на смежные участки производства, между которыми осуществляется непрерывный контроль и регулирование производственного процесса со стороны последующего участка-потребителя по карточкам заказа и отбора (рис. 5.16).

В том случае, если какая-либо деталь становится дефицитной и водитель погрузчика с предыдущего участка не обнаруживает ее на складе, он сразу же на месте выписывает на нее карточку заказа «срочно» и передает ее на диспетчерский пункт предыдущего участка, помещая ее в «красную картотеку». Одновременно он нажатием кнопки подает красный сигнал на тот участок, где изготавливается эта деталь. Участок, на котором изготавливается дефицитная деталь, немедленно приступает к ее обработке и сразу после окончания обработки своими силами направляет на последующий участок с «извинениями»; после этого карточка заказа «срочно» изымается из оборота.

Организация на машиностроительных заводах автоматизированных систем управления производством вносит новое содержание в функции производственного диспетчирования и значительно повышает его эффективность. Она обеспечивается автоматическим или автоматизированным получением и обработкой соответствующей первичной

информации о ходе производства и ее предварительным анализом, что способствует выработке наиболее оптимальных вариантов для устранения неполадок и отклонений в создавшейся производственной ситуации, позволяет

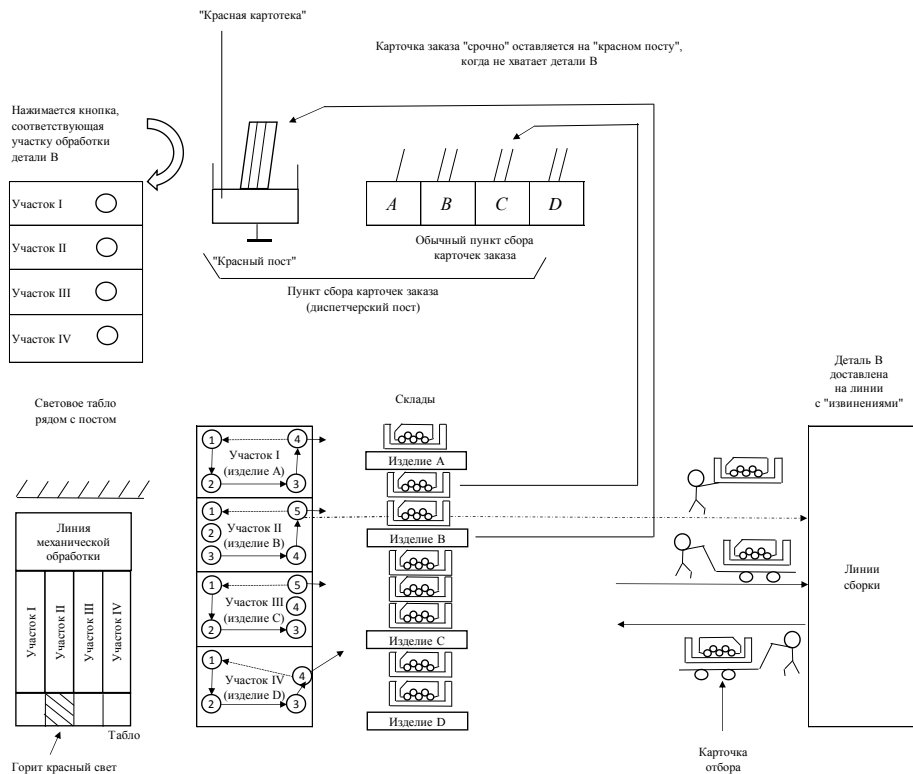


Рис. 5.16. Схема использования карточек заказа «срочно» для изготовления дефицитных деталей

диспетчеру или другому оперативному руководителю производства принять наиболее правильное решение. Большая скорость получения и обработки первичной информации позволяет передать машине выполнение ряда вспомогательных операций по диспетчированию, и прежде всего различные учетные и расчетные работы, проектные логические операции, которые без применения средств электронно-вычислительной техники выполнялись весьма приближенно или интуитивно, и к тому же с большим запозданием. Вместе с тем с внедрением АСУ и передачей ей части вспомогательных работ по контролю и регулированию производства у диспетчерской службы появились возможности более тщательно анализировать информацию о фактическом ходе процесса, с большей степенью достоверности прогнозировать производственную ситуацию, предвидеть ход производственного процесса в ближайшем будущем. Это, в свою очередь, позволяет выявлять на самой ранней стадии намечающиеся отклонения и заранее принимать меры к их устранению, т.е. предупреждать срывы, простои, аварии и другие неполадки.

Таким образом, с внедрением АСУ производственное диспетчирование все больше и больше имеет профилактический, предупредительный характер.

Диспетчирование в условиях АСУ может быть представлено в виде отдельных блоков, отражающих его операции и функции в соответствующем подразделении завода и связанных между собой потоком нормативной, оперативной и управляющей информации, передаваемой с помощью современных технических средств. При этом управляющая информация в виде уточненных графиков, указаний, распоряжений, исходит только от диспетчера, под которым понимается лицо, занимающее должность, хотя и не называемую диспетчером, но фактически предполагающую исполнение его функций по непрерывному наблюдению за ходом производства и его оперативному регулированию (начальник смены, мастер-распорядитель и др.). Выработку управляющей информации диспетчер цеха осуществляет на базе: нормативно-плановой информации, поступающей к нему в виде письменных документов от ПДО и начальника цеха; текущих указаний и распоряжений диспетчера завода; оперативной информации, поступающей к нему на информационную панель или по каналам оперативной связи; выделенных резервов завода и наличных резервов цеха.

Источником оперативной информации являются сигналы и сообщения с производственных участков о движении годных деталей, браке, а

также об отклонениях и неполадках. Эта информация через соответствующие каналы поступает диспетчеру цеха и одновременно на ИВЦ завода, а через него — в обработанном виде диспетчеру завода. Одновременно сигналы и сообщения о неполадках и простоях оборудования по причинам неудовлетворительного обеспечения и обслуживания поступают диспетчеру соответствующего вспомогательного или обслуживающего отделения, который по собственной инициативе или по указанию диспетчера цеха принимает меры для их устранения.

Фактический ход производственного процесса в условиях АСУ осуществляется на основе учета движения деталей в производстве по первичным документам с помощью технических средств и вычислительной техники.

Оперативность и эффективность диспетчирования зависит в большой мере от степени технической оснащенности подразделений диспетчерской службы. Непрерывное наблюдение, контроль и регулирование производства требуют, чтобы диспетчер в каждый момент знал, что происходит на любом подконтрольном ему участке производства (не оставляя своего рабочего места), а это возможно только при условии применения самых современных средств сбора, получения, обработки и передачи информации, а также указаний, распоряжений и команд.

В современной практике диспетчирования широко используются достижения в области связи, электроники, автоматики, телемеханики и вычислительной техники.

Все многообразие применяемых при производственном диспетчировании технологических устройств можно объединить в следующие основные группы:

- 1) средства получения информации;
- 2) средства передачи информации;
- 3) средства фиксации и наглядного изображения информации;
- 4) средства обработки и анализа информации;
- 5) средства хранения информации;
- 6) средства производственной сигнализации.

Каждая группа подразделяется на подгруппы, а те, в свою очередь, — на отдельные виды технических средств (рис. 5.17).

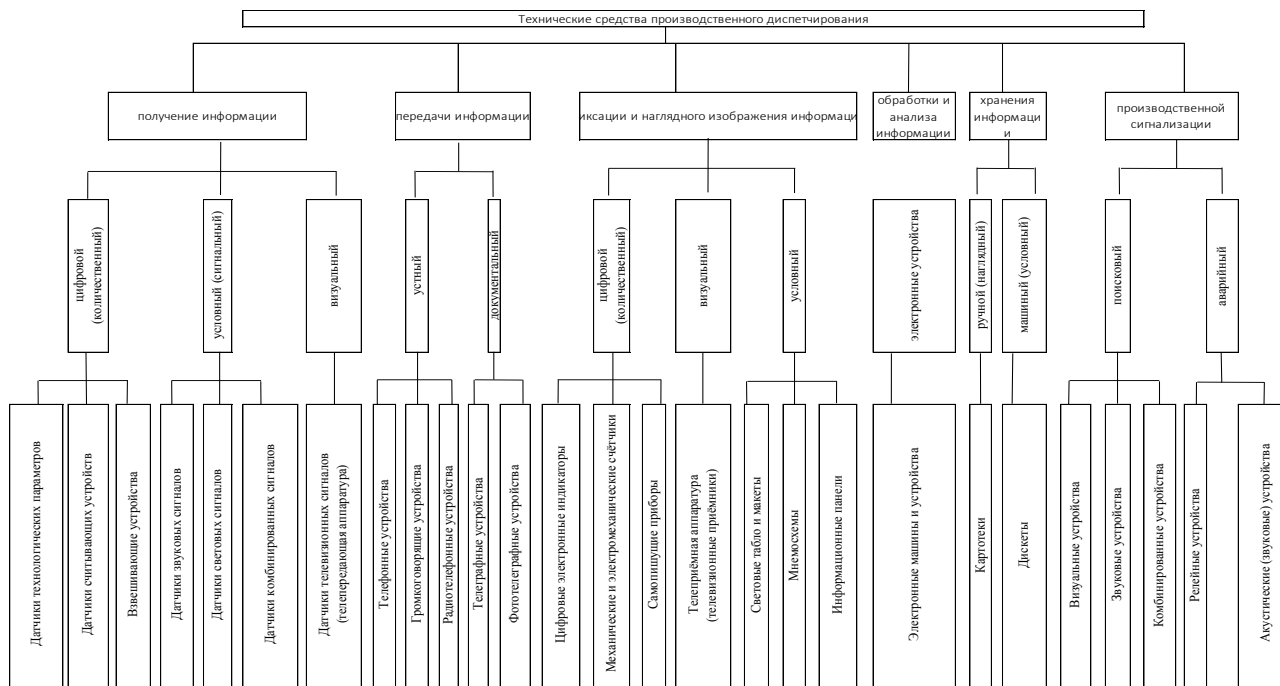


Рис.5.17. Классификация технических средств производственного диспетчирования

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильям, Дж. Стивенсон. Управление производством / Пер. с англ. – М.: ООО «Издательство «Лаборатория Базовых Знаний», ЗАО «Издательство БИНОМ», 2017. – 928 с.
2. Гаврилов, Д. Управление производством на базе стандарта MRP II. 2-е изд./ Д. Гаврилов.- СПб.: Питер, 2008.-416с.
3. Глухов, В.П. Производственный менеджмент. Анатомия резервов. Lean production/учебное пособие/ В.В. Глухов, Е.С. Балашев.- М.: Лань,2014.
4. Головицын, М. Методы, модели и алгоритмы в автоматизированной подготовке и оперативном управлении производством РЭС/ М. Головицын.- Инфра-М (Россия), 2013.
5. Губич, Л.В. Внедрение на промышленных предприятиях информационных технологий поддержки жизненного цикла продукции: методические рекомендации. Л.В. Губич, М.Я. Ковалев и др.- Минск, «Белорусская наука», 2012.
6. Ершова, И.В. Оперативно-производственное планирование: учебное пособие / И.В. Ершова, Т. А. Минеева, Е.В. Черепанова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 96 с. Бухалков, М. И. Организация и управление предприятием: учебник.Гриф МО РФ/ М.И. Бухалков – Инфра –М, 2017
7. Есаулов, В.Н. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование: учебное пособие/ В.Н. Есаулов, С.Г. Чернета - Томск, ТПУ, 2015.
8. Ильдеменов, С.В. Операционный менеджмент. Учебник. Гриф МО РФ/ С.В. Ильдеменов, А.С. Ильдеменов и др. – М.: Инфра-М, 2017.
9. Канбан и «точно вовремя» на Toyota: менеджмент начинается на рабочем месте: перевод с английского.- Москва: Альпина Бизнес Букс, 2015.-. (Серия «Модели менеджмента ведущих стран»).
10. Карпенко, Е.М. Оперативное управление производством /Е.М. Карпенко, С.Ю. Комков. - Минск: ТетраСистем, 2008.
11. Костюкевич, Е.Н. Оперативное планирование на машиностроительном предприятии: лабораторный практикум/Е.Н. Костюкевич.- Минск, БНТУ 2015.

12. Лисичкина, Ю.С. Операционный менеджмент. С электронным приложением: учебник/ Ю.С. Лисичкина, А.В. Трачук.- М.: КНОРУС, 2017.

13. Маккей, Кеннет. Эффективное производство = Practical production control: практическое руководство по совершенствованию планирования и контроля/ Кеннет Маккей, Винсент Вирс; перевод с английского:[В.А. Черкес; научный редактор Д.Л. Бенько]. –Минск: Гревцов Паблишер, 2017.

14. Мауэргауз, Ю.Е. «Продвинутое планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок»/Ю.Е. Мауэргауз. - М.: Экономика, 2012.

15. Никитин, А.В. Управление предприятием (фирмой) с использованием информационных систем: учебное пособие/ А. В.Никитин, И.А. Рачковская, И.В. Савченко.- М.: Проспект, 2016.

16. Никитин, А.В. Управление предприятием (фирмой) с использованием информационных систем: учебное пособие/ А. В.Никитин, И.А. Рачковская, И.В. Савченко.- М.: Проспект, 2016.

17. Новицкий, Н.И. Организация и планирование производства: Практикум/ Н.И. Новицкий. - Мн.: Новое знание, 2014.

18. Сачко, Н.С. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: учебник для вузов/ Н.С. Сачко. - Мн.: Новое знание, 2008.

19. Сачко, Н.С. Планирование и организация машиностроительного производства. Курсовое проектирование: учеб. пособие/ Н.С. Сачко, И.М. Бабук. – Минск: Инфра-М РИОР, 2017.

20. Смоляков, А.М. Оперативно-производственное планирование: конспект лекций/ А.М. Смоляков.- Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2015.

21. Стерлигова, А.Н. Операционный (производственный менеджмент): учебное пособие .Гриф МО РФ\А.Н. Стерлигова.- М.: Инфра-М, 2017.

22. Томас, Г. Бережливое производство и 6 сигм в логистике. Руководство по оптимизации логистических процессов/ Томас Голдсби, Роберт Мартиченко.-М.: Гревцов Паблишер, 2017 г.

23. Чейз, Б. Ричард. Производственный и операционный менеджмент : [перевод с английского]/Ричард Б. Чейз, Ф. Роберт Джейкобз, Николас Дж. Аквилано.-10-е изд.Москва [и др.]: Диалектика Вильямс, 2017.

24. Элияху, М. Голдрат. Цель: процесс непрерывного совершенствования: [перевод с английского]/ Элияху М. Голдрат, Джефф Кокс.- Минск: Попурр, 2017.

25. Юдсон, М.И. Управление процессами. Методы управления предприятием с использованием информационных технологий: учебное пособие\ М.И. Юдсон, Ю.П. Липунцов.- Лекции МГУ: ДМК Пресс, 2015