



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого»

Кафедра «Менеджмент»

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

ПОСОБИЕ

по одноименному курсу

**для студентов экономических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2006

УДК 65(075.8)
ББК 32я73
О-60

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
гуманитарно-экономического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 28.07.2004 г.)*

Авторы-составители: *Е. М. Карпенко, Б. В. Болочук*

Рецензент: канд. экон. наук, зав. каф. «Экономическая информатика
и АСУ» УО «ГГУ им. Ф. Скорины» *С. Н. Говейко*

Оперативное управление предприятием : пособие по одному курсу для студентов экон. О-60 специальностей днев. и заоч. форм обучения / авт.-сост.: Е. М. Карпенко, Б. В. Болочук. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 109 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 985-420-483-3.

Данное пособие предназначено для помощи студентам в изучении некоторых вопросов оперативного управления производством: общей характеристики системы оперативного управления производством, календарно-плановых нормативов для различных типов производства, особенностей оперативно-календарного планирования, методики расчетов заделов, общих положений разных форм согласования, типовых систем оперативного планирования производства и др.

Для студентов экономических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 65(075.8)
ББК 32я73

ISBN 985-420-483-3

© Карпенко Е. М., Болочук Б. В., составление,
2006

© Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современных условиях, требующих гибкого реагирования на изменения спроса потребителей на тот или иной вид продукции, возрастает роль оперативно-производственного планирования. Его задача обеспечить четкую и бесперебойную работу предприятия и внутризаводских подразделений при наиболее эффективном использовании производственных ресурсов.

Оперативное управление в различных типах производства отличается методикой и техникой выполнения плановых процедур, степенью дифференциации плановых периодов, составом и характером расчета календарно-плановых нормативов. Поэтому постановка задач и методы их решения для различных типов производства имеют свои особенности.

Таким образом, курс «Оперативное управление производством» охватывает вопросы организации производственного процесса во времени и пространстве, организацию и оперативно-производственное планирование основных и вспомогательных цехов и служб предприятия, а также организацию и планирование комплексной подготовки производства.

Данное пособие предназначено для помощи студентам в углубленном изучении некоторых вопросов оперативного управления производством. Книга написана на основе работ Сачко Н.С., Татевосова А.С., Родионова Б.Н., Соколицына С.А., Кузина Б.И.

Авторы пособия выражают свою благодарность Починку М.М., оказавшему большую помощь в оформлении пособия.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ФУНКЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Управление производством представляет собою четко очерченный контур управления, 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 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.

Любая управляющая система, работающая в реальном времени должна иметь эталон, или план поведения системы, на основе которого производится сравнение показателей ее функционирования, регулирующее устройство, работающее в реальном времени, основанное на плане и обратной связи и корректирующее устройство, позволяющее вносить некоторые изменения в шаблон поведения на короткое время.

Для предприятия таким 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 статистический набор ресурсов, которые можно соединить вместе и привести их 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, т. е. эталон поведения производственной системы в целом и ее отдельных элементов в течение определенного календарного промежутка времени. Создать модель – это значит спроектировать перемещение и преобразование ресурсов в производственном процессе в продукцию с определенной скоростью.

Реализация, т. е. осуществление предписанных планом действий, осуществляется множеством производственных ячеек, каждая из которых представляет вероятностную систему на результаты работы, которой оказывают влияние многие факторы, в том числе и отрицательного значения. Это требует непрерывного наблюдения за ходом протекания производственного процесса и его регулирования с тем, чтобы предупредить отклонения или свести к минимуму потери от этих отклонений.

Наконец, при значительных объективных и субъективных отклонениях в ходе производственного процесса требуется, так или иначе, внести изменения в поведение системы в целом и ее отдельных элементов-подразделений.

В этом случае требуется осуществить коррекцию плана (рис. 1.1).

Итак, под *оперативным планированием* следует понимать совокупность работ и действий по выработке модели протекания процесса во времени, наблюдении за его ходом в реальном масштабе времени, принятии и осуществлении решений по предупреждению возможных отклонений и корректировке эталона поведения системы на основе данных обратной связи и внешней информации, обеспечивающий бесперебойный ход производства.

Его задача – обеспечить поддержание показателей и параметров функционирования предприятия по выпуску продукции в заданных пределах, т. е. поддержание в динамическом равновесии, используя для этого средства текущего (оперативного) воздействия на входы и выходы отдельных его подразделений в реальном времени.

Однако поддержание в равновесии производственного процесса может быть достигнуто лишь при обеспечении тесной взаимосвязи в работе всех подсистем предприятия, начиная от маркетинга и технической подготовки производства, кончая 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 чертежа, техпроцесса; отсутствия материалов, инструмента, приспособлений и из-за несвоевременной сдачи готовых деталей на склад и т. д. Для современного выявления и предупреждения отклонений подсистема оперативного управления должна располагать сведениями о степени и сроках выполнения функций всеми подразделениями предприятия. Это неизбежно требует соединения, т. е. интеграции всех внутренних потоков информации в единое целое с систе-

мой ОУП. Подробная схема взаимодействия системы оперативного управления производством со всеми основными функциями предприятия с помощью прямой обратной связи показана на рис. 1.2.

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

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

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

Расписание – это совокупность сведений о последовательности, месте и времени совершения событий многих процессов в данном месте или об 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 производительного цикла. Вместе с тем расписанием является и перечень работ, выполняемых в конкретный период времени по всем объектам производства в данном подразделении, т. е. по изготовлению всех экземпляров готовой продукции, изготавливаемых в нем в течение этого времени. Расписания составляют обычно в табличной и графической форме, последняя является предпочтительной, так как более наглядно имитирует процесс и его элементы, условно отображая на чертеже-графике и время и расстояние.

Предоставить план-график – это значит заранее разработать такую модель функционирования предприятия, цеха, участка, рабочего места во времени, которая предусматривала бы 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.

План-график работы предприятия и любого его подразделения, как пространственно-временная модель процесса, как эталон поведения производственной системы во времени, разработанный на основе научно обоснованных временных параметров, обладает системными свойствами.

Они проявляются, прежде всего, в том, что, предписывая движение реальных, вещественных предметов во времени он устанавливает строгую взаимосвязь, взаимодействие и целенаправленность работы всех подразделений предприятия во времени, подчиненных единой цели – изготовить готовый продукт к определенному моменту времени.

Всякое отступление предписаний этого графика на любом участке, рабочем месте приведет к срыву сроков изготовления изделия в целом или к дополнительной затрате ресурсов.

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

Нарушение временных связей всегда удлиняет время производства, а это, в свою очередь, всегда приводит к увеличению запасов, поскольку величина их пропорциональна длительности цикла.



Рис. 1.1. Схема оперативного управления производством

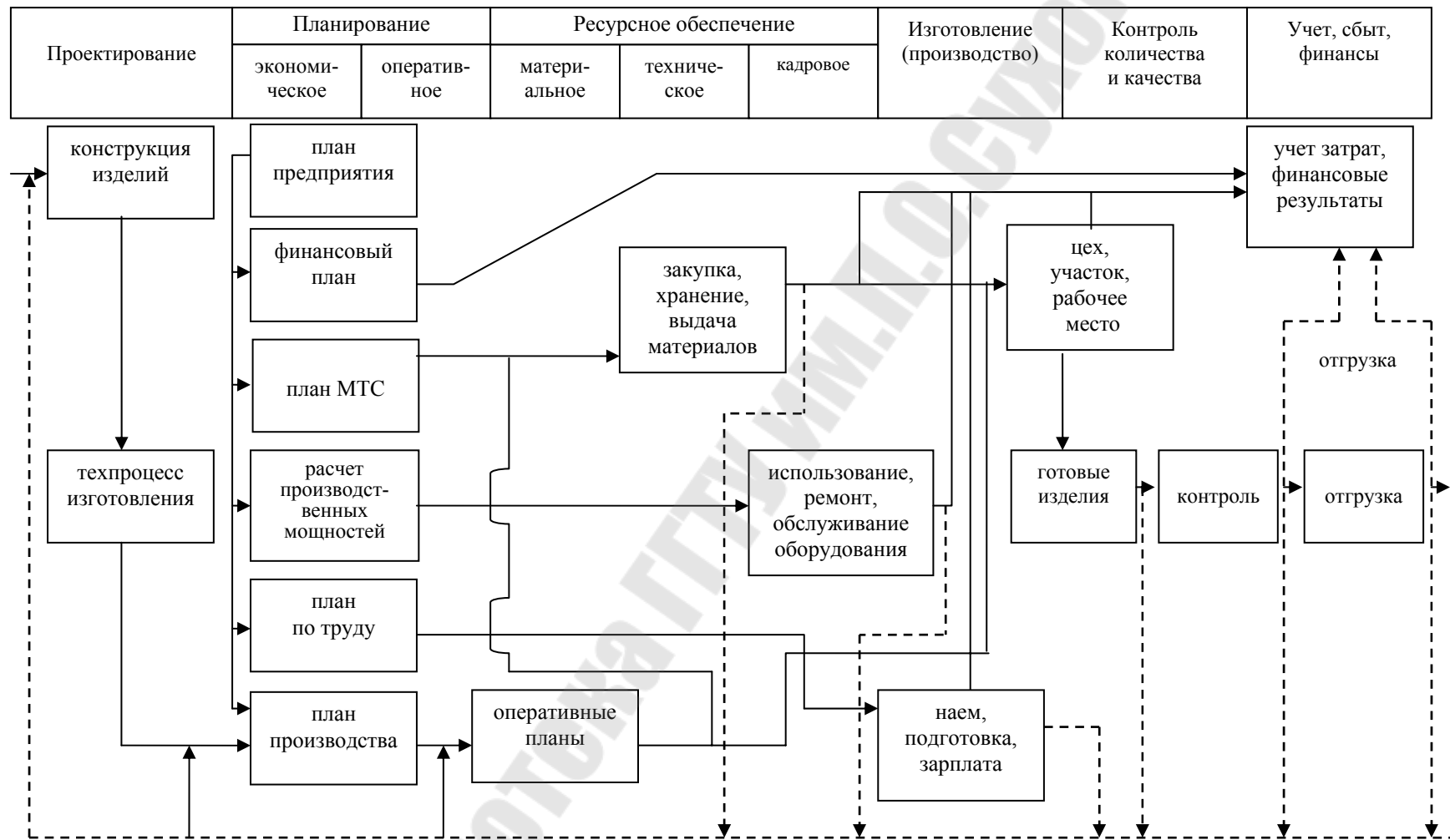


Рис. 1.2. Интеграция подсистем информационных потоков в системе оперативного управления производством с помощью внутренней обратной связи: ----- прямая информационная связь; - - - - - обратная информационная связь

План-график должен предусматривать:

- а) равномерный или равномерно нарастающий выпуск продукции на основе ритмичного хода производства на каждом участке производства;
- б) равномерную загрузку оборудования и рабочих;
- в) обеспечение движения материалов, заготовок, деталей и узлов в производстве в соответствии с принятыми нормативами;
- г) наличие резервов мощностей и производственных ресурсов, необходимых для ликвидации отклонений от нормального хода производства.

Эти задачи решаются при составлении плана-графика производства при помощи:

– анализа фактического использования оборудования и производственных площадей, расчета их загрузки и выявления их резервов, с учетом передовых достижений в их эксплуатации (уменьшение простоев, применение более совершенных методов обработки, передача обработки деталей с менее на более высокопроизводительное оборудование, учет фактической выработки отдельными передовыми рабочими и распространение их опыта и др.);

– учета фактического состояния заделов и возможного их пополнения, современного обеспечения материалами, заготовками, инструментом и другими предметами и средствами производства.

Разработка плана-графика осуществляется в две основные стадии: проверочных объемных расчетов производства и непосредственной разработки календарных планов. Этот этап принято называть оперативно-календарным планированием.

На стадии проверочных объемных расчетов уточняется общий объем и содержание работ (выпуска продукции), которые должны быть выполнены в предстоящем плановом периоде каждым производственным подразделением. Осуществляется подробный расчет потребных производственных и трудовых ресурсов (оборудования, рабочих, производственных площадей, материалов, заготовок и др.) и сопоставляется с их наличием.

Оперативно-календарное планирование заключается в разработке для каждого производственного подразделения завода календарных планов-графиков. Обычно на заводе составляются текущие планы-графики, определяющие программу работ производственных подразделений на календарный месяц с разбивкой по дням. Однако в течение месяца производственные условия могут меняться (изменяется техническое состояние оборудования, вносятся изменения в техноло-

гию производства, невыполняются или перевыполняются плановые задания, отсутствуют необходимые материалы и 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 времени является рабочая неделя.

В недельном графике не только устанавливается программа работ на ближайшую неделю, но и корректируются задания месячного графика.

Итак, рассматривают следующие основные функции оперативно-календарного планирования:

- составление и доведение до исполнителей календарных перспективных планов производства;
- расчет календарно-плановых нормативов организации производственного процесса во времени и пространстве и доведение до исполнителей;
- разработка месячных планов-графиков, уточнение перспективных и учет их выполнения;
- разработка недельных и уточнение месячных планов-графиков и учет их выполнения;
- разработка суточных и сменных и уточнение недельных заданий и учет их выполнения.

Сложность машиностроительного производства, большая длительность производственного цикла изготовления машин, а также наличие многих факторов, оказывающих влияние на ход производственного процесса, которые необходимо заранее учесть с тем, чтобы обеспечить ритмичность выпуска продукции, диктуют необходимость разработки не только текущих, но и перспективных оперативных планов, т. е. календарных планов, определяющих программу работ каждого производственного подразделения на несколько месяцев вперед. Таким периодом времени являются календарный и условный кварталы – четвертая часть календарного или условного года. Квартальный календарный план позволяет согласовать в пространстве и времени работу цехов по всей длительности производственного цикла и заранее предусмотреть перспективу их работ и бесперебойного материального обеспечения всеми видами предметов и средств труда.

В единичном производстве оперативные планы разрабатываются на весь цикл изготовления изделия в целом.

2. ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В машиностроении оперативно-производственное планирование является одним из основных факторов, обуславливающих решение следующих задач [4, с. 10].

1. Равномерное и комплектное выполнение и перевыполнение производственной программы и соблюдение директивных и договорных сроков выпуска товарной продукции.

2. Полное и наиболее целесообразное использование средств производства и трудовых ресурсов предприятия.

3. Минимальное связывание оборотных средств в стадии производства.

4. Создание условий, способствующих развитию передовых форм организации труда и социалистического соревнования.

5. Обеспечение условий для механизации и автоматизации основных объемных и календарных расчетов путем точного (математического) формулирования решаемых задач оперативно-производственного планирования, подготовки исходной и нормативной информации, а также соответствующих форм документации.

В основе оперативно-производственного планирования лежит утвержденная вышестоящим органом производственная программа завода на год по кварталам.

Все расчеты построения оперативно-производственного планирования базируются на данных технической подготовки производства и увязываются с экономическими показателями по выпуску продукции, труду, фондам заработной платы, себестоимости и оборотным средствам, установленным техпромфинпланом для завода и отдельных цехов. Эта связь оперативно-производственного планирования с экономическими показателями производства непосредственно реализуется в процессе решения перечисленных выше задач.

Так, решение первой основной задачи говорит о непосредственном воздействии оперативно-производственного планирования на выполнение государственного задания по наиболее важному показателю техпромфинплана – показателю выпуска и реализации продукции.

Решение второй задачи – полного и наиболее целесообразного использования средств производства и трудовых ресурсов предприятия – обеспечивается оперативно-производственным планированием с помощью: 1) тщательных расчетов полноты и равномерной занятости трудовых ресурсов и площадей; 2) такого распределения государ-

ственного задания между цехами, участками и рабочими местами, при котором равномерная загрузка оборудования и рабочей силы сочетается с минимальными размерами простоев во время настройки и подготовки к работе (работа экономически выгодными партиями), а также обеспечивается максимальное соответствие выполняемых работ квалификации рабочего и механической мощности оборудования; 3) широкого внедрения поточных форм организации работ; 4) максимальной специализации рабочих мест на производстве ограниченного числа различных технологических операций, способствующей повышению производительности труда.

Решение второй задачи непосредственно способствует повышению эффективности машиностроительного производства.

Минимальное связывание оборотных средств в стадии производства обеспечивается оперативно-производственным планированием путем такого распределения государственного задания во времени и по рабочим местам, путем такого построения графиков производства и оперативного регулирования в процессе выполнения планов, при котором обеспечивается максимальное сокращение длительности производственного цикла заготовок, деталей, узлов и изделия в целом, и в результате – максимальное уменьшение незавершенного производства и ускорение оборачиваемости оборотных средств в производстве.

Одной из характерных черт и преимуществ социалистической организации производства, наиболее ярко выражающей принцип демократического централизма в руководстве народным хозяйством и, в частности, в управлении предприятием, является широкое вовлечение всего коллектива работников в решение указанных выше производственных задач, использование их творческой инициативы и опыта, их стремлений к новаторству и к систематическому повышению производительности труда.

Главной задачей разработки системы оперативно-производственного планирования является обеспечение благоприятных условий для целесообразного и широкого использования этого важного преимущества социалистической системы хозяйства путем четкого определения для каждого рабочего, каждого участка и цеха производственных задач на плановый отрезок времени, своевременного обеспечения рабочих мест высококачественными средствами производства, своевременного выявления и устранения возникающих в производстве диспропорций.

3. ЗАВОДСКИЕ ОРГАНЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Руководство всей работой по оперативному управлению производством осуществляет производственно-диспетчерский отдел (ПДО) [2, с. 318].

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

На производственно-диспетчерский отдел возлагаются функции по оперативному руководству ходом производственного процесса, согласованному при помощи оперативных календарных планов в пространстве и времени. Отдел осуществляет непрерывный контроль за материальной и технической подготовкой производства, за своевременной подачей заготовок, деталей, узлов, за комплектованием заделов, своевременно выявляя возможные отклонения в ходе производства и принимая меры по предупреждению. Кроме того, на него возлагаются функции по методологическому руководству – производственно-диспетчерскими бюро цехов.

Структура производственно-диспетчерского отдела зависит от типа производства, объема выпуска, характера выпускаемых машин и степени централизации функций ОУП.

Отдел обычно состоит из двух основных подразделений (групп) оперативно-календарного планирования и диспетчирования. Непосредственное руководство первой группой осуществляет заместитель начальника отдела по календарному планированию, второй – главный диспетчер предприятия.

Непосредственно работу по выполнению отдельных функций по календарному планированию осуществляют специальные бюро заказов, календарно-плановых нормативов, календарного планирования, оперативной подготовки производства.

В крупных предприятиях, объединениях в составе производственно-диспетчерского отдела (управления), кроме того, организуются бюро (отделы) по оперативному планированию отраслевых и территориальных производств, входящих в него (металлургического, пресового, механосборочного и др.).

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

Бюро календарных нормативов непосредственно или через информационно-вычислительный центр выполняет объемные расчеты производства, на основе которых выявляется соответствие между наличными и имеющимися ресурсами мощностей, сообщает отделу главного технолога их результаты и вместе с его подразделениями намечает пути ликвидации возникающих диспропорций и изыскивает резервы для непрерывного наращивания производственных мощностей. Выполняет расчеты календарно-плановых нормативов, цикловых графиков, ритмов производства, периодов запуска-выпуска, длительности циклов, опережений, заделов, на основе которых согласовываются в пространстве и времени элементы производственного процесса завода и разрабатываются календарные планы-графики.

Бюро календарного планирования разрабатывает планы-графики завода, его отдельных подразделений, ведет учет их выполнения и вносит в них корректировки.

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

Примерная структура службы оперативного управления производством на машиностроительном предприятии показана на рис. 3.1.

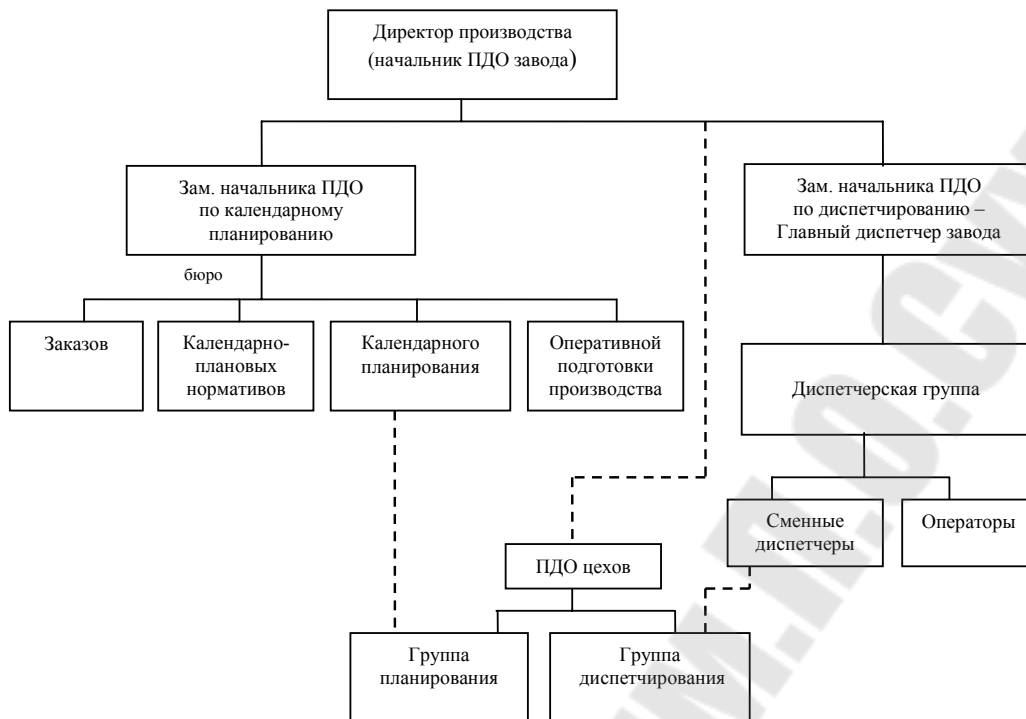


Рис. 3.1. Организационная структура службы оперативного управления производством

4. НАЗНАЧЕНИЕ И СТРУКТУРА КАЛЕНДАРНО-ПЛАНОВЫХ НОРМАТИВОВ

Вся оперативная работа по организации производственного процесса и его элементов, т. е. процесса изготовления машины в целом и ее отдельных узлов и деталей, на заводе 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 идеального его построения как по отношению к изделию в целом, так и к каждой его части при обеспечении максимальной общей ритмичности производства.

Календарно-плановые нормативы, таким образом, отвечают на вопрос, как будет согласовано между собой изготовление отдельных элементов изделия и в каком соотношении будут находиться показатели, определяющие степень реализации основных принципов организации идеального производственного процесса с целью обеспечить максимальную эффективность 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, а также нормативные планы-графики (цикловые и стандарт-планы).

Состав календарно-плановых нормативов и их размерность зависят от типа производства. Чем выше массовость производства, тем выше должна быть степень согласования отдельных элементов процесса, тем должна быть мельче размерность нормативов, определяющих движение предметов труда во времени, от недели в единичном до часа в массовом производстве (табл. 4.1) [2, с. 303].

Тип производства определяет также точность нормативов, чем выше массовость, тем должна быть больше их степень точности.

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 является важной задачей календарного планирования, от успешного решения которой будет во многом зависеть качество календарно-плановых нормативов и в конечном счете эффективность производства.

Данные о нормах времени и других затрат принимаются на основе технологических разработок. На их основе нередко принимаются исходные величины норм времени и для расчета некоторых календарно-плановых нормативов (например, партии деталей, заготовок, ритмов и др.). Однако часто эти нормы, рассчитанные на определенные условия производства, отличаются от фактических, к тому же при разработке технологии не всегда учитывается степень загрузки данного типа оборудования. Все это приводит к тому, что на данном заводе существуют как технологические, так и платежные нормы времени, учитывающие степень несоответствия проектных и фактических условий производства и рассчитанные на получение определенного уровня заработка рабочего или делающие скидку на недостатки в организации производства, или предусматривающие скрытые простои оборудования и рабочей силы. Эти несоответствия органы оперативного планирования производства должны выявлять и учитывать при разработке календарно-плановых нормативов и оперативных графиков, предусматривая в них постепенное достижение передовых

норм или во всяком случае четко выделять в них резервы, крайне необходимые для оперативного регулирования производства.

Таблица 4.1

Состав и размерность календарно-плановых нормативов и их применяемость в различных типах производства

Наименование нормативов	Применяемость (+) и размерность по типам производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
Общий объем производства	+	+	+
Серия изделий	в рублях и нормо-часах за неделю и сутки	в нормо-часах и штуках изделий за неделю и сутки	в штуках изделий за смену и час
Такт (ритм) выпуска изделий, деталей			в штуках изделий
Темп выпуска изделий, деталей			+
Партия заготовок, деталей			в штуках в минуту, в час
Периодичность запуска-выпуска (ритм) партии деталей		в штуках или в днях потребности	+
Длительность производственного цикла изготовления партии деталей или изделия		на многопредметных линиях в тех же	
Опережение запуска-выпуска партий и отдельных деталей		в неделях или в рабочих днях	
Транспортная или передаточная партия		+	
		в рабочих (или календарных) днях	
		+	
		в неделях или рабочих днях	
		+	
		в штуках деталей заготовок	

Продолжение табл. 4.1

Наименование нормативов	Применяемость (+) и размерность по типам производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
Заделы: 1. Цеховые (межоперационные): а) цикловой; б) оборотный; в) технологический; г) страховой (резервный)		+	+
		в штуках или в партиях деталей	в штуках деталей, заготовок, узлов
		+	то же
	–	в штуках или в днях потребности	»
			»
2. Межцеховые (межлинейные): а) транспортный; б) оборотный; в) страховой	–	+	»
		в штуках или в днях потребности	»
	–		+
Нормативные графики: 1. Цикловой план-график	–	+	в штуках деталей, заготовок, узлов
		в штуках или в днях потребности	
	–	+	
	дни	часы	
			+
			часы, минуты
3. Движения заделов	–		+
			в штуках или в днях потребности

4.1. Состав и особенности календарно-плановых нормативов в серийном производстве

Содержание и методы построения календарного плана видоизменяются значительно в зависимости от степени неизменности производственных условий на рабочих местах участков и цехов, участвующих в производстве планируемых изделий [4].

Как известно, степень постоянства производственных условий, или, точнее, постоянства загрузки рабочих мест одной и той же работой является главным основанием для классификации производств – их деления на основные типы: массовый, серийный и единичный. Поэтому методы разработки календарного плана должны быть рассмотрены отдельно по каждому основному типу производства. В то же время суц-

ность и целевое назначение разработки календарного плана для любой совокупности производственных условий являются неизменными. Если представить себе план производства отдельной детали машины как часть календарного плана изготовления всего изделия, то в условиях любого типа производства при любой сложности и трудоемкости технологического процесса его построение и фактическое осуществление всегда подчинено простому графику, изображенному на рис. 4.1.

Суть дела не изменится от того, что практически детали часто проходят свой технологический маршрут не отдельными экземплярами, а партиями, и что в ряде случаев предпочитается планировать производство не по отдельным наименованиям, а комплектами деталей. Подобные отклонения, разумеется, влияют на длительность отдельных структурных частей плана, показанного на рис. 4.1 (длительность выполнения технологических операций и стадий в целом, длительность различного рода перерывов и т. п.), но принципиально движение любого экземпляра детали в производстве остается при всех случаях неизменным – оно подчинено одной и той же схеме (рис. 4.1) [4, с. 52]. Согласно этой схеме задача и техника планирования производства любой части изделия формулируются следующим образом: установить такую систему сроков движения планируемой детали по операциям и стадиям технологического процесса, соблюдение которой должно обеспечить своевременное поступление ее в готовом виде на стадию сборки (точка *e* на рис. 4.1).

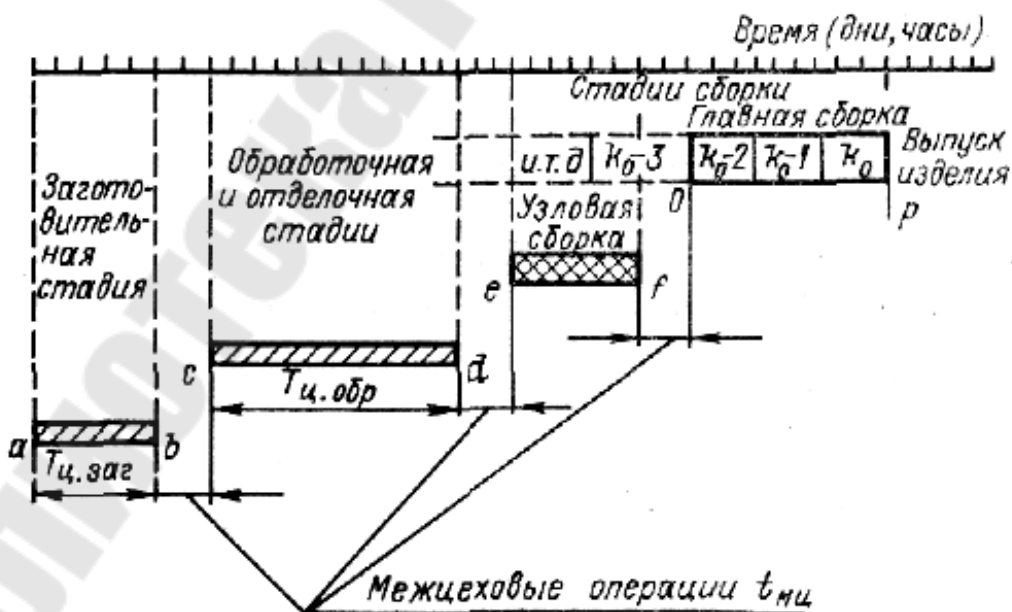


Рис. 4.1. План-график производства отдельного предмета

При любой системе планирования производства решение этой задачи состоит из совокупности расчетов и построений.

1. Расчет и построение плана или графика производственного цикла главной сборки изделия на основе расчленения сборочного процесса на k_0 этапов (укрупненных операций) и определение срока f подачи к началу соответствующего этапа готового узла, в состав которого входит планируемая деталь.

2. Расчет длительности производственного цикла сборки узла ef и определение срока (в точке e) подачи готовой детали.

3. Построение плана движения детали по операциям обрабатывающей и заготовительной стадий и определение длительности нахождения ее на этих стадиях cd и ab .

4. Определение длительности межцеховых перерывов в производстве ($t_{\text{мц}}$ – отрезки bc , dc и fo), возникающих по ряду причин при передаче детали из цеха предыдущей стадии в цех последующей стадии (контроль качества, транспортировка и документальное оформление передачи, нахождение в складском запасе).

График движения (рис. 4.1) позволяет получить по планируемой детали важные данные о календарных опережениях каждой стадии ее технологического процесса как в отношении последующей стадии, так и в отношении срока выпуска готового изделия.

Так, отрезки ab и op показывают опережение первой заготовительной операции, которое необходимо предусмотреть в процессе производства предмета, чтобы обеспечить своевременное начало механической обработки (в точке c) и директивный срок выпуска готового изделия (в точке p).

Точно так же отрезки ce , cp и dp показывают соответственные величины опережений, которые следует соблюдать в обработочной и отделочной стадиях, чтобы обеспечить своевременное начало сборки узла (ce) и своевременный выпуск готового изделия ($cp-dp$). Столь простая схема построения календарного плана объясняется тем, что объектом планирования является одна штука предмета или партия предметов одного наименования. Разработка календарного плана производства машины в целом, состоящей обычно из сотен, тысячи и более частей, естественно, значительно сложнее. Возникает ряд трудных задач, которые должны быть решены еще до составления календарного плана.

Надо решить весьма важный вопрос о степени уточнения сроков в календарном плане по каждой стадии производства (ab , cd и т. п.):

можно ли и в каких случаях надо регламентировать в плане сроки по каждой технологической операции, в каких случаях – только сроки выпуска готовой детали (узла) и в каких – только общий срок выпуска целого комплекта деталей. В последних двух случаях календарный план заметно упрощается.

Одновременно должен быть решен вопрос о периоде планирования: составлять ли календарный план однажды на целый год или четыре раза в год – на каждый квартал или двенадцать раз – на каждый месяц. Целесообразность каждого из этих вариантов определяется производственными условиями работы завода, цехов и участков (сложность, трудоемкость изготавливаемой продукции, длительность ее производственного цикла, масштаб выпуска и др.). Наконец, столь сложный календарный план, регламентирующий работу крупных коллективов цехов и участков на длительные периоды времени, может быть признан практически ценным документом только в том случае, если он увязан с производственной мощностью участков и отдельных рабочих мест и при этом учтены установленные лимиты по рабочей силе и фондам заработной платы. Следовательно, календарный план в целом по всем деталям (узлам) должен содержать определенный объем работ, равномерно распределенный по частям планового периода и рассчитанный на равномерную и полную загрузку основных рабочих, оборудования и площадей.

Методы эффективного решения этих и других более частных вопросов, естественно, могут быть рассмотрены только при более тщательном изучении сущности календарного планирования.

Следует отметить (рис. 4.1), что длительность периода ap , полученная в результате построения календарного плана по отдельным стадиям технологического процесса, имеет помимо оперативного важное экономическое значение. В течение этого периода затраты на изготовление данной детали, постепенно нарастая по мере выполнения каждой следующей операции, остаются связанными в производстве и освобождаются только после выпуска готового изделия и его реализации. Эти затраты, как известно, составляют часть оборотных средств предприятия. Чем короче отрезок времени ap , тем, следовательно, быстрее происходит нарастание затрат, тем скорее они возвращаются предприятию, содействуя общему ускорению оборота оборотных средств.

Если исходить только из задачи максимального сокращения периода ap , из задачи ускорения оборота оборотных средств, то наибо-

лее быстрое нарастание затрат достигается при варианте календарного плана, согласно которому каждый экземпляр предмета (заготовки, детали, узла или изделия) проходит свой технологический маршрут индивидуально (не будучи связан в партию с другими экземплярами) и непрерывно, не задерживаясь между операциями и цехами. В этом случае отрезки ab , cd , ef и op , а также межцеховые операции имеют наикратчайшую длительность.

Однако выбор варианта календарного плана усложняется тем, что он обусловлен не только интересами ускорения оборота оборотных средств, но и необходимостью целесообразно сочетать эти интересы с высоким уровнем таких важных экономических показателей, как производительность труда, использование основных фондов и рабочих основных профессий, и в результате – такого важного показателя, как снижение себестоимости продукции. В связи с этим индивидуальная форма движения предмета в производстве не всегда является экономически наиболее целесообразной. Так, в условиях серийного производства эта форма движения в силу недостаточности масштаба выпуска и переменного характера загрузки рабочих мест имеет ограниченное применение. Основной формой движения в серийном производстве является работа партиями, сокращающая удельную величину затрат на настройку оборудования и на подготовку к работе, а также способствующая уменьшению штучного времени. Для различных частей планируемой продукции, отличающихся по трудоемкости, технологии, по массе и по габаритам, экономически целесообразно планировать и различные формы движения в производстве, сочетая в ряде случаев несколько форм в одном технологическом маршруте.

Из вышеизложенного следует, что в машиностроении для различных частей одного и того же изделия могут быть применены различные методы построения календарного плана. При этом выбор метода в каждом случае должен быть подчинен требованиям наибольшей экономической целесообразности. В связи с этим построению календарного плана должна предшествовать большая расчетно-подготовительная работа, состоящая из двух основных частей.

Первая часть этой работы заключается в разработке и внедрении мероприятий по совершенствованию производственной структуры завода и цехов:

- 1) реорганизация имеющихся технологических участков и превращение их в предметные участки;

2) более четкое профилирование и по возможности достижение более узкой специализации имеющихся предметных участков в целях максимального сокращения и полного устранения межучастковой кооперации;

3) создание на предметных участках технологических цепочек в форме организации одно- и многопредметных поточных линий;

4) более четкое профилирование и углубление предметной специализации цехов и упрощение таким путем межцеховых связей (кооперации).

Углубление предметной специализации надо понимать как стремление к полному замыканию технологического процесса изготавливаемой продукции в рамках данного цеха, т. е. без отвлечения продукции в другие цехи для выполнения промежуточных или конечных операций (например, для выполнения шлифовальных, зуборезных и других операций).

Совершенствование производственной структуры завода и цехов, как известно, заметно повышает экономические показатели работы предприятия. Но наряду с этим оно весьма активно способствует улучшению и упрощению оперативно-производственного планирования работы цехов и участков. Переход на предметную организацию участков позволяет четко формулировать ответственность руководства ими за своевременный выпуск готовых частей изделия и избежать необходимости пооперационного планирования сроков производства и выпуска.

В последующих главах будет показано, что повышение однородности продукции предметных участков способствует созданию поточных технологических линий в условиях серийного производства и наряду с повышением производительности труда существенно упрощает систему оперативно-производственного планирования.

В связи с этим важным элементом первой части подготовительных работ является классификация всей планируемой продукции (заготовок, деталей, узлов), распределение ее по типам производства, а в рамках данного типа – по конструктивно и технологически однородным группам.

Совершенствование производственной структуры осуществляется путем закрепления за данным цехом и каждым его участком целых групп однородной продукции и соответствующим расчетом потребного оборудования, а также численности производственных рабочих.

Вторая часть расчетно-подготовительной работы заключается в выполнении нормативных расчетов, обуславливающих характер движения предметов производства по операциям и стадиям технологического процесса.

По каждому наименованию предмета и по каждой стадии должны быть выполнены следующие нормативные расчеты:

- 1) расчеты нормальных размеров партии;
- 2) расчеты длительности производственного цикла;
- 3) определение периодичности повторения производства;
- 4) расчеты незавершенного производства.

Нормативные расчеты служат исходными данными для построения календарного плана производства.

Характер нормативных расчетов, их полнота и точность зависят главным образом от типа производства планируемой продукции. Поэтому методика нормативных расчетов освещается особо по каждому типу производства.

Разработка календарного плана и связанные с ним нормативные расчеты должны быть подчинены независимо от типа производства следующим основным принципам:

1. Своевременность производства – система очередности (сроков) производства частей изделия должна быть выдержана в календарном плане одновременно в двух направлениях: 1) точного соблюдения (в количествах и сроках) директивного задания по выпуску готовой продукции; 2) планомерного, полного и наиболее целесообразного использования трудовых ресурсов, рабочих механизмов и производственных площадей в соответствии с установленными в процессе расчетов коэффициентами k_z и $k_{см}$.

2. Периодичность производства – нормативные расчеты и система сроков в календарном плане должны обеспечить ритмичное повторение производства отдельных частей изделия в соответствии с характером и масштабам ритмичного выпуска готовой продукции.

3. Комплектность производства – система очередности (приоритета) производства по отдельным изделиям в календарном плане должна обеспечить комплектное производство по всей совокупности изделий, предусмотренной в производственной программе завода, и соответственно комплектный выпуск готовой продукции.

4. Максимальная простота построения, допускаемая сферой применения календарного плана, – степень дифференциации сроков в плане должна соответствовать необходимой точности их исполне-

ния. Все это значит: если календарный план составлен пооперационно, т. е. сроки регламентированы по каждой операции предмета данного наименования, то его выполнение учитывается и контролируется также пооперационно; если план составлен подетально, то его выполнение проверяется только по выпуску готовой детали (предмета) данного наименования; если – по комплектам деталей, то соответственно позицией плана является комплект предметов и контроль его выполнения также осуществляется по комплектам.

Календарный план производства изделия в целом является сочетанием графиков – планов изготовления отдельных частей изделия (заготовок, деталей, комплектов деталей, сборки узлов), построенных аналогично графикам на рис. 4.1. Поскольку календарный план является развитием объемного плана – детализацией производственной программы – и строится на дифференцированных сроках производства по отдельным позициям (узлам, деталям, отдельным операциям), его содержание должно соответствовать тому объему работ и той номенклатуре выпуска, которые предусмотрены в производственной программе каждого цеха, участвующего в изготовлении планируемого изделия.

В целях выполнения этого важного положения календарные планы разрабатываются по стадиям производства. Если в программу цеха включены изделия разных наименований, то календарный план должен охватить путем целесообразного сочетания во времени и по объему работ весь комплекс частей от различных изделий, подчиняя это сочетание принципу комплектности производства.

Календарный план производства основной продукции предприятия является тем основным документом, в полной увязке с которым должна планироваться работа вспомогательных хозяйств предприятия – органов снабжения, обслуживания и подготовки производства.

4.2. Состав и особенности календарно-плановых нормативов в мелкосерийном и единичном производстве

Расчеты длительности производственного цикла машины по отдельным стадиям, по нескольким стадиям и по всему технологическому процессу в целом представляют в своей совокупности наиболее желательный вариант календарного плана производства. Полученные длительности циклов являются наиболее короткими, поскольку они определены для каждого узла по длительности изготовления одной, наиболее трудоемкой детали, а взаимное сочетание во времени всех

узлов по механической обработке и сборке подчинено поддетально-узловому сопряжению [4].

Длительность производственного цикла механической обработки всего комплекта деталей ротора определяется длительностью цикла «ведущей» детали – вала. Эта деталь изготавливается на первых операциях отдельно, затем в сборе с другими деталями (остов ротора в сборе). Она должна быть готова с опережением срока выпуска готового двигателя в две декады. В соответствии с этим с таким же опережением (в две декады) начинается общая сборка ротора. Параллельно с валом изготавливаются другие детали этого узла, которые подаются на сборку комплектом.

В таком же порядке строится график изготовления комплекта деталей (с «ведущей» деталью – станиной) и сборки статора.

Таким образом, наиболее трудоемкие детали укрупненных узлов подчинены поддетально-узловому сопряжению сроков их готовности и подачи на сборку, а все прочие «неведущие» детали узлов подчинены комплектно-узловому сопряжению.

Так как изделие и его отдельные узлы изготавливаются в одном экземпляре ($n_{сб} = 1$ шт.), то полученный производственный цикл комплекта деталей и сборки узла является, естественно, наиболее коротким.

Такой, казалось бы, оптимальный вариант плана не отражает одного из наиболее важных условий планирования – полную и равномерную загрузку рабочих мест и рабочей силы.

Затраты нормо-часов по отдельным отрезкам времени (в рассмотренных примерах – по декадам) распределены неравномерно. Эта неравномерность объясняется тем, что пропускная способность оборудования и планируемая численность рабочей силы при построении графика производственных циклов не учитывались.

То обстоятельство, что указанные графики и объемные расчеты не проверены на пропускную способность цехов и участков, является правомерным. Такая проверка имеет оперативный смысл в том случае, если производственная программа цехов по составу продукции неизменно повторяется из месяца в месяц.

Тем не менее графики производственных циклов в том виде, как они построены в приведенных выше примерах, представляют в мелкосерийном и единичном производстве весьма полезный вспомогательный документ. Действительно, даже предварительный расчет загрузки механического цеха может быть правильно выполнен только при наличии по каждому изделию производственной программы распределения объема работ как по стадиям производства, так и по от-

резкам времени опережения выпуска. Например, объемные расчеты показывают, что для выполнения директивного срока выпуска готового изделия ДС319у21-12 необходимо включать в программу механического цеха (ведущего, механосборочного) на первый месяц (на первые три декады) объем работ, равный 680 нормо-ч механической обработки и 132 нормо-ч узловой сборки, а на второй месяц – 174 нормо-ч механической обработки, 2224 нормо-ч узловой сборки и 271 нормо-ч общей сборки.

Далее, по графикам легко установить, какие комплекты деталей и узлы должны быть начаты производством и изготовлены в указанном объеме нормо-часов в плановом месяце.

Таким образом, включая по каждому изделию производственной программы завода установленный объем нормо-часов предварительных и уточненных объемных расчетов, представляется возможным правильно подвести итог объемной загрузки по данному цеху на каждый плановый период и уточнить его программу.

При подведении итогов объемной загрузки в плановом месяце цеха по всем изделиям возможны три случая.

1. Полученный итог по объему работ недостаточен для полной загрузки цеха в плановом месяце. В этом случае дополнительная загрузка получается по графику за счет объема работ, приходящегося на следующий месяц (в нашем случае на следующие три декады). В программу цеха включаются детали узлов (узлы или изделия), которые согласно графикам могли быть начаты производством позже.

2. Полученный итог по объему затрат превышает пропускную способность цеха. Тогда, наоборот, возникает необходимость отодвинуть производство ряда узлов, а иногда и начало производства изделий в целом, на более поздний срок – на следующий за плановым месяцем.

3. Полученный итог объемных затрат соответствует пропускной способности цеха. Этот случай показывает, что в данном плановом периоде производство укладывается в наиболее желательный вариант плана.

Нетрудно видеть, что в графиках предусмотрены данные, достаточные и для уточненных объемных расчетов. Последние на I этапе для мелкосерийных и единичных производств могут быть ограничены расчетами по видам работ (например, по токарным, карусельным, фрезерным и др.) и не уточняются до группы оборудования или разрядов рабочих.

Таким образом, данные распределения затрат нормо-часов по видам работ позволяют в достаточной мере уточнить и обосновать задания цехам. В связи с этим объемные расчеты в условиях примене-

ния метода классификации продукции и установления типового представителя требуют некоторого уточнения.

Изделия одной и той же классификационной группы даже при полном конструктивном подобии могут заметно отличаться габаритными размерами и, следовательно, трудоемкостью. Поэтому унифицировать и объемные расчеты для всей группы изделий в целом не всегда допустимо.

Рекомендуется во избежание ошибок и ненужной скрупулезности расчетов трудоемкость каждого нового изделия, причисленного к данной классификационной группе, определять укрупненным методом: путем сравнения с трудоемкостью типового образца группы и установления общего коэффициента приведения $k_{пр}$. (Коэффициенты приведения дифференцируют – устанавливают отдельно для обработки и сборки.)

Трудоемкости механической обработки можно сравнивать по соотношению размеров наиболее трудоемких и крупных деталей основных узлов, а полученные результаты сравнения распространять на всю механическую обработку при помощи частного коэффициента приведения $k_{пр.м}$. Этот коэффициент с известной погрешностью можно использовать и для определения трудоемкости нового изделия по заготовительной стадии.

Сравнение трудоемкостей сборочных работ более правильно производить по числу деталей и узлов, установив и здесь частный коэффициент приведения $k_{пр.м}$.

Указанные изделия относятся к подгруппе крупных синхронных машин, устанавливаемых на балках (в отличие от подгруппы машин, устанавливаемых на фундаментной плите). По каждой машине этой подгруппы для обработки и сборки принимают общий коэффициент приведения $k_{пр}$ к трудоемкости типового представителя (ДС319у21-12).

Наименьшая ($k_{пр} = 0,88$) и наибольшая ($k_{пр} = 1,77$) величины этого коэффициента свидетельствуют о том, что трудоемкости машин в рамках одной и той же классификационной группы могут сильно отличаться.

Для того чтобы по отдельным машинам подгруппы (например, по машине ДС32121-16, имеющей $k_{пр} = 1,77$) выдержать сроки производства, установленные согласно типовому графику производственного цикла, необходимо значительно увеличить (в сравнении с расчетами по типовому образцу) число рабочих мест (и рабочих), одновременно участвующих в производстве данной машины.

4.3. Порядок построения календарных планов

Календарные планы составляются отдельно для продукции каждого цеха или предметного участка. Графики календарного плана строятся не на каждое изделие в отдельности, а на всю продукцию, включенную в программу цеха на плановый месяц или квартал [4, п. 10.4].

Общий порядок построения календарных планов следующий:

1. После составления уточненной программы («оперативного задания») для цехов и обоснования их объемными расчетами (с учетом потребности в норма-часах по всем изделиям программы) выявляются комплекты деталей по узлам, отдельные детали и отдельные наиболее трудоемкие операции, которые должны быть закончены цехом в плановом месяце (или квартале).

2. Плановый орган производит объемный расчет загрузки оборудования, но уже не по видам, как это было отмечено выше в графиках длительности производственных циклов, а по группам оборудования.

3. Определяются мероприятия по покрытию недостачи или использованию излишков оборудования (или рабочей силы).

4. На трудоемкие детали и заготовки по всем заказам вместе составляется пооперационный ориентировочный календарный план-график или, что лучше, график, обоснованный планом загрузки рабочих мест. В первую очередь в график включаются операции по незаконченным в предыдущем месяце заготовкам, деталям, а в последнюю очередь – детали, не вошедшие в программу планового месяца и включаемые в план в порядке использования недогруженной части оборудования.

5. Календарные графики строятся по тому же принципу и по той же форме, что и вспомогательные (ориентировочные) пооперационные календарные план-графики в серийном, регулярно повторяющемся производстве.

6. По механическим цехам и участкам календарные графики строятся только для группы трудоемких деталей. Мелкие и средние детали соответствующего участка включаются в календарно-объемный план работы, порядок составления которого аналогичен серийному производству.

По заготовительным цехам графики строятся также только для особо трудоемких и крупных отливок и поковок.

По нетрудоемким отливкам и поковкам составляется календарно-объемный план обычной формы для всех участков литейного и кузнечного цехов. В правой части формы указывается оборудование или профессии рабочих того или иного участка заготовительного цеха.

7. По наиболее дефицитному оборудованию, как уже указывалось, строится календарный план загрузки рабочих мест и в соответствии с ним корректируются календарные планы производства деталей. В такой план загрузки включаются детали всех видов продукции производственной программы.

8. Для межцеховой увязки сроков (межцехового планирования) используется для групп трудоемких деталей поддетальный и поддетально-узловой способы сопряжения, для мелких и средних (по трудоемкости) деталей – комплектно-узловой способ.

Для трудоемких деталей при построении календарных графиков предусматриваются межоперационные перерывы, длительность которых устанавливается опытным путем. Точно так же переход крупных деталей из одной основной стадии производства в другую (из цеха в цех) требует дополнительного времени на вспомогательные операции ($t_{всп}$).

В заключение следует подчеркнуть, что в условиях мелкосерийного и единичного типов производства особую важность приобретает максимальное развитие конструкционной нормализации заготовок, деталей и узлов, ввиду большого разнообразия продукции в программе цехов и единичных масштабов выпуска. Важно и то, что конструкционная нормализация способствует развитию типизации технологических процессов. Все это удешевляет производство и упрощает планирование его за счет повышения серийности выпуска, изготовления деталей разных наименований групповыми партиями и более широкого внедрения групповой технологии.

4.4. Предпосылки упрощения календарного планирования в массовом производстве

В массовом производстве, в отличие от других типов производства, удается достигнуть полной стабилизации производственных условий на каждом рабочем месте [4, п. 12.1].

Объем работ по каждой детали операции в массовом производстве столь велик, что позволяет на каждом рабочем месте в течение всего планового периода производить одну и ту же работу: обрабатывать

один и тот же предмет, формовать одну и ту же деталь, собирать один и тот же узел, ковать одну и ту же заготовку и т. п.

Расчетным признаком полной стабильности является соблюдение по каждому рабочему месту равенства (или неравенства) [4, с. 208]:

$$t_n N \geq F_{\text{рас}}. \quad (4.1)$$

В преобразованном виде это равенство, как известно¹, может быть представлено простым соотношением

$$\gamma_m = t_n/r \geq 1, \quad (4.2)$$

где t_n – необходимое время выполнения данной операции на 1 шт.; γ_m – показатель массовости, т. е. показатель степени загрузки данного рабочего места данной деталиеоперацией.

Известно также, что показатель γ_m имеет свой физический смысл. Если в равенстве (4.1) $F_{\text{рас}}$ выражает располагаемый для работы фонд времени одного рабочего места с учетом сменности, то численная величина γ_m показывает количество рабочих мест, необходимое для выполнения данной деталиеоперации в масштабе заданной программы N .

Чтобы правильно понимать значение γ_m , необходимо условиться, что $F_{\text{рас}}$ и N должны быть исчислены для одного и того же планового периода (смена, сутки, месяц, квартал, год).

Следовательно, при $\gamma_m = 1$ имеем полную загрузку одного рабочего места данной деталиеоперацией в течение планового периода; при $\gamma_m = 2$ – соответственно полную загрузку двух рабочих мест и т. п.

Благодаря неизменяемости загрузки рабочих мест в массовом производстве устраняется необходимость календарного регламентирования начала и конца производства данной деталиеоперации. Линии массового производства ежесменно и ежечасно выполняют одну и ту же работу (заготовительную, обработочную или сборочную) и задача календарного планирования производства в этом случае ограничивается необходимостью обеспечить каждую линию к началу или в продолжение смены необходимым количеством предметов труда (материала, заготовок, деталей или узлов) в соответствии с ее пропускной способностью. Такое упрощение календарного планирования имеет место в том случае, если основной признак массового производства

¹Основы организации социалистического машиностроительного предприятия : учеб. пособие для вузов / Ленингр. инж.-экон. ин-т. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1961. – 132 с. (см. с. 62).

распространяется на все основные операции технологического процесса данной детали, а не только на одну или на часть операций.

Таким образом, в отличие от других типов в условиях массового производства трудности календарного планирования, связанные со сменой заданий на рабочих местах в течение планового периода, устраняются. Неизменность загрузки рабочих мест создает наиболее благоприятные условия для равномерности (ритмичности) производства.

Хотя непрерывность возобновления социалистического производства является общим законом, реализация его в массовом производстве имеет существенное отличие, значительно упрощающее построение календарного плана. На участках массового производства в каждый момент в процессе воспроизводства товарной продукции предприятий участвуют все (теоретически) части изделия: узлы, детали, заготовки, изготавливаемые на этих участках. Все поточные линии на этих участках непрерывно выпускают готовые предметы в соответствии с ежечасным, ритмичным выпуском готовых изделий. При такой простой форме реализации основного положения равномерного производства показатель равномерности определяется в массовом производстве весьма просто: за один и тот же отрезок времени (такт, час, смену, сутки и т. д.) на различных стадиях производственного процесса должно быть изготовлено столько комплектов заготовок, деталей и собрано столько узлов, сколько за тот же отрезок времени должно быть выпущено готовых изделий. Практически такого точного численного равенства, как правило, не бывает и при достижении полной равномерности производства. Поправки в расчетах на изготовление запасных частей, на возмещение брака, на восполнение страховых запасов и т. д. нарушают это равенство. Тем не менее такая простая, натуральная форма возмещения выпуска готовой продукции в массовом производстве всегда сохраняется.

Основными календарно-плановыми нормативами массового производства являются: такт (ритм) поточной линии, стандарт-планы их 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 предпосылкой высокого уровня организации производства и оперативного планирования.

Строгая регламентация работы отдельных производственных подразделений завода во времени, необходимость обеспечения строгой стандартности в организации производственных процессов, обеспечения ритмичной повторяемости работ на основе централизации планирования диктуют необходимость обеспечить получение информации о фактическом ходе производства в любой промежуток времени и от любого подразделения. Поэтому особое внимание должно быть уделено организации оперативного учета, позволяющего в любое время получить (по возможности бездокументационную) информацию с мест, что возможно на основе применения 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 завода при параллельном изготовлении деталей неизбежно приводит к нарушению такта выпуска изделий, то основным звеном планирования является поточная линия, работающая по определенному графику, обеспечивающему непрерывный производственный процесс конечной продукции в соответствии с заданным ритмом.

5. СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Ход производственного процесса всех подразделений предприятия должен быть подчинен единому ритму – ритму выпуска готовых изделий сборочным цехом. Работа сборочного цеха планируется в соответствии со сроками отгрузки готовой продукции, определяемых договорами или другими документами, учитывающими спрос на нее [2].

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

Разработать и выполнить сквозной график-расписание движения в производстве каждого элемента (заготовки, детали) идущего на машину не предоставляется возможным как из-за большого количества их, так и из-за множества причин воздействующих на работу каждого подразделения, которые невозможно заранее предвидеть.

Для согласования работы подразделений предприятия между собою и для стыковки ее с конечным пределом – сборочным цехом используются различные методы, которые принято называть системами оперативно-календарного планирования.

Под *системой оперативно-календарного планирования* понимается метод комплектования календарных заданий цехам и согласования их работы во времени. Системы различаются степенью централизации и выбранной плано-учетной единицей. По степени централизации различают централизованную и децентрализованную системы ОКП [2, с. 308].

По методу передачи обрабатываемых предметов из цеха в цех, с участка на участок различают выталкивающие (принудительные) и вытягивающие (по требованию) системы оперативно-календарного планирования и регулирования производства.

При централизованной системе весь объем межцехового планирования и основная часть внутрицехового осуществляются заводоуправлением. Широко применяется в массовом производстве и при предметной специализации цехов в других типах.

Децентрализованная система межцехового планирования осуществляется по укрупненным показателям, а детализация программы цеха и его отдельных участков возлагается на цеховые органы оперативного планирования. Применяется с меньшей или большей степенью децентрализации в серийном и единичном типах производства со сложной производственной структурой цехов.

5.1. Особенности оперативно-календарного планирования массового производства

В массовом производстве основной формой движения предметов труда является параллельный поток. В этих условиях заготовки, детали, сборочные единицы или собираемые машины в основном 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, как имеет место в серийном производстве, а по каждому экземпляру предметов труда. Поэтому движение отдельной детали по всему циклу ее производства должно быть регламентировано во времени, а ее перемещение от операции к операции на линии строго определяется ритмом (тактом) потока [2, с. 372].

Так как за линией закреплено изготовление одной детали, то 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 цехах при изготовлении определенной детали часто не совпадает, то на заводах массового производства наряду с параллельным создаются линии с параллельно-последовательным движением предметов труда, 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 различных форм календарного планирования различных стадий производства с тем, чтобы обеспечить ритмичный выпуск конечной продукции.

5.2. Особенности календарного планирования серийного производства

Первая особенность серийного типа производства – это 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, и поэтому в обрабатывающих и заготовительных цехах приходится применять самые различные системы ОКП [2, с. 320].

Вторая особенность вытекает из первой. Поскольку на каждом рабочем месте обрабатывается несколько наименований деталей, то для повышения производительности процесса детали обрабатываются 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 поэтому каждая деталь пролеживает значительное время. Кроме того, обработка партиями увеличивает период времени, в течение которого изготовление одних и тех же деталей повторяется. Это обстоятельство диктует необходимость согласования работы взаимосвязанных рабочих мест и производственных подразделений и распределения номенклатуры обрабатываемых деталей во времени не только на короткий, но и на значительный промежуток времени, равный периоду повторения производства всей номенклатуры.

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

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 ее изготовлении по данному технологическому маршруту, с движением партий многих других деталей и по другим маршрутам.

В противном случае неизбежно нарушение других принципов эффективной организации производства и, в частности, принципа пропорциональности.

Календарное планирование серийного производства усложняется тем, что даже при одинаковом технологическом маршруте трудоемкость партий различных 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 во времени сроков запуска-выпуска партий отдельных деталей, но и созданием заделов в необходимых размерах, движение которых также должно быть подчинено строгому режиму и согласованию во времени со сроками запуска-выпуска.

Особенности и сложности календарного планирования серийного производства диктуют необходимость строгой регламентации производственного процесса и его отдельных частей во времени при помощи 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 и производственные участки и рабочие места, участвующие в ее изготовлении.

Календарные планы серийного производства должны предусмотреть решение следующих основных задач:

1. Обеспечить повторяемость обработки партий деталей и сборки узлов и изделий в определенные плановые периоды времени в соответствии с их календарно-плановыми нормативами. Это обеспечивает 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. Выявить резервы производственных ресурсов и предусмотреть их использование для обработки партий деталей, необходимых для пополнения запаса; партий, не повторяющихся ежемесячно; для ликвидации отклонений хода производства.

3. Предусмотреть такую очередность запуска-выпуска партий деталей, чтобы исключить простои оборудования из-за несогласованности их во времени и максимально сократить длительность производственного цикла.

4. Обеспечить работу участков только нормативными оптимальными партиями и с минимально возможными затратами времени на перестройку и переналадку оборудования.

5. Максимально снизить трудоемкость и сократить сроки разработки календарных планов.

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

Особенности календарного планирования единичного производства обусловлены его характерными признаками и состоят в следующем [2]:

1. В связи с неповторяемостью выпускаемой продукции в программе завода с каждым экземпляром выпускаемого изделия или мелкой серией 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), то оперативные календарные планы в этом случае приобретают перспективный характер, в которых 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 заранее разрабатывать календарно-плановые нормативы движения каждого предмета труда, а поэтому при реше-

нии вопросов организации производства конкретных деталей и сборочных единиц на отдельных его 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 дает возможности заранее строго согласовать в пространстве и во времени отдельные элементы процесса.

3. 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 др. Это приводит к тому, что 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.), что нередко вызывает дополнительные потери труда, материалов, затраты фонда времени работы оборудования и тем самым вносят нежелательные коррективы в приближенные и укрупненные календарно-плановые расчеты и тем самым усложняет 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 частям и деталям этого изделия. Поэтому необходимо предусматривать в календарных планах меры по своевременному запуску новых деталей, нового объема работ по цехам взамен окончанных и обеспечению их материалами, инструментом, оснасткой и другими видами материально-технического обеспечения.

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

6. В связи с ограниченной потребностью и точным адресованием продукция в единичном и мелкосерийном производстве изготавли-

ется только отдельными заказами, 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, определение сроков выполнения и оформления.

Работа по выполнению заказа на изготовление машины (малой серии их) состоит из следующих основных составных частей, стадий: а) оформления; б) подготовки производства; в) непосредственного выполнения заказа, т. е. изготовления изделия.

Стадия оформления заказа требует анализа технических документов и фактических условий производства квалифицированными специалистами, от эффективной работы которых в большей 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.

Основным содержанием заказа, выдаваемого заказчиком изготовителю, является техническое задание, в котором указываются все основные требования, предъявляемые к будущей машине, и ее основные характеристики (производительность, мощность, габариты, точность и др.). Сроки поставки и стоимость изделия, а также характеристика и требования, предъявляемые к продукции, выпускаемой при помощи данной машины (например, для проектирования и изготовления автоматических линий чертеж и программу выпуска деталей, чертежи заготовки, требования к точности, прочности деталей и др.).

Полученный заводом заказ тщательно изучается, анализируется всеми техническими и производственными подразделениями завода – отделами главного конструктора, главного технолога, главного металлурга, инструментальным и другими, а также производственными цехами с тем, чтобы определить возможности его выполнения и изготовления машины с требованиями, изложенными в техническом зада-

нии, уточнить сроки и стоимость. После этого техническое задание окончательно уточняется с заказчиком и оформляется совместным протоколом. На основе 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 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 на основе срока сдачи оборудования заказчику по ходу, обратному выполнению работ.

6. НОРМАТИВНЫЕ РАСЧЕТЫ РАЗМЕРОВ ПАРТИИ

6.1. Роль и значение размеров партии деталей и факторы их определяющие

Сущность работы партиями и равномерность производства.

Работа партиями, по существу, означает концентрацию производства предметов данного наименования. Предмет проходит процесс производства не по одному экземпляру, а в соединении с другими экземплярами в заранее установленном количестве – партией. Допустим, что деталь и изделие, в состав которого входит данная деталь, по плану ежедневно выпускается по 1 шт. (комплектность $K = 1$). Следовательно, независимо от длительности производственного цикла необходимо изготавливать деталь по 1 шт. и соответственно затрачивать трудовые ресурсы на 1 шт. Как уже указывалось, это наиболее простой случай натурального возмещения в производстве [4].

Теперь предположим, что признано экономически целесообразным деталь изготавливать партией по 10 шт. и, в силу ее малой трудоемкости, вся партия может пройти весь технологический процесс и быть выпущенной за один рабочий день.

Это значит, что на данную деталь затрачено в 10 раз больше ресурсов (трудовых, оборудования и др.), чем требуется для нормального возмещения выпуска товарной продукции (ежедневного выпуска по одному изделию) по этой детали; 90 % этих ресурсов могли бы быть направлены на производство деталей других наименований. В то же время, чтобы собрать одно изделие, необходимо, очевидно, изго-

товить весь комплект предметов, составляющих одно изделие. Если допустить наиболее простой случай, когда детали и других наименований изготавливаются партиями по 10 шт., то к моменту начала сборки узлов и изделия первого экземпляра в лучшем случае может быть изготовлена лишь десятая часть всех наименований деталей.

Следовательно, чтобы обеспечить выпуск первого экземпляра изделия, необходимо примерно 90 % всех наименований детали иметь готовыми намного раньше начала сборки первого экземпляра узлов и изделия. Это значит, что нормальное возмещение выпуска готовой продукции в том случае, когда партия предметов превышает партию собираемых и выпускаемых изделий, возможно при условии создания дополнительного незавершенного производства соответствующего объема. Это положение является правомерным и для всех случаев, когда части изделия проходят через смежные стадии технологического процесса с различными размерами партии ($n_{заг} \neq n_{дет} \neq n_{узл} \neq n_{изд}$) [4, с. 82].

Вместе с тем реализация такого увеличения размеров партии, если целесообразность его не доказана, является нарушением равномерности производства, так как потребует не предусмотренных планом дополнительных затрат труда и материалов на увеличение объема незавершенного производства.

Таким образом, установленные при данном масштабе выпуска продукции нормальные размеры партий должны быть стабильными, неизменно соблюдаться в процессе производства. В противном случае они нарушат баланс трудовых ресурсов по каждой профессии рабочих. Всякое неоправданное увеличение затрат труда по одним наименованиям предметов потребует экономически неоправданного их сокращения по другим наименованиям, чтобы удовлетворить условиям равномерности [4, с. 82]:

$$\sum_j \Phi_{j_k} p_j = \sum_{u_k} N_{u_k} t_{ин} . \quad (6.1)$$

Экономически обоснованные размеры партии являются одним из важных параметров, обуславливающих рациональное управление процессом производства.

Экономическое значение работы партиями. *Партией* называется заранее установленное количество предметов одного наименования, обрабатываемых или собираемых непрерывно на рабочем месте.

Как правило, одинаковые предметы должны проходить операции технологического процесса без изменения установленного для

них размера партии. Это правило сохраняет свою силу в пределах данной стадии технологического процесса. Но на различных стадиях размеры партии одних и тех же предметов могут быть различными. Возможность такого различия объясняется тем, что основные факторы, обуславливающие размер партии (трудоемкость и сложность технологического процесса, затраты на настройку оборудования и др.), на разных стадиях технологического процесса изготовления предмета могут резко различаться.

Целевым назначением соединения предметов труда в партии являются:

1) сокращение доли подготовительно-заключительного времени, приходящейся на одну штуку, и связанное с ним повышение производительности труда и использования оборудования;

2) повышение производственных навыков исполнителя и связанное с ним повышение производительности труда, достигаемое в результате многократного повторения одного и того же процесса труда;

3) упрощение и повышение качества организации и планирования сложного машиностроительного производства – достижение равномерности производства.

При определении размера партии обычно рекомендуется учитывать влияние двух экономических факторов: 1) себестоимости продукции; 2) использования оборотных средств.

Соединение предметов в партии сокращает количество переналадок оборудования по сравнению с тем положением, когда каждая штука изготавливается отдельно. Как известно, калькуляционное время, затрачиваемое на одну штуку предмета:

$$t_k = t_{шт} + t_{п-з} / n. \quad (6.2)$$

Это равносильно тому, что с увеличением размера партии расходы p на 1 шт., связанные с затратами на подготовительно-заключительные операции, падают и соответственно снижается себестоимость 1 шт.¹:

$$p = P/n,$$

¹С увеличением n заметно снижается штучное время $t_{шт}$ – повышаются трудовые навыки, снижаются затраты на заработную плату, что, как правило, трудно учитывать в расчетах.

где P – затраты на подготовительно-заключительные работы на партию в n штук.

Из этого равенства следует, что при изменении размера партии расходы p на 1 шт. изменяются по закону равнобочной гиперболы, для которой координатные оси служат асимптотами.

Кривая на рис. 6.1 показывает характер изменения p : расходы на 1 шт. резко падают при малых величинах партии, при больших – незначительно. Следовательно, увеличение размера партии представляет заметную выгоду при малых его значениях. При дальнейшем увеличении n размеры получающейся экономии от уменьшения p падают, и при очень больших n эта экономия почти незаметна.

Наряду с положительным воздействием на экономику производства всякое увеличение размеров партии вызывает, однако, дополнительные издержки, связанные с необходимостью увеличения оборотных средств предприятия и с более медленной их оборачиваемостью на стадии производства.

Ухудшение использования оборотных средств в производстве, связанное с увеличением размера партии, выражается в трех различных направлениях.

1. Возрастают пропорционально количество и стоимость основных материалов и полуфабрикатов, поступающих одновременно в производство.

2. Увеличиваются пропорционально объем и себестоимость трудовых затрат, связанных в производстве до момента выхода готовой продукции.

3. Длительность производственного цикла с ростом размера партии всегда увеличивается, хотя и не пропорционально. Следовательно, вся возросшая масса материальных ценностей и трудовых затрат с увеличением размера партии связывается в производстве на более длительный срок. Увеличенная по размерам партия предметов должна быть запущена в производство раньше, чтобы завершить изготовление всей партии к неизменившемуся директивному сроку.

Таким образом, наряду с увеличением потребных оборотных средств для выполнения одной и той же производственной программы растет период их оборота: связанные в производстве средства возвращаются предприятию (народному хозяйству) через более продолжительный период времени. Поэтому с увеличением размера партии издержки, связанные с ростом потребности в оборотных средствах и замедлением их оборота, растут.

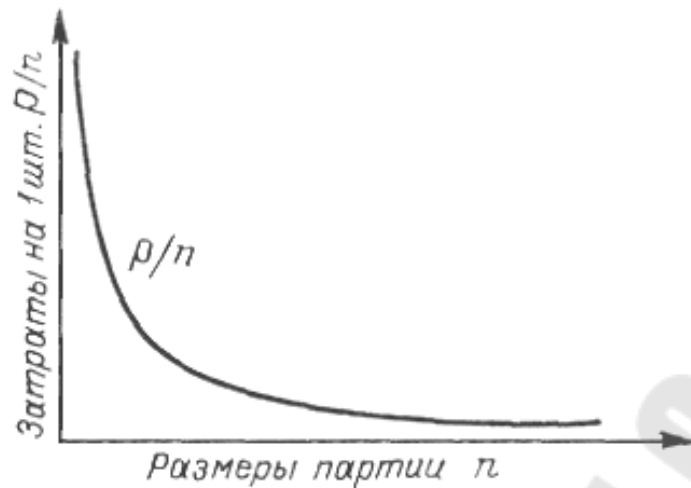


Рис. 6.1. Зависимость удельных затрат на подготовительно-заключительные работы от размера партии

В научно-практической литературе вопросам определения экономически обоснованного размера партии посвящен ряд работ. Различные методы математических расчетов и основная аргументация, используемая авторами исследований, сводятся к построению двух характеристик: характеристики падения затрат на настройку и характеристики роста потерь от связывания средств при увеличении размера партии.

Оптимальный размер партии получается после наложения одной характеристики на другую.

На рис. 6.2 показаны обе характеристики в совмещенном виде. Точка их пересечения соответствует минимуму суммы затрат на настройку и потерь от связывания средств. Соответствующая точке пересечения величина партии n_0 считается экономически оптимальной.

Прямая $\Pi = F_n + B$, получаемая расчетом, характеризует рост потерь на 1 шт. от связывания средств по мере увеличения размеров партии. Имеется в виду, что эти потери должны быть исчислены с учетом народнохозяйственного коэффициента эффективности E .

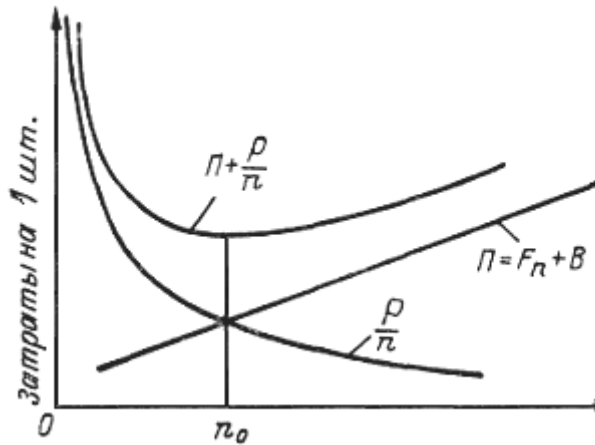


Рис. 6.2. Диаграмма для расчета оптимального размера партии:
 Π – затраты на подготовительно-заключительные операции

Ниже излагаются наиболее важные требования, которым должен удовлетворять размер партии независимо от метода его определения.

Основные условия для определения нормального размера партии. Определение размера нормальной партии должно быть подчинено следующим основным условиям.

Первое условие. Для одного и того же предмета размеры партии на различных стадиях технологического процесса должны быть или равны, или партия на предыдущей стадии может быть в целое число раз больше партии на последующей стадии.

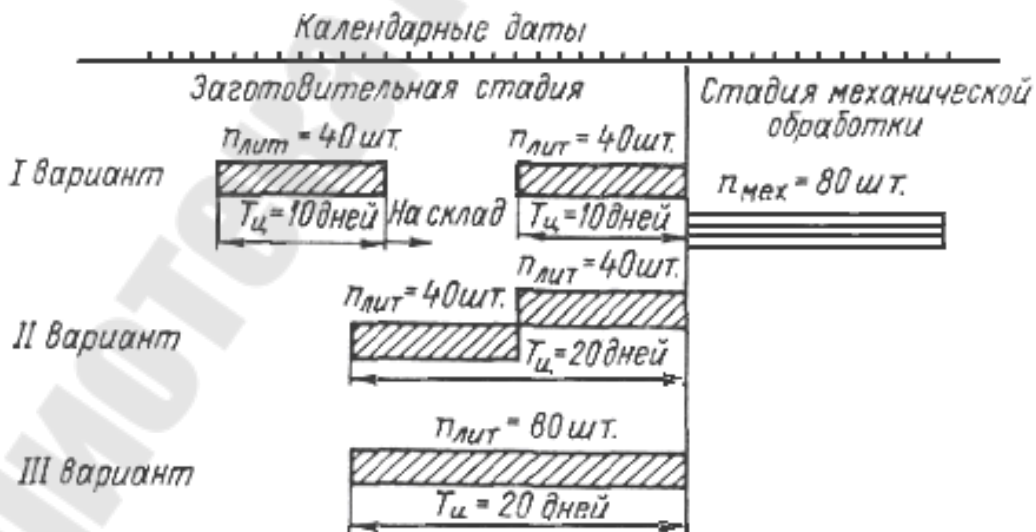


Рис. 6.3. Размеры партий деталей одного наименования на смежных стадиях

Необходимость соблюдения этого правила объясняется следующим.

Во-первых, всякое уменьшение величины партии в данной стадии технологического процесса ниже величины партии, установленной для последующей стадии, не сокращает длительности производственного цикла планируемого предмета. Действительно, допустим, что на стадии механической обработки для деталей данного наименования установлена экономически выгодная партия $n_{\text{мех}} = 80$ шт. (рис. 6.3), а для литья заготовки той же детали по соображениям сокращения длительности производственного цикла $n_{\text{лит}} = 40$ шт. Но такая партия не обеспечит нормальной работы на рабочих местах механического цеха и поэтому не может быть запущена в дальнейшую обработку. Готовые отливки первой партии будут лежать на складе как незавершенное производство (отметим ненужное) в ожидании готовности следующей партии ($n_{\text{лит}}$). Только поступление в готовом виде этой второй партии позволит дополнить количество заготовок до количества, равного $n_{\text{мех}}$. Но тогда длительность производственного цикла по совокупности двух партий литья (при первом варианте) будет равна (и даже больше) длительности цикла (20 дням) одной партии $n_{\text{лит}} = n_{\text{мех}} = 80$ шт. (см. третий вариант).

Во-вторых, всякое увеличение партии на предыдущей стадии, не кратное размеру партии на последующей стадии, равносильно нарушению равномерного использования трудовых ресурсов и нормальных условий возмещения в производстве.

Допустим, что $n_{\text{мех}}$ – партия механической обработки деталей, входящих в узел, собираемый партией $n_{\text{узл}}$. Рассматривается случай, когда

$$n_{\text{мех}}/n_{\text{узл}} = a + b, \quad (6.3)$$

где a – целое число; b – правильная дробь.

После окончания механической обработки первой партии количество деталей, равное $an_{\text{узл}}$, используется при сборке a партий узлов, и впоследствии – a партий готовых изделий¹. А количество деталей, равное $bn_{\text{узл}}$, лежит на складе готовых деталей как неиспользуемое незавершенное производство, так как это количество недостаточно для полной комплектации деталями $(a + 1)$ -й сборочной партии.

¹Конечно, в том случае, если комплектность данного узла в машине равна единице.

С поступлением на склад каждой новой партии готовых деталей ($n_{\text{мех}}$) этот неиспользуемый остаток деталей возрастает до тех пор, пока число поступивших партий не обеспечит равенство или неравенство $\Sigma \bar{b} \geq 1$.

Тогда сумма остатков составит количество, равное или превышающее сборочную партию. Складские запасы с этого момента могут быть освобождены от неиспользуемых остатков (или остатки снизятся до минимума), и с этого же момента снова начнется периодическое их накапливание.

Следует особо подчеркнуть вытекающие отсюда два вывода:

1. На образование бесполезного незавершенного производства производились непредусмотренные планом дополнительные затраты трудовых ресурсов (трудо-ч) по каждой партии $n_{\text{мех}}$ деталей в размере:

$$\bar{b} n_{\text{сб}} \sum_{j=1}^m t_{j\text{H}}, \quad (6.4)$$

где $\sum_{j=1}^m t_{j\text{H}}$ – необходимое время на единицу детали в сумме по всем

технологическим операциям. Очевидно, что эти непредусмотренные планом дополнительные затраты трудовых ресурсов, как уже указывалось, могут быть практически произведены только за счет такого же неоправданного их сокращения по другим позициям плана.

2. При достижении $\Sigma \bar{b} \geq 1$ сумма остатков незавершенного производства по рассматриваемой детали достигает количества $\Sigma \bar{b} n_{\text{сб}} \geq n_{\text{сб}}$, которое поступает на комплектацию очередной партии сборки узлов. Производство очередной партии деталей $n_{\text{мех}}$ соответственно должно быть календарно отсрочено на период $I_{\text{сб}}$. Таким образом, второе несоответствие заключается в том, что в течение $I_{\text{сб}}$ выпуск готовой продукции (готовых узлов, а затем и изделий) не потребовал по данной детали возмещения в производстве. Следовательно, за этот период происходит, наоборот, образование излишков трудовых ресурсов.

Процесс образования недостатков и излишков ресурсов повторяется с каждой новой партией $n_{\text{мех}}$ и, так как он практически происходит в условиях производства множества наименований деталей, было бы нереальным допускать, что оба отклонения могут взаимно уравновеситься по объему и структуре трудовых затрат.

Эти нарушения равномерности использования трудовых ресурсов являются скрытой причиной нарушения равномерности произ-

водства в целом, обуславливают возникновение потерь в производительности труда и способствуют неритмичному выпуску товарной продукции.

Нетрудно понять, что при соотношении $n_s/n_{s+1} > 1$, выражаемом целым числом (где n_s и n_{s+1} – размеры партии на s -м и $(s + 1)$ -м смежных стадиях производства), указанные отклонения и нарушения равномерности не должны иметь место.

Второе условие (основное). При определении размера партии направлено на обеспечение регламентированных сроков выпуска товарной продукции. Размер партии должен быть определен с таким расчетом, чтобы максимальная общая длительность производственного цикла партии предметов T_{\max} , исчисленная по всем стадиям технологического процесса, не превышала периода времени $T_{\text{рас}}$, оставшегося до регламентированного планом срока использования предметов для обеспечения товарного выпуска. Это условие особенно важно соблюдать для групп наиболее трудоемких деталей, своевременная готовность которых обычно предопределяет своевременное начало сборки изделий. T_{\max} практически лимитируется фактическим сроком разработки производственной программы цеха. Поэтому для этих групп деталей обычно устанавливаются минимальные размеры партии, которые, в свою очередь, лимитируют размеры партии соответствующих узлов и партии собираемых изделий.

Третье условие. Высшим пределом размера партии является количество, рассчитанное на период времени, в течение которого обеспечивается устойчивость программы выпуска, конструкции и технологии производства данного предмета. Соблюдение этого условия важно при расчетах партии для малотрудоемких деталей, имеющих немногосложный процесс изготовления, в основном осуществляемый на высокопроизводительном оборудовании (прессы, автоматы, револьверные станки, машины для литья под давлением и др.).

Длительность производственного цикла таких деталей, как правило, невелика и поэтому не обуславливает границу размеров партии; но время на настройку оборудования обычно занимает значительный удельный вес в длительности выполнения соответствующей операции. Так, настройка одношпиндельного автомата продолжается 2,5–3 ч и больше, многшпиндельного – до 8 ч, установка и опробование штампа – до 1,0 ч, установка и опробование пресс – форм для машин литья под давлением продолжается 4–5 ч. Штучное время производ-

ства на подобном оборудовании обычно исчисляется минутами или секундами.

В стремлении сократить удельное значение наладочного времени для этой категории работ размеры партий изготавливаемых деталей увеличивают, не ограничивая их потребностями месячной и даже квартальной программы.

Четвертое условие. Размер партии устанавливают с учетом показателя специализации рабочих мест K_c , действующего на данном участке. Это значит, что размер партии должен быть рассчитан с учетом среднего времени непрерывной занятости рабочего места одной операцией (производственной работой), определяемого числом работ, выполняемых в среднем за месяц одним рабочим.

Допустим, что на участке явочное число рабочих равно 50, выполняют они в среднем за месяц около 1000 различных работ; следовательно, $s = 50$, $O = 1000$ и $K_c = 1000 : 50 = 20$. Можно считать (с известным приближением), что в среднем каждый рабочий непрерывно занят одной производственной работой в течение одной смены. Это надо понимать в том смысле, что размер партии данных предметов при соблюдении предыдущих трех условий можно увеличить до числа штук, обеспечивающих в среднем по всем операциям непрерывную занятость рабочих в течение одной смены.

6.2. Порядок определения размера нормальной партии

1. Определение размеров партий следует начинать завершающей – сборочной стадией и кончать заготовительной стадией производства. Такой порядок расчетов имеет своей целью обеспечить кратность размеров партии по всей массе обращающихся в производстве заготовок, деталей и узлов партии выпуска готовых, изделий.

Соблюдение кратности, в свою очередь, способствует широкому внедрению в производство принципа периодичности повторения и тем самым позволяет избежать ненужного накопления незавершенного производства.

Однако точное соблюдение указанного порядка расчетов нельзя признать целесообразным. Следует учитывать, что в машиностроении стадия механической обработки является, как правило, наиболее сложной и дорогой. К расчетам размеров партии многочисленных деталей предъявляются, как уже указывалось, особые требования – требования экономического и плано-организационного обоснования. Поэтому более целесообразно размеры партии деталей $n_{дет}$ определять

до расчетов партий для узловой сборки. Порядок расчета показан на рис. 6.4.

В соответствии со схемой, представленной на рис. 6.4, основанием для определения кратности размеров партий частей изделия (заготовок, деталей, узлов) служит установленный размер партии главной сборки изделия $n_{изд}$.

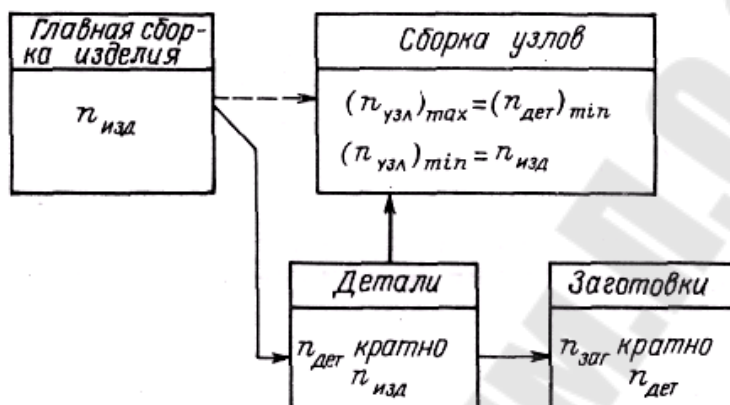


Рис. 6.4. Схема последовательности определения размеров партии

2. Расчет $n_{изд}$ зависит, естественно, от масштабов выпуска данного изделия и связанной с ним организации работ по главной сборке. При всех случаях необходимо стремиться к такой организации, которая обеспечивает равномерный поточный (поштучный) выпуск готовых изделий в течение планового периода. Если же условия для планирования потока недостаточно благоприятны, то предпочтительна организация главной сборки партиями.

3. При определении нормального размера партии для сборочных работ следует учитывать три основных момента:

1) характер выпуска товарной продукции, если таковой обусловлен договорными обязательствами или вышестоящим плановым органом (равномерный выпуск: ежедневными порциями, подекадно, два раза в месяц и ежемесячными партиями);

2) повышение производительности труда (навыков исполнителя) по мере увеличения размеров партий собираемых изделий;

3) максимальное сокращение производственного цикла сборки крупных изделий, диктуемое ограниченными размерами имеющейся производственной площади цеха (участка).

Особое значение имеет второй момент. Необходимо учитывать технологические особенности сборочных операций: преимущественно ручной характер труда в сборочном процессе, исключаяющий точ-

ные расчеты штучных норм времени, и незначительное удельное значение подготовительно-заключительного времени. В соответствии с этими особенностями размер партии сборочных работ наиболее правильно определять путем систематизации и анализа данных фактической выработки рабочих-сборщиков за прошлые периоды, а также анализа данных специально организованных хронометражных наблюдений. Но не следует забывать, что установленный размер партии для главной сборки $n_{\text{изд}}$ является минимальным для всей массы узлов, деталей и заготовок. Так, если изделия будут собираться месячными партиями, то ни одна часть изделия не может изготавливаться партиями меньше месячной.

4. Размеры партии для узловой сборки $n_{\text{узл}}$ имеют более определенные границы. Наименьший размер партии $n_{\text{узл min}}$ не может быть меньше $n_{\text{изд}}$, а максимальный размер $n_{\text{узл max}}$ не может быть больше $n_{\text{дет min}}$. Следовательно, можно написать

$$n_{\text{изд}} \leq n_{\text{узл}} \leq n_{\text{дет min}},$$

где $n_{\text{дет min}}$ – партия той детали комплекта на узел, которая имеет в сравнении с другими деталями наименьший размер.

Размер партии узловой сборки целесообразно увеличивать до максимума, т. е. определять исходя из равенства

$$n_{\text{узл}} = n_{\text{узл max}} = n_{\text{дет min}}^1.$$

Такое увеличение правомерно, поскольку оно обеспечивает максимально возможное повышение производительности труда и не влечет за собой каких-либо заметных экономических потерь².

Размеры партии для различных узлов могут быть, конечно, разными, но при всех случаях должны быть кратными $n_{\text{изд}}$.

5. Детали трудоемкие, больших габаритных размеров и массы могут быть выделены в особую группу. Такие детали (тяжелое машиностроение) обычно характеризуются большой длительностью производственного цикла и требуют больших производственных площадей. Для этих деталей могут быть установлены индивидуальные размеры партии, нижний предел которых не может быть меньше $n_{\text{изд}}$ или $(n_{\text{узл}})_{\text{min}}$.

¹В том случае, если деталь с минимальным размером партии имеет комплектность $K > 1$, равенство примет вид: $n_{\text{узл}} = n_{\text{узл max}} = n_{\text{дет min}} / K$.

²Потери от роста незавершенного производства за счет увеличения затрат на сборочные операции легко компенсируются экономией от повышения производительности труда.

6. Критерием определения размера партии для основной массы многочисленной группы деталей может служить достижение максимальной производительности труда. Конечно любое увеличение размеров партии обеспечивает сокращение затрат $t_{п-з}$ на единицу и повышает трудовые навыки, что также снижает затраты времени на единицу.

Однако практическое использование для расчетов размеров партии этого важного критерия встречает затруднения. Как уже отмечалось, увеличение размера партии вызывает и увеличение затрат на незавершенное производство. Следовательно, экономический выгодный размер партии определится в результате минимизации затрат¹.

Это было бы наиболее рациональным методом, если бы закономерное снижение затрат времени на единицу (особенно их снижение в результате повышения трудовых навыков) можно было бы математически выразить с достаточной точностью. Но такие точные расчеты крайне затруднены и практически отсутствуют.

В соответствии с этим задача определения размера партии для основной массы деталей (за исключением деталей особо трудоемкой группы) решается в два этапа.

На первом этапе определяется предварительный размер партии деталей $n_{пр}$, исходя из необходимости обеспечить среднее время непрерывной занятости рабочего места одной операцией, соответствующее показателю специализации K_c предметного участка, на котором изготавливается деталь.

Среднее время непрерывной занятости рабочего места одной операцией определится из равенств

$$n_{пр}t_{н.ср} = (F_{рас} \cdot 60)/K_c. \quad (6.5)$$

Откуда

$$n_{пр} = (F_{рас} \cdot 60)/K_c t_{н.ср}, \quad (6.6)$$

где $F_{рас}$ – располагаемый для работы фонд времени рабочего места за период, по которому исчислен K_c (обычно за месяц); $t_{н.ср}$ – необходимое время на штуку, приходящееся в среднем на одну операцию:

$$t_{н.ср} = (t_{н1} + t_{н2} + \dots + t_{н\bar{k}_0})/\bar{k}_0,$$

¹Татевосов К. Г. Нормативные расчеты равномерного производства в серийном машиностроении / К. Г. Татевосов. – М. ; Л. : Машгиз, 1961. – С. 211–214.

где k_0 – номер операции; \bar{k}_0 – номер последней операции (или число операций) технологического процесса данной детали ($k_0 = 1, \dots, \bar{k}_0$).

Пример. Калькуляционное время детали по операциям равно: $t_{k1} = 6,9$ мин; $t_{k2} = 3,1$ мин; $t_{k3} = 4,8$ мин; при среднем коэффициенте выработки k_v , равном 1,3, необходимое время по операциям: $t_{н1} = 5,3$ мин; $t_{н2} = 2,4$ мин и $t_{н3} = 3,7$ мин. (На самом деле значения k_v по различным технологическим операциям могут заметно отличаться.)

$$t_{н.ср} = (5,3 + 2,4 + 3,7)/3 = 3,8 \text{ мин.}$$

Допустим, что показатель специализации участка равен $K_c = 19$; располагаемый фонд равен в среднем за месяц $F_{рас} = 165$ ч; месячная программа выпуска $N_{мес} = 180$ шт.

Тогда если расчет вести по средней длительности необходимого времени, приходящейся на одну операцию, то предварительный размер партии должен быть:

$$n_{пр} = (165 \cdot 60)/(19 \cdot 3,8) = 137 \text{ шт.}$$

Полученный результат нельзя признать точным, поскольку $t_{ик_0}$ и $t_{ср}$ рассчитаны с известным приближением. Как уже отмечалось,

$$t_{ик_0} = t_{kk_0}/k_v = t_{шт k_0}/k_v + t_{п-з k_0}/n_{\phi},$$

где t_{kk_0} , $t_{шт k_0}$ и $t_{п-з k_0}$ обозначают соответственно калькуляционное, штучное и подготовительно-заключительное время по k_0 -й операции; n_{ϕ} – размер партии, практически установленный в цехе (на участке) по детали данного наименования.

Допустимо считать, что n_{ϕ} может заметно отличаться от полученного предварительного размера партии $n_{пр}$, при этом одинаково возможны случаи: $n_{\phi} > n_{пр}$ и $n_{\phi} < n_{пр}$.

На рис. 6.5 представлены диаграммы, показывающие закономерное изменение величин $n_{пр}$ при различных K_c и $t_{н.ср}$. Диаграммы составлены на основе приведенной выше формулы $n_{пр}$.

Предварительные размеры партий могут быть определены с достаточной точностью, используя специальные справочники.

Второй этап определения размеров нормальной партии заключается в округлении предварительного размера партии с учетом соблюдения кратности $n_{изд}$.

Если полученный предварительный размер партии вызывает сомнения в его практической целесообразности, то результаты расчета рекомендуется проверить на их соответствие допустимому удельному значению подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$, устанавливаемому по опыту участка для операций данного вида. Такая проверка обычно может быть необходима по ряду деталей, требующих по отдельным технологическим операциям больших затрат $t_{п-з}$, например, по револьверным, автоматным работам, литью под давлением, штамповке и др.

Обозначим через:

α_{k_0} – удельное значение $t_{п-з}$ (%), исчисленное по k_0 -й операции, требующей наибольших затрат $t_{п-з}$;

$\alpha_{ср}$ – удельное средневзвешенное значение $t_{п-з}$ (%), т. е. исчисленное как среднее по всем \bar{k}_0 -м операциям детали.

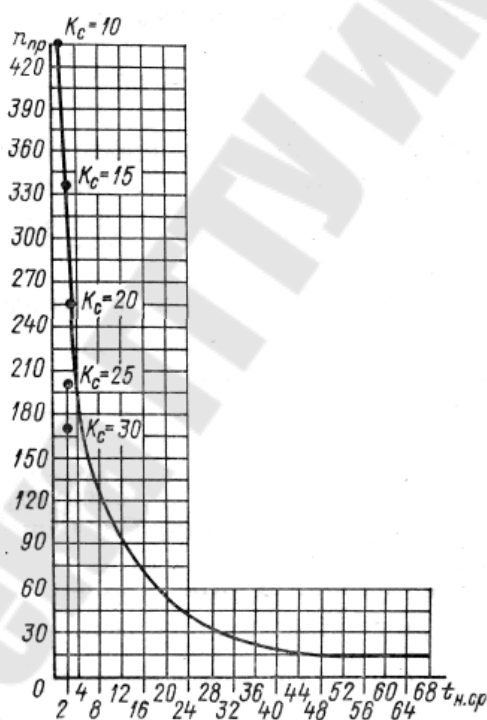


Рис. 6.5. Диаграммы для определения $n_{пр}$ при различных значениях K_c и $t_{н.ср}$

Удельное значение $t_{п-з}$ при работе предварительным размером партии определится из равенств:

$$\alpha_{k_0} = \frac{t_{п-з} k_0 \cdot 100}{n_{пр} t_{шт} k_0 / k_B + t_{п-з} k_0}; \quad (6.7)$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\sum_{k_0=1}^{\bar{k}_0} t_{\text{п-3 } k_0} \cdot 100}{n_{\text{пр}} \sum_{k_0=1}^{\bar{k}_0} \frac{t_{\text{шт } k_0}}{k_{\text{в}}} + \sum_{k_0=1}^{\bar{k}_0} t_{\text{п-3 } k_0}}. \quad (6.8)$$

Продолжая начатый выше пример, допустим: $t_{\text{п-3 } 1} = 40$ мин; $t_{\text{п-3 } 2} = 10$ мин; $t_{\text{п-3 } 3} = 15$ мин, а достигнутые по группам рабочих мест удельные значения $t_{\text{п-3}}$ равны $\alpha_1 = 5\%$; $\alpha_2 = 2,8\%$; $\alpha_3 = 2,7\%$.

Следовательно, наибольшее удельное значение $t_{\text{п-3}}$ имеем по первой операции и тогда при работе партиями $n_{\text{пр}} = 137$ шт. с известным упрощением можем написать¹

$$\alpha_1 = \frac{t_{\text{п-3}} \cdot 100}{n_{\text{пр}} t_{\text{н1}}} = \frac{40 \cdot 100}{137 \cdot 5,3} \approx 5,5\%$$

и соответственно средневзвешенное удельное значение $t_{\text{п-3}}$, практически действующее, т. е. при $n_{\text{ф}}$, в цехе (на участке)

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{5 \cdot 5,3 + 2,8 \cdot 2,4 + 2,7 \cdot 3,7}{11,4} \approx 3,8\%,$$

а при условии работы партиями $n_{\text{пр}} = 137$ шт.

$$\alpha_2 = \frac{10 \cdot 100}{137 \cdot 2,4} \approx 3,04\%; \quad \alpha_3 = \frac{15 \cdot 100}{137 \cdot 3,7} \approx 2,96\%;$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{5,5 \cdot 5,3 + 3,04 \cdot 2,4 + 2,96 \cdot 3,7}{11,4} \approx 4,16\%.$$

Из полученного α_1 следует, что $n_{\text{пр}}$ целесообразно округлять в сторону увеличения. Согласно данным примера, $N_{\text{мес}} = 180$ шт. Следовательно, в качестве нормального размера партии, кратного месячной программе, можно принять $n = 180$ шт.

¹Принимая выражение для α_{k_0} , допускаем известную неточность, поскольку $t_{\text{н}} = \frac{t_{\text{шт}}}{k_{\text{в}}} + \frac{t_{\text{п-3}}}{n_{\text{ф}}}$ и $t_{\text{н1}} = 5,3$ выше нами получено при неизвестном $n_{\text{ф}}$, действующем в цехе.

Проверяем правильность решения:

$$\alpha_1 = \frac{40 \cdot 100}{180 \cdot 5,3} \approx 4,2 \%,$$

результат более благоприятный, чем практически рекомендуемый.

Результаты и по двум другим операциям, очевидно, будут также положительными.

Так,

$$\alpha_2 = \frac{10 \cdot 100}{180 \cdot 2,4} \approx 2,3 \%;$$

$$\alpha_3 = \frac{15 \cdot 100}{180 \cdot 3,7} = 2,25 \%.$$

Средневзвешенное удельное значение при работе с нормальным размером партии ($n = 180$ шт.) равно:

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{4,2 \cdot 5,3 + 2,3 \cdot 2,4 + 2,25 \cdot 3,7}{11,4} = 3,2 \%.$$

В указанных расчетах критериями для увеличения размера партии служили соблюдение кратности программе выпуска товарной продукции и достигаемое снижение удельного значения $t_{\text{п-з}}$. Но следует учитывать, что увеличение размера партии всегда вызывает дополнительные потери, связанные с увеличением запасов в незавершенном производстве. Поэтому резкое увеличение размера партии (например, переход от месячного на кварталный размер по группе деталей) рекомендуется экономически обосновать.

7. Количество различных размеров партий в производстве должно быть ограниченное – практически не более 5–6. Соблюдение этого требования весьма важно, так как каждому размеру партии соответствует своя периодичность I или равномерность повторения в производстве.

Могут быть рекомендованы следующие периодичности повторения (и соответствующие размеры партии): один рабочий день, декада, полмесяца (вместо декады), месяц, квартал.

Практически при малых сериях выпуска готовых изделий малотрудоемкие детали нередко изготавливаются партиями на шестимесяч-

ную и даже годовую потребность. Подобные детали участвуют в балансе потребных и имеющихся трудовых ресурсов один раз за полугодие или год. В то же время все наименования таких деталей входят в комплект соответствующих изделий, выпуск которых планируется партиями с первого месяца полугодия или года.

Очевидно, что указанные детали должны быть изготовлены полным комплектом на начало каждого полугодия или однажды на начало планового года и тем самым фигурировать в течение планового полугодия или года в составе межцехового незавершенного производства.

8. При определении размеров партии необходимо учитывать некоторые дополнительные положения практического характера. Так, при планировании производства малотрудоемких деталей с односложным технологическим процессом, выполняемым на высокопроизводительном оборудовании, длительные операции по настройке его следует по возможности выполнять в нерабочие смены. Этим достигается ликвидация простоев рабочего. Размер партии тогда следует рассчитывать, сочетая общее условие кратности с кратностью сменной производительности.

В тех случаях, когда операции настройки сравнительно просты, размер партии может быть определен кратно производительности за половину смены¹.

Возможны и другие отклонения от вышеуказанных методов расчета, если они будут признаны экономически целесообразными.

6.3. Влияние размера партии на показатель специализации и среднее межоперационное время

Рассмотрим на простых примерах связанность величин n , K_c , I , $t_{\text{MO}}^{\text{CP}}$ и их зависимость от программы выпуска N .

Допустим, что участок механической обработки обеспечивает комплектом деталей годовой выпуск $N_{\text{год}}$ изделий, причем детали всех наименований изготавливаются одинаковыми размерами партии n и, следовательно, с одинаковой периодичностью производства I .

Пример 1. Данные: $N_{\text{год}} = 600$ шт.; $n = 50$ шт. (месячная партия), $I \rightarrow$ месяц. Предположим, что при указанном масштабе производства

¹Настройка в этом случае может быть выполнена в обеденный перерыв или после смены.

(выпуска готовых изделий) на участке загружены полностью $s = 40$ рабочих мест (или 40 явочных рабочих), которые выполняют $O = 800$ производственных работ за один месяц.

Следовательно,

$$K_c = O/s = 800/40 = 20.$$

$$\text{Тогда } t_{\text{МО}}^{\text{CP}} = -2,95 + 0,564 K_c = -2,95 + 0,564 \cdot 20 = 8,33 \text{ ч.}$$

Пример 2. Увеличиваем программу выпуска в три раза – $N_{\text{год}} = 1800$ шт. и, следовательно, $N_{\text{мес}} = 150$ шт., но сохраняем размер партии $n = 50$ шт. Тогда I сокращается в три раза и равно одной декаде.

Но такое сокращение периода повторения I означает, что партия деталей каждого наименования в течение месяца повторяется в производстве три раза, и, следовательно, $O = 800 \cdot 3 = 2400$ производственных работ. А количество полностью загруженных рабочих мест увеличиваем пропорционально¹ увеличению масштаба выпуска – $s = 40 \cdot 3 = 120$ рабочим местам; показатель специализации K_c , несмотря на трехкратное увеличение масштаба выпуска, остается неизменным:

$$K_c = 2400/120 = 20$$

и, следовательно, остается неизменным норматив межоперационного времени $t_{\text{МО}}^{\text{CP}} = 8,33$ ч.

Пример 3. Оставляем неизменными масштаб выпуска $N_{\text{год}} = 1800$ шт. и $s = 120$ рабочим местам, но увеличиваем размеры партий до $n = 150$ шт., $I \rightarrow$ месяц. Это значит, что партии деталей каждого наименования изготавливаются один раз в месяц (как и в примере 1), $O = 800$ производственных работ, но $K_c = 800/120 = 6,67$.

В этих условиях среднее межоперационное время резко снижается:

$$t_{\text{МО}}^{\text{CP}} = -2,95 + 0,564 \cdot 6,67 = 0,81 \text{ ч.}$$

¹Допускаемое упрощение, связанное с неизменностью производительности труда при резком увеличении масштабов производства, не должно влиять на правильность общих выводов.

Пример 4. Снижаем программу выпуска до $N_{\text{год}} = 600$ шт. и $s = 40$ рабочим местам (см. пример 1), но размер партии увеличиваем до квартальной потребности $n = 150$ шт. Следовательно, партия по каждому наименованию деталей изготавливается один раз в квартал ($I \rightarrow$ квартал) и в каждом месяце выполняется только одна треть объема работ по изготовлению всего комплекта деталей. Поэтому можно считать, что в каждом месяце выполняется только $O = 800/3 = 267$ производственных работ и $K_c = 267 / 40 = 6,67$; $t_{\text{мо}}^{\text{cp}} = -2,95 + 0,564 \cdot 6,67 = 0,81$ ч.

Сопоставление приведенных примеров показывает, что при изменении масштабов выпуска N в год и размеров партии получают резко различающиеся результаты:

1. При сравнении примера 1 с примером 2 имеем трехкратное увеличение масштаба выпуска (с $N_{\text{год}} = 600$ шт. до $N_{\text{год}} = 1800$ шт.), но при неизменном размере партии n получается трехкратное сокращение периода повторения и неизменность величины среднего межоперационного перерыва: в обоих случаях $t_{\text{мо}}^{\text{cp}} = 8,33$ ч, так как остался неизменным и показатель специализации $K_c = 20$.

2. В примерах 2 и 3 масштабы выпуска приняты равными ($N_{\text{год}} = 1800$ шт.), но размеры партии и периоды повторения утроены (пример 3). В результате показатель специализации снизился с $K_c = 20$ до $K_c = 6,67$, и среднее межоперационное время резко сократилось до $t_{\text{мо}}^{\text{cp}} = 0,81$ ч (более чем в 10 раз).

3. При сравнении примеров 3 и 4 видно, что даже при резком снижении масштабов выпуска (до $N_{\text{год}} = 600$ шт.) достаточно работать квартальными партиями, вместо месячных ($n = 50$ шт.), чтобы сохранить еще более резко сниженную величину межоперационного времени $t_{\text{мо}}^{\text{cp}} = 0,81$ ч.

Размер партии характеризует уровень концентрации производства конкретного предмета. Он взаимосвязан с показателем специализации K_c . Если предварительные размеры партий определяются на основе действующей в цехе (на участке) величины K_c^1 округленные, нормальные размеры по совокупности всех наименований предметов, наоборот, определяют новую величину K_c , которая используется как норма, характеризующая динамику производства на участке.

¹На самом деле действующая на участке (в цехе) величина K_c является прямым отражением размеров партий, фактически действующих на том же участке (цехе).

Наряду с этим, работа партиями, являясь одним из важных факторов роста производительности труда, одновременно и не менее активно воздействует через показатель специализации на весьма важную в серийном машиностроении составляющую длительности производственного цикла – на среднюю норму межоперационного времени.

Таким образом, размер партии является важным технико-экономическим параметром оперативно-производственного планирования в серийном машиностроении. Всякое его нарушение в процессе оперативного планирования равносильно нарушению баланса использования трудовых ресурсов.

6.4. Расчет единого оптимального ритма партий деталей

Периодом запуска-выпуска или ритмом (R) партии деталей называют количество рабочих или календарных дней, через которые партия « n » деталей запускается в производство или выпускается готовой [2]:

$$R = \frac{n}{d}. \quad (6.10)$$

Как видно из формулы (6.10), 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 времени, 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 (R), равных определенным плановым периодам. Эти величины условно обозначаются символами 12М (12 месяцев), 6М (6 месяцев), 3М (3 месяца), 1М или М (1 месяц), М2 (2 недели – 10 рабочих дней), М4 (одна неделя – 5 рабочих дней), М8 (2,5 рабочих дня). При применении системы «точно во время» период запуска-выпуска может быть уменьшен до одной смены или суток, т. е. до величины М20 или М40.

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

7. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ

7.1. Структура длительности производственного цикла

Длительностью производственного цикла изделия называется отрезок времени от момента начала первой операции его технологического процесса до момента полного окончания сборки, включая и испытание в готовом виде [4, п. 5.1, 8.5].

Для определения длительности цикла изделия необходимо предварительно знать длительности производственных циклов отдельных его частей. Их определение особенно важно для обеспечения своевременности производства детали (заготовки, узла) каждого отдельного наименования.

Как уже отмечалось (4.1), в условиях серийного и вообще немассового производства деталь¹, как и изделие в целом, проходит свой технологический процесс не изолированно, а в сочетании с деталями других наименований, совместно с которыми она загружает рабочие места участков и цехов завода. Расчеты длительности производственного цикла предмета каждого наименования, как и построение календарного плана, должны отразить эту основную особенность серийного производства.

Длительность производственного цикла детали данного наименования следует рассчитывать отдельно по заготовительной и обработочной стадиям. Общая длительность цикла детали (по заводу) определяется в процессе установления календарной межцеховой увязки сроков производства (отрезки bc , de и fo – см. рис. 4.1).

Рассмотрим составные части длительности производственного цикла предмета в какой-либо одной стадии производства.

Длительность производственного цикла $T_{ц}$ детали, сборки узла, изделия состоит из двух основных слагаемых²:

- 1) суммарной длительности выполнения технологических операций;
- 2) длительности межоперационного периода.

¹Здесь и в дальнейшем, говоря о деталях, для краткости опускаем упоминания о сборке узлов и изделия.

²При расчетах $T_{ц}$ учитывается только подготовительное время $t_{пj}$, так как заключительные операции (уборка рабочего места, сдача инструмента и приспособлений и др.) не должны задерживать передачу партии деталей на следующую операцию.

Если каждый экземпляр детали данного наименования проходит свой технологический процесс самостоятельно, не будучи связан в партии с другими экземплярами таких деталей, то длительность его производственного цикла $t_{ц}$ равна:

$$t_{ц} = \sum_{j=1}^{k_0} t_{пj} + \sum_{j=1}^{k_0} t_{шт-нj} + \sum_{j=1}^{k_0-1} (t_{мо})_{j,j+1}, \quad (7.1)$$

где $\sum_{j=1}^{k_0} t_{пj}$ – суммарная длительность подготовительного времени по всем k_0 операциям технологического процесса производства рассматриваемой детали; $\sum_{j=1}^{k_0} t_{шт-нj}$ – суммарное штучно-необходимое время по всем k_0 операциям; $\sum_{j=1}^{k_0-1} (t_{мо})_{j,j+1}$ – суммарное время межоперационных перерывов по всем $k_0 - 1$ парам смежных операций, затрачиваемое на вспомогательные работы и на ожидание начала следующей операции.

Под штучно-необходимым временем надо понимать:

$$t_{шт-нj} = t_{штj} / k_{в},$$

где $t_{штj}$ – нормированное штучное время по j -й операции; $k_{в}$ – средний коэффициент выполнения норм.

В том случае, если предметы одного наименования связаны в процессе производства в партии по n штук, то длительность производственного цикла увеличивается, но не пропорционально, так как подготовительное время $\sum t_{пj}$ каждой операции сохраняет свою длительность и при переходе на работу партией, а $\sum t_{шт-нj}$ увеличивается в n раз.

Суммарная длительность межоперационных перерывов не может быть поставлена в какую-либо точную зависимость от числа штук в партии. Природа и причины возникновения межоперационных перерывов будут рассмотрены ниже.

В связи с этим обозначение длительности межоперационных перерывов для партии n штук деталей оставляем таким же, как и для одного экземпляра детали.

Длительность производственного цикла партии n деталей $T_{ц}$ равна:

$$T_{ц} = \sum_{j=1}^{k_0} t_{пj} + n \sum_{j=1}^{k_0} t_{шт-nj} + \sum_{j=1}^{k_0-1} (t_{мо})_{j,j+1},$$

или

$$T_{ц} = \sum_{j=1}^{k_0} (t_{пj} + nt_{шт-nj}) + \sum_{j=1}^{k_0-1} (t_{мо})_{j,j+1}. \quad (7.2)$$

Рассмотрим каждое из двух слагаемых в отдельности. Суммарное время на выполнение k_0 технологических операций, в свою очередь, состоит из двух слагаемых.

1. Подготовительное время $\sum t_{пj}$ зависит от числа штук в партии, но доля его, приходящаяся на обрабатываемую единицу, изменяется в обратной зависимости от изменения величины партии.

Удельное значение $t_{пj}$ в производственном цикле партии в большинстве случаев невелико. Исключением являются случаи одно-, двухоперационных циклов с малыми штучными временами и значительными $t_{пj}$, например, для настройки автоматных работ.

В многооперационных циклах настройка копировальных, зубо- и резьбо-фрезерных, координатно-расточных станков, установка сложных фрезерных приспособлений и др. также могут требовать большого времени и составлять заметную часть длительности производственного цикла.

Но длительность $t_{пj}$ в каждом отдельном случае не может быть установлена точно. Все элементы подготовительной процедуры выполняются ручным способом, индивидуальны по характеру и поэтому тщательно нормировать их трудно.

Фактическая величина $t_{пj}$ обычно колеблется в широких пределах и достигает для некоторых групп оборудования 15 %. И более от времени их загрузки данной операцией (автоматы, револьверные

станки и станки разных типов особо крупных габаритов, прессы холодной и горячей штамповки и др.).



Рис. 7.1. График последовательного размещения операций первое основное слагаемое $T_{ц}$

2. Время на непосредственное выполнение технологических операций $n \sum_{j=1}^{k_0} t_{шт-нj}$ представляет собой сумму времени по отдельным операциям партии n деталей.

Первое основное слагаемое $\sum_{j=1}^{k_0} (t_{пj} + nt_{шт-нj})$ представлено в формуле производственного цикла $T_{ц}$ исходя из такого графика производства, согласно которому каждая последующая операция может начинаться только тогда, когда вся партия n штук деталей полностью прошла предыдущую операцию.

Графически такой порядок календарного размещения операций представлен на рис. 7.1.

7.2. Определение длительности производственного цикла партии изделий

Согласно определению, данному в параграфе 7.1, и план-графику на рис. 7.1 можно считать, что длительность производственного цикла изделия $T_{изд}$ рассчитывается по той партии деталей, которая имеет наибольшее опережение (ap) запуска в первую заготовительную операцию $T_{изд}$ состоит из следующих слагаемых (обозначения отрезков времени взяты из рис. 7.1):

- 1) длительность производственного цикла заготовительной стадии партии деталей с наибольшим опережением запуска $T_{\text{заг}}$ (отрезок ab);
- 2) длительность производственного цикла детали в обрабатывающей стадии $T_{\text{обр}}$ (отрезок cd);
- 3) длительность сборки узла $T_{\text{узл.сб}}$, в состав которого входит деталь с наибольшим опережением (отрезок ef);
- 4) длительность операций главной сборки $(T_{\text{гл.сб}})_{\text{ост}}$ (включая регулировку, окраску, испытание, разборку и упаковку) остающихся до выпуска партии изделий от момента подачи узла (отрезок op);
- 5) суммарная длительность межцеховых перерывов Σt (отрезки $bc + de + fo$):

$$T_{\text{изд}} = T_{\text{заг}} + t_{\text{мц}} + T_{\text{обр}} + t_{\text{мц}} + T_{\text{узл.сб}} + (T_{\text{гл.сб}})_{\text{ост}}. \quad (7.3)$$

Равенство (7.3) нуждается в следующих замечаниях:

1. Оно действительно выражает длительность производственного цикла партии изделий в том случае, если деталь с наибольшим опережением имеет $n_{\text{заг}} = n_{\text{обр}} = n_{\text{узл.сб}} = n_{\text{гл.сб}}$ и, следовательно, календарный план производства этой детали подчинен поддетальному и поддетально-узловому межцеховому согласованию сроков.

2. Деталь, имеющая наибольшее опережение запуска, является одной из группы наиболее трудоемких деталей. Но она может не быть самой трудоемкой деталью, так как помимо длительности производственного цикла партии деталей $(T_{\text{заг}} + t_{\text{мц}} + T_{\text{обр}} + t_{\text{мц}})$ на величину наибольшего опережения ap влияет величина $T_{\text{узл.сб}}$ и, самое важное, момент подачи партии узлов на главную сборку (точка o), определяющий отрезок цикла op ¹. Возможно, что узел с наиболее трудоемкой деталью должен быть подан по схеме сборочного процесса ближе к концу главной сборки, а узел с менее трудоемкой деталью – к началу первой операции главной сборки. В результате наиболее трудоемкая деталь будет иметь меньшее опережение запуска, чем менее трудоемкая. Поэтому для правильного определения $T_{\text{изд}}$ необходимо построить схематический график сборки (главной и узловой) партии изделий, на котором календарный план главной сборки должен быть увязан с планом сборки интересующих нас узлов.

3. В том случае, когда по группе наиболее трудоемких деталей имеет место неравенство $n_{\text{заг}} \neq n_{\text{обр}} \neq n_{\text{сб}}$, т. е. когда межцеховая увязка

¹Смотри план-график производства отдельного предмета на рис. 7.1.

осуществляется и по этой группе деталей через склад готовых деталей, расчет производственного цикла партии изделий имеет ограниченное значение. Он имеет оперативный смысл только для периода первоначального развертывания серийного производства данного изделия или в случае его возобновления после перерыва. В установившемся производстве в особом расчете $T_{\text{изд}}$ нет надобности. Действительно, если $T_{\text{заг}}$ и $T_{\text{обр}}$ ¹ определены при $n_{\text{заг}}$ и $n_{\text{обр}}$, превышающих $n_{\text{сб}}$ в целое число раз, то это означает, что величина $T_{\text{изд}}$ верна только для первой сборочной партии. Для следующей партии цикл должен быть намного короче, так как изделия этой партии будут укомплектованы деталями, уже изготовленными к началу сборки первой партии.

Если детали с наибольшим опережением имеют $n_{\text{обр}}/n_{\text{сб}} = k_n$ (целому числу), то только для каждой $(k_n + 1)$ -й партии изделий $T_{\text{изд}}$ будет иметь длительность, полученную из равенства (7.3). Таким образом, в оперативных условиях расчет длительности цикла изделия (партии изделий), выполненный по указанному равенству, имеет в серийном производстве весьма ограниченное применение.

4. Деталь с наибольшим опережением ap не обязательно должна быть одной из «ведущих». Малотрудоемкие, «неведущие» детали, изготавливаемые крупными партиями, могут иметь небольшой цикл производства $T_{\text{ц}}$ в цехе и наряду с этим долго пролеживать в межцеховом перерыве $t_{\text{мц}}^p$. Так, при изготовлении малотрудоемких деталей квартальными партиями и их потреблении на сборке узлов месячными партиями $(t_{\text{мц, изд}}^p)_{\text{max}} = 3 \cdot 21 - 0,75 \times 21 = 47$ рабочих дней, где 21 – принятое число рабочих дней в месяц и $0,75 = i_{\text{пар}}$. При еще более резком различии I_s и I_{s+1} опережение соответственно увеличится.

Понятно, что такое опережение может заметно превысить длительность цикла «ведущих» деталей.

5. Календарная длительность $T_{\text{изд}}$, т. е. длительность, исчисленная по равенству (7.3), лишена экономического значения. Нельзя считать, что всякое сокращение $T_{\text{изд}}$, например, за счет сокращения цикла наиболее трудоемкой детали, вызывает соответствующее уменьшение необходимого общего объема незавершенного производства, по-

¹Длительности производственного цикла деталей в заготовительной и обрабатывающей стадиях.

сколькo по многочисленным «неведущим» частям изделия циклы могут не только не сократиться, но даже увеличиться без какого-либо влияния на $T_{\text{изд}}$.

Чтобы правильно сформулировать экономическое значение производственного цикла изделия в серийном машиностроении, необходимо исходить из следующих двух положений:

1) всякое изменение длительности цикла изделия должно вызывать соответствующее изменение физического объема незавершенного производства;

2) всякое изменение длительности цикла любой отдельной части изделия должно вызвать соответствующее изменение длительности цикла изделия и, следовательно, соответствующее изменение физического объема незавершенного производства по изделию в целом.

Из этих положений следует:

– во-первых, всякое изменение физического объема незавершенного производства в трудовом измерении по изделию в целом свидетельствует о соответствующем изменении длительности производственного цикла изделия;

– во-вторых, длительность производственного цикла изделия при его серийном выпуске более правильно определять по величине нормативного или фактического объема незавершенного производства, а не наоборот – по длительности цикла изделия ($T_{\text{изд}}$) определять норму или фактическую величину незавершенного производства по изделию.

7.3. Межоперационное время

Согласно формуле длительности производственного цикла $T_{\text{ц}}$ межоперационное время $\sum_{j=1}^{k_0-1} (t_{\text{мо}})_{j,j+1}$ является самостоятельным слагаемым и должно быть предусмотрено после каждой технологической операции (для каждой пары смежных операций). Это означает, что между началом каждой последующей и окончанием предыдущей операций имеет место перерыв и, следовательно, точки b и c , d и e и т. д. (рис. 7.2) календарно не совпадают. Если взять для примера первые две операции, то график их календарного размещения с учетом межоперационного времени примет вид, изображенный на рис. 7.2, *a* [4, с. 63].

В общем случае межоперационное время, как уже указывалось выше, включает в себя время: 1) на производство контрольных операций; 2) транспортировку деталей к рабочему месту следующей операции; 3) ожидания деталей после окончания предыдущей операции до момента освобождения рабочего места следующей операции.

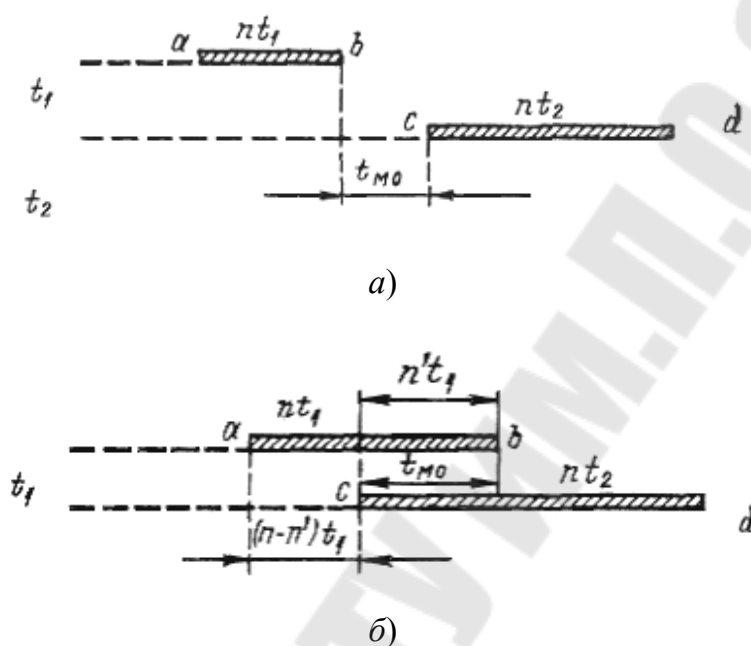


Рис. 7.2. Межоперационное время:
а – положительное; б – отрицательное

Наиболее трудным является точное определение длительности межоперационного времени, связанное с ожиданием освобождения рабочего места следующей операции. Перерывы по этой причине возникают вследствие того, что в условиях производства немассового типа на каждом рабочем месте участка (цеха) в течение планового периода обрабатываются (собираются) предметы различных наименований. При прохождении по операциям технологического маршрута пути движения этих предметов календарно совпадают и скрещиваются на отдельных рабочих местах. Например, при построении календарного плана или при его реализации в цехе может оказаться, что сроки выполнения данной операции на данном станке по двум (или больше) деталям разных наименований совпадают.

Это вовсе не означает, что потребность в данном станке (или в соответствующих кадрах рабочих) выше наличного состава, поскольку обе детали были учтены в рассмотренных объемных расчетах загрузки по группам взаимозаменяемого оборудования. Это лишь означает, что для обеспечения равномерной и непрерывной

начает, что для обеспечения равномерной и непрерывной загрузки данного рабочего места (в рамках установленных коэффициентов k_3 и $k_{см}$) необходимо одну из деталей (с более близким сроком выпуска) установить и обработать немедленно, а другие детали (или деталь) направить на склад для хранения до момента освобождения станка. В результате деталь второго наименования попадает в межоперационный перерыв. Пример образования межоперационного перерыва показан на рис. 7.3.

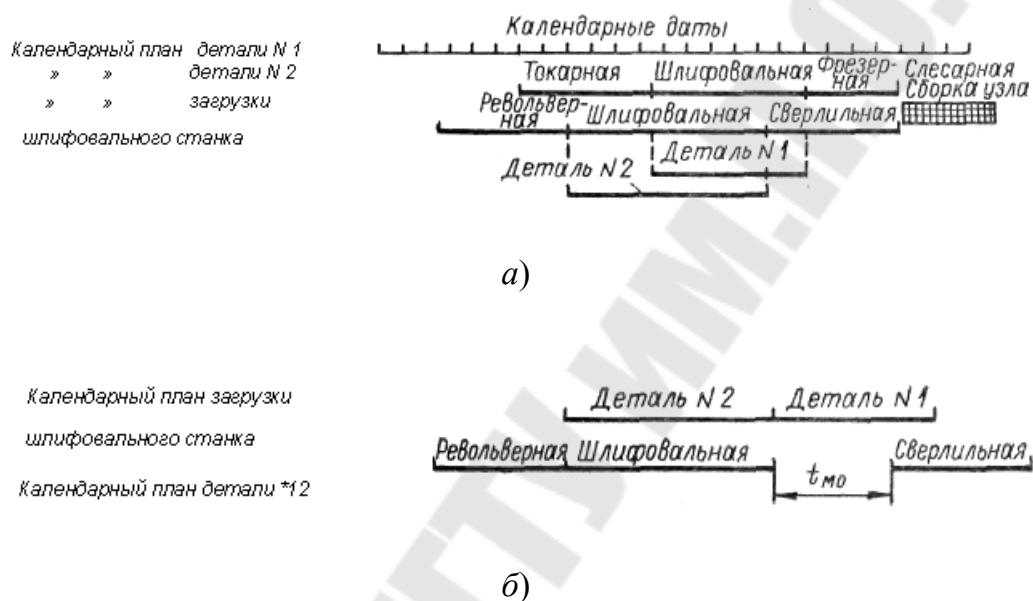


Рис. 7.3. Образование межоперационного перерыва t_{mo} по вариантам календарного плана: а – с неравномерной загрузкой шлифовального станка; б – с равномерной загрузкой шлифовального станка

Межоперационные перерывы в ожидании освобождения рабочего места следующей операцией являются наиболее характерной закономерностью серийного, как впрочем, и всех видов немассового производства. Количество предметов (заготовок, деталей и др.), ожидающих своей очереди у рабочих мест и в цеховых складах, а также их себестоимость выступают как физическое выражение совокупного межоперационного времени по цеху в целом.

Величина межоперационного времени зависит от уровня серийности производства в цехе (на участке). Чем чаще меняются работы на рабочих местах (т. е. чем больше показатель специализации K_c), тем больше совокупное межоперационное время. Для одной и той же продукции совокупное межоперационное время тем больше, чем меньше масштабы выпуска.

Залеживание неготовой продукции (деталей) в межоперационном перерыве возникает не только по той причине, в силу которой между окончанием всей партии в предыдущей операции и началом производства следующей операции имеется календарный перерыв, но и тогда, когда партия предметов находится в процессе непосредственного производства (рис. 7.4).

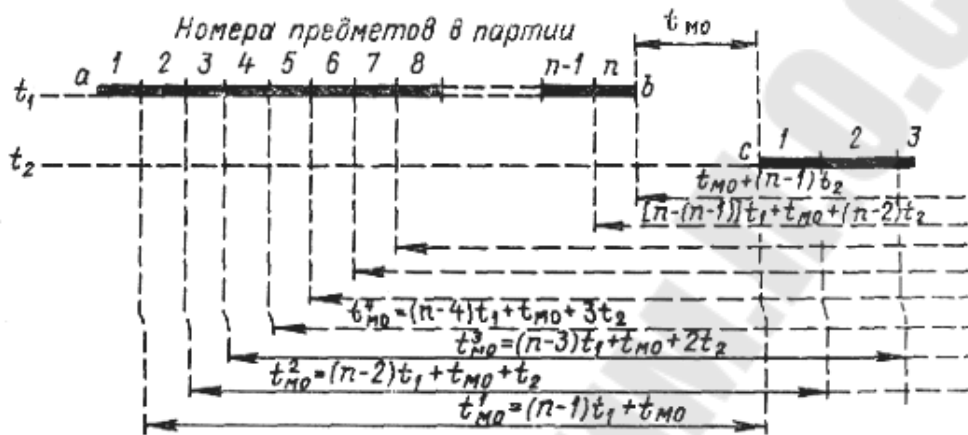


Рис. 7.4. Время пролеживания отдельных экземпляров партии предметов

Введем следующие упрощения в обозначениях:

$$n(t_{шт-n1} + t_{n1} / n) = nt_{н1} = nt_1;$$

$$n(t_{шт-n2} + t_{n2} / n) = nt_{н2} = nt_2;$$

.....

$$n(t_{шт-nk_0} + t_{nk_0} / n) = nt_{нк_0} = nt_{k_0},$$

где t_1, t_2, \dots, t_{k_0} — необходимое время¹ выполнения первой, второй, ..., k_0 -й операции.

Согласно графику на рис. 7.2, a , все предметы партий n штук на каждой из двух смежных операций связаны с соответствующим рабочим местом в течение всего времени nt , затем начинается пролеживание. На самом же деле оно начинается раньше.

Если на рабочем месте в каждый данный момент может обрабатываться (речь идет об обработочной стадии) только одна деталь, то нахождение каждого экземпляра ее процессе непосредственного производства и в межоперационном перерыве происходит согласно

¹Это не совсем точное название, поскольку в необходимое время t_n включается и заключительное время $t_n = t_k / k_n$.

графику на рис. 7.4: первая деталь находится в процессе непосредственного производства первой операции только t_1 единиц времени, а пролеживает в течение $[(n - 1) t_1 + t_{m0}]$ единиц времени до начала второй операции.

Вторая деталь пролеживает больше или меньше по сравнению с первой в зависимости от того, какое из неравенств имеет место: $t_2 > t_1$ или $t_2 < t_1$. Вышеуказанное относится и к остальным экземплярам деталей.

Таким образом, при календарном построении смежных операций, показанном на рис. 7.2, а и 7.4, предмет труда основное время находится в межоперационном перерыве и только небольшая его часть – в процессе непосредственного производства.

Однако такое поштучное определение t_{m0} не представляет смысла, так как оно ни в какой мере не влияет на общую длительность производственного цикла всей партии деталей, а лишь усложняет расчеты.

Межоперационный перерыв t_{m0} рассматривается как календарный отрезок времени между окончанием всей партии предметов (а не отдельной штуки предмета) в данной операции и началом выполнения следующей операции (рис. 7.2, а). Поэтому как слагаемое длительности производственного цикла t_{m0} может иметь и отрицательную величину, т. е. следующая операция может начинаться еще до того, как предыдущая операция завершена полностью по всем партиям предметов. Для этого необходимо, чтобы рабочее место последующей операции освободилось до момента окончания всей партии на предыдущей операции (т. е. до наступления срока в точке *b*).

График календарного размещения смежной пары операции в этом случае примет вид, показанный на рис. 7.2, б.

Часть предметов в количестве $(n - n')$ штук календарно начинает изготавливаться на следующей операции (в точке *c*) на $n't_1$ единиц времени раньше.

Следует учитывать, что график на рис. 7.2, б практически может быть реализован только в том случае, если, по крайней мере, предыдущая из двух смежных операций имеет простую технологическую структуру, а именно такую, которая позволяет ее выполнять без перерыва на каждом экземпляре предмета в отдельности (например, без особых затрат подготовительного времени).

Часть партии $(n - n')$ штук не может быть заранее запланирована в общем случае, поскольку ее величина по каждой партии предметов выявляется в процессе оперативного планирования. Она определится в зависимости от фактически наступившего момента (точки *c*) осво-

бождения рабочего места следующей операцией, занятого до этого другой партией предметов пока неизвестного наименования.

При первом варианте (рис. 7.2, а) длительность производства двух смежных операций

$$T_{ц} = n (t_1 + t_2) + t_{мо}. \quad (7.4)$$

При втором варианте (рис. 7.2, б) имеем:

$$T_{ц} = n (t_1 + t_2) - t_{мо}. \quad (7.5)$$

Второй вариант календарного размещения смежных операций имеет широкое применение в практике планирования машиностроительного производства. Так, по материалам ряда цехов немассового производства в результате многотысячных замеров движения деталей по операциям технологического процесса было установлено, что до 30 % деталей партий имеют в сумме (алгебраической) по всем парам смежных операций отрицательное межоперационное время.

Как отмечалось, межоперационные перерывы являются характерной закономерностью производств немассового типа. Однако заранее определить по каждой отдельной партии предметов точную величину длительности этих перерывов удастся в редких случаях. Возникновение межоперационного перерыва лишь свидетельствует о том, что выполнение следующей операции задерживается, так как соответствующее рабочее место занято изготовлением предметов другого наименования. Но ни наименование этих предметов, ни их трудоемкость с достаточной точностью заранее запланировать нельзя. Таким образом, невозможно заранее запланировать точно и длительность ожидания освобождения нужного рабочего места. Такая неопределенность возникает вследствие того, что расчеты производственного цикла партии данных предметов выполняются, как правило, вне связи с такими расчетами по предметам других наименований.

Истинное значение $t_{мо}$ по каждому наименованию предмета и по каждой паре смежных операций выявляется в процессе оперативного планирования.

В процессе формирования сменных и суточных планов работы участков цеха намечается конкретная загрузка каждого рабочего места и, следовательно, определяются, какие детали операции должны

быть выполнены уже в данную смену и какие наименования предметов будут оставлены в межоперационном перерыве.

По данным оперативного учета нетрудно установить фактическую длительность $t_{\text{мо}}$ по любой паре смежных операций. При этом для различных пар смежных операций одной и той же партии предметов оба указанных выше варианта (рис. 7.2, а, б) могут иметь место с одинаковой вероятностью. Возможен, разумеется, и вариант, когда точки b и c календарно совпадают, т.е. когда для данной пары смежных операций $t_{\text{мо}} = 0$.

Указанное позволяет сделать вывод об отсутствии необходимости в особых расчетах таких слагаемых, как затраты времени на контроль качества и транспортировку предметов для передачи на следующую операцию. Эти вспомогательные операции должны выполняться за промежуток времени $t_{\text{мо}}$ (рис. 7.2) или в отрезок времени $(n - n')t$, т. е. при возникновении отрицательного межоперационного перерыва (рис. 7.2, б).

7.4. Определение среднего межоперационного

времени $t_{\text{мо}}^{\text{ср}}$

Межоперационное время может быть определено как средняя норма для цеха, участка. Несмотря на неопределенность условий возникновения межоперационных перерывов и невозможность в связи с этим точного определения их длительности для каждой пары смежных операций, величину $t_{\text{мо}}$ необходимо нормировать, так как эти перерывы составляют одну из двух основных слагаемых производственного цикла, а величина их колеблется в зависимости от уровня серийности производства в широких пределах, практически достигая 70–80 и более процентов от длительности производства $T_{\text{ц}}$ партии предметов.

Следует отметить, что образование межоперационных перерывов является одной из особенностей планирования машиностроительного производства. Оно возникает всегда и независимо от качества планирования и организации производства. Неполюценный план и плохая организация производства могут лишь влиять на длительность этих перерывов.

На рис. 7.5 показан план работы механического участка (цеха), представляющий в общем виде массу деталей многих наименований, проходящих самостоятельно через операции своего технологического процесса. Движение деталей представлено без перерывов.

Сроки выпуска деталей каждого наименования определены установленными сроками потребления их на сборочной стадии, а сроки запуска – длительностью производственного цикла.

№ деталей	Календарные даты						Сборка узлов
	План механической обработки						
1	1-I	1-II	1-III	1-IV	1-V		
2			2-I	2-II	2-III	2-IV	
3		3-I	3-II	3-III	3-IV	3-V	
4		4-I	4-II	4-III	4-IV	4-V	4-VI
5			5-I	5-II	5-III	5-IV	5-V
6			6-I	6-II	6-III	6-IV	6-V
7	7-I	7-II	7-III	7-IV	7-V	7-VI	7-VII
...

Рис. 7.5. План производства деталей:

1, 2, 3... – номера деталей; I, II, III... – номера операций

Наряду с планом производства деталей имеется план по труду, разрабатываемый органами технико-экономического планирования. Предположим, что согласно этому плану на участке (в цехе) должны работать p револьверщиков, m токарей, c слесарей, ϕ фрезеровщиков и т. д. (где p , m , c , ϕ – количество рабочих соответствующих профессий).

Суммарная потребность в трудовых ресурсах по всем тем детали-операциям, сроки выполнения которых совпадают с выбранной датой, будет характеризоваться неравенствами: $p_n > p$; $m_n > m$; $c_n > c$ и т. д., где p_n , m_n и c_n обозначают потребное количество рабочих по профессиям для выполнения всех детали-операций в сроки, совпадающие с выбранной календарной датой¹. Это значит, что по отдельным профессиям потребность в ресурсах может в данный день превышать, а по другим, наоборот, быть меньше количества рабочих, установленного планом по труду. Картина нарушения баланса по одним и тем же профес-

¹На рис. 7.3 приведен пример календарного совпадения шлифовальных операций деталей двух наименований. Практически такое совпадение одноименных операций может происходить одновременно по десяткам и сотням наименований.

сиям может, разумеется, изменяться с каждой календарной датой. Причина нарушений баланса ресурсов в данном случае очевидна: имеющиеся ресурсы (или установленные планом по труду) являются постоянной, а потребные – непрерывно меняющейся величиной.

При построении календарного плана производства и в процессе оперативного планирования это противоречие учитывается следующим образом.

Если потребные ресурсы превышают ресурсы, установленные планом по труду, то выполнение части деталиеопераций должно быть сдвинуто на более ранние сроки. Таким образом, между смежными операциями по этим деталям образуются перерывы $t_{\text{мо}}$, аналогично тому, как это изображено на рис. 7.3. Если, наоборот, потребные ресурсы недостаточны, чтобы полностью обеспечить работой в данном календарном периоде (в течение данного рабочего дня или ряда рабочих дней) установленное планом по труду количество рабочих данной профессии, то недостающая загрузка может быть обеспечена только за счет работ, планируемых на более поздние календарные даты.

Как и в первом случае, между деталиеоперациями, сдвинутыми на более ранний срок, и последующими операциями образуется перерыв $t_{\text{мо}}$.

В обоих случаях получаются одинаковые результаты, но причины образования перерывов различны. Совокупная величина этих, закономерно возникающих межоперационных перерывов, образует весьма важный резерв календарного времени, используемый при регламентации сложной системы сроков в машиностроительном производстве. В наиболее конкретной форме этот резерв используется в процессе оперативного планирования (разработки и реализации сменных планов загрузки рабочих мест).

Установить точную величину этого резерва не представляется возможным – она непостоянна и изменяется в процессе производства. Но приближенную, среднюю величину межоперационных перерывов, как уже указывалось, определить необходимо, чтобы по возможности обоснованно рассчитать длительность производственного цикла, а следовательно, и регламентировать календарную очередность производства частей изделия (заготовок, деталей, узлов) обычно многочисленных наименований.

Среднее межоперационное время рекомендуется определять путем статистической обработки практических данных цехов, производ-

ственных участков и на этой основе находить средневзвешенную норму $t_{\text{МО}}^{\text{ср}}$. За ряд отчетных периодов следует выбрать максимально возможное количество деталепартий (различных или повторяющихся наименований) из числа тех, которые прошли на участке (в цехе) через все полагающиеся технологические операции, сохранив при этом размер партии (примерно), установленный при запуске в первую операцию. По рабочим нарядам или по другим учетным документам (например, по маршрутным картам) определяются следующие данные:

1) общее количество дней или часов (если документы учета фиксируют время начала и конца работы в часах) фактического нахождения каждой деталепартии в стадии производства (в данном цехе, участке), а затем в сумме по всем деталепартиям, включенным в статистику, $\sum_i T_{\text{фи}}$;

2) общее (суммарное) количество дней или часов нахождения тех же деталепартий непосредственно в обработке $\sum_i T_{\text{обр}i}$.

Определение фактического времени нахождения деталепартий в непосредственной обработке представляет значительные трудности и требует большого времени, учитывая, что подсчет фактических затрат времени на обработку должен быть выполнен по каждой деталепартии пооперационно. Поэтому с достаточной точностью расчет $\sum_i T_{\text{обр}i}$ может быть выполнен по существующим нормам калькуляционного времени и средним коэффициентам их выполнения $k_{\text{в}}$.

Соответственно этому по партии i -х деталей длительность процесса непосредственной обработки

$$T_{\text{обр}i} = n \sum_{j=1}^{k_0} t_{ij} / 8,2 k_{\text{см}j}, \quad (7.6)$$

где $t_{ij} = t_{i \text{н}j}$ – необходимое время по j -й операции детали i -го наименования, мин; $k_{\text{см}j}$ – средний коэффициент сменности группы оборудования, на котором выполняется j -я операция;

3) общее (суммарное) количество дней (или часов) межоперационного времени как разность между первой и второй суммами.

Среднее время нахождения детали вне процесса обработки ($t_{\text{МО}}^{\text{CP}}$), приходящееся на один межоперационный перерыв или на одну пару смежных операций:

$$t_{\text{МО}}^{\text{CP}} = (\sum_i T_{\text{ф}i} - \sum_i T_{\text{обр}i}) / \sum_i (k_0 - 1)_i, \quad (7.7)$$

где $\sum_i (k_0 - 1)_i$ – общее число пар смежных операций в технологическом процессе всех деталей, включенных в статистическую обработку.

Для практического использования в процессе составления календарных планов полученную величину $t_{\text{МО}}^{\text{CP}}$ следует округлить до целого числа (часов, дней).

Все указанные расчеты рекомендуется производить по табл. 7.1.

Таблица 7.1

Определение средневзвешенной величины межоперационного времени

Цех.....Участок.....Сменность работы $c = 2$

Деталь		Дата производства		Число, шт.
Шифр	Наименование	Начало	Окончание	
1	2	3	4	5
	Тяга	5/X	21/X	83
	Рычаг	8/X	27/X	56
...
	Кольцо	19/XI	28/XI	72

Продолжение табл. 7.1

$T_{\text{ф}i}$	$T_{\text{обр}}$	$T_{\text{ф}i} - T_{\text{обр}}$	$(k_0 - 1)_i$
рабочие дни			
6	7	8	9
11	7	+4	10
14	9	+5	8
...
6	7	-1	6
$\sum_i T_{\text{ф}i} = 672$	$\sum_i T_{\text{обр}i} = 505$	$\sum_i T_{\text{ф}i} - \sum_i T_{\text{обр}i} = 167$	$\sum_i (k_0 - 1) = 478$ пар смежных операций
<p>В днях: $t_{\text{МО}}^{\text{CP}} = \frac{\sum_i T_{\text{ф}i} - \sum_i T_{\text{обр}i}}{\sum_i (k_0 - 1)_i} = \frac{167}{478} = 0,35$ дня</p> <p>В часах: $t_{\text{МО}}^{\text{CP}} = 0,35 \cdot 8,2 \cdot 2 = 5,74 \approx 6$ ч</p>			

Многочисленные и одновременно выполненные наблюдения по ряду цехов и участков машиностроительных предприятий в условиях смешанных типов (и разновидностей типов) немассового производства показывают, что основным фактором, влияющим на изменчивость $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$, является действующая в цехе (участке) – величина показателя специализации K_c . Обработка таких наблюдений по 23 цехам (и предметным участкам) позволила установить корреляционную зависимость $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ от K_c .

По каждому цеху (участку) на основании сотен наблюдений была рассчитана по выражению (7.7) средневзвешенная величина $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ и определен действующий K_c . Полученная величина $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ наносится точкой на корреляционное поле.

Размещение 23 точек на корреляционном поле показало, что можно приближенно выразить наличие регрессии $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ по K_c прямой. Для последующих расчетов был применен известный способ наименьших квадратов и получено искомое уравнение прямой

$$t_{\text{мо}}^{\text{cp}} = -2,95 + 0,564 K_c. \quad (7.8)$$

Коэффициент корреляции равен $r = 0,931$, и оценка надежности r , определенная по способу Фишера, показала наличие тесной связи между $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ и K_c . Пользуясь этой зависимостью и зная K_c , можно с известным приближением определить среднюю норму $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ для цеха или участка в целом. Конечно, при заметном увеличении или уменьшении числа точек корреляционного поля уравнение регрессии (7.8) будет в какой-то мере также изменяться. Но расчеты, выполненные одновременно, показали, что и при значительном различии объема статистических данных (количества участвующих цехов, участков) эти изменения незначительны.

Далее будет показано, что в условиях серийного регулярно повторяющегося производства $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ непосредственно связано с размерами партий изготавливаемых деталей, поскольку последние, в свою очередь, непосредственно влияют на величину K_c цеха (участка).

Заканчивая рассмотрение вопроса об образовании и нормировании межоперационных перерывов, следует отметить, что при подборе и систематизации фактических данных необходимо исключить те детали партии, T_{cp} которых явно преувеличено за счет неоправданно длительных перерывов. При невыполнении этого условия полученные средние величины $t_{\text{мо}}^{\text{cp}}$ могут быть заметно искажены.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАПУСКА-ВЫПУСКА

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 [2].

Различают общее и частное опережение запуска-выпуска. Под *общим опережением запуска* понимается время со 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* понимается опережение запуска-выпуска партии в предыдущем цехе (цехах) по сравнению со временем (моментом) запуска-выпуска первой партии этих деталей в последующем цехе (цехах).

Величина опережения состоит из двух элементов – времени технологического и резервного (страхового) опережения.

Величина технологического опережения ($T_{то}$) определяется длительностью производственного цикла обработки партии деталей в данном цехе и при равенстве или при уменьшении по ходу технологического процесса партий в кратное число раз численно равна суммарной длительности производственного цикла всех цехов, т. е.

$$T_{то} = \sum_{i=1}^{K_{ц}} T_{ци}, \quad (8.1)$$

где $K_{ц}$ – число цехов, в которых обрабатывается партия данных деталей.

При некратном уменьшении размеров партий или их увеличении по цехам по ходу технологического процесса неизбежно возникают перерывы $T_{сд}$, увеличивающие время опережения и значительно усложняющие согласование запуска-выпуска партии деталей в смежных цехах, а следовательно, и календарное планирование (рис. 8.1).

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 перехо-

де обработки от одной партии к другой, но и обеспечивает уменьшение заделов и упрощает календарное планирование производства.

Резервное опережение – промежуток запуском ее в последующем. Оно предусматривается на случай возможной задержки выпуска очередной партии в предыдущем цехе или возможности преждевременного запуска в последующем по различным причинам (отсутствие материалов, инструмента, брак, повышенная потребность в деталях и др.).

Величина такого опережения может быть установлена путем исследования причин и 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 была возможность 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 ($R_{сл}$).

При $T_{ц.пр} \geq R_{сл}$ резервное опережение принимается равным $R_{сл}$, т. е.

$$T_{ро} = R_{сл}. \quad (8.2)$$

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

При $T_{ц.пр} < R_{сл}$ резервное опережение принимается равным $T_{ц.пр}$, т. е.

$$T_{ро} = T_{ц.пр}. \quad (8.3)$$

Это обеспечивает ритмичный ход производства в последующем цехе даже в том случае, если выпуск очередной партии в предыдущем 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 ($T_{об}$) составит:

$$T_{об} = \sum_{i=1}^{K_{ц}} T_{цi} + \sum_{i=1}^{K_{ц}R} R_i + \sum_{i=1}^{K_{ц}-1} T_{цi}, \quad (8.4)$$

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

Полученные значения общего опережения в днях округляются до величин, кратных 5, что упрощает календарное планирование, поскольку опережения будут планироваться не в днях, а в неделях.

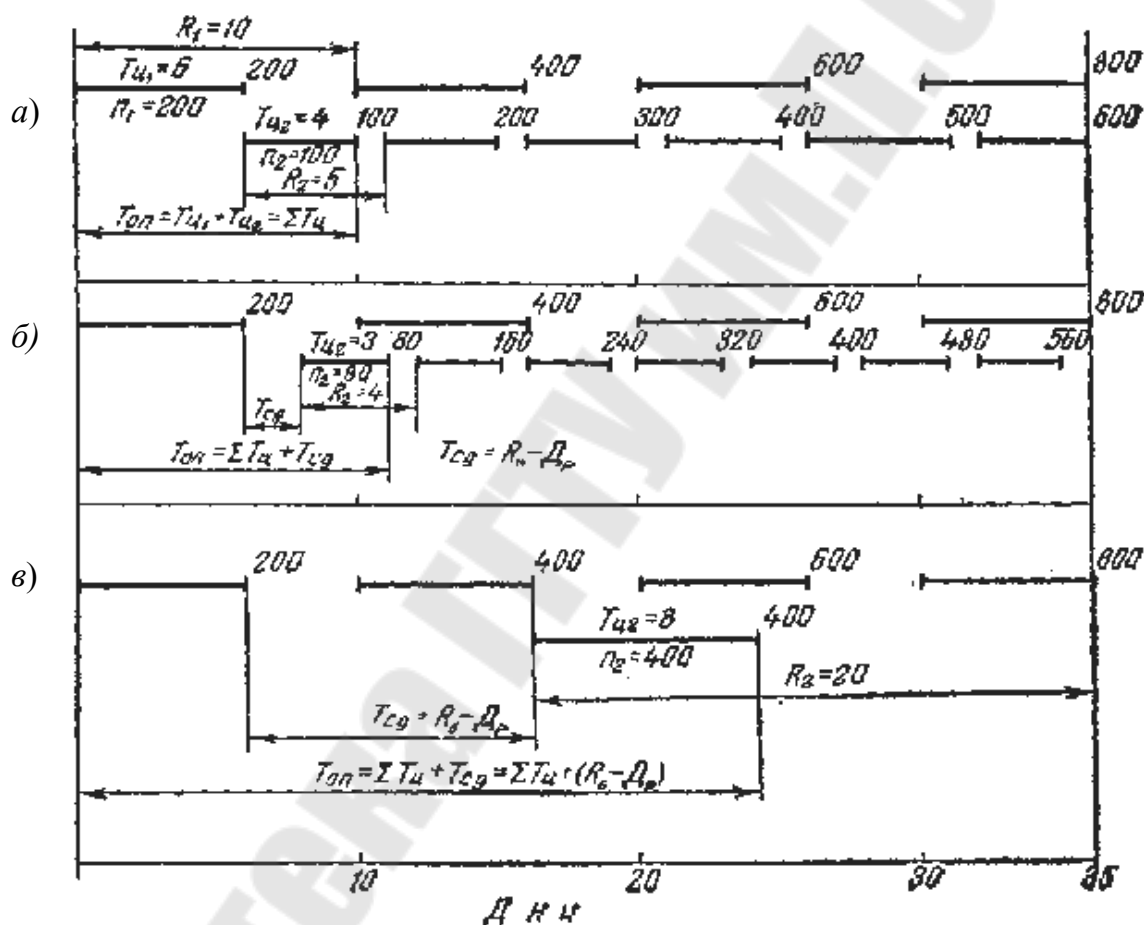


Рис. 8.1. Графики опережений при запуске-выпуске партии неодинаковых размеров в смежных цехах:

- 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: D_p – наибольший делитель величин в смежных цехах

9. РАСЧЕТЫ ЗАДЕЛОВ (НЕЗАВЕРШЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА)

9.1. Определение величины производственных заделов в серийном производстве

Под *производственным заделом* понимается количество заготовок, деталей сборочных единиц (в штуках), находящихся в данный момент времени на разных стадиях производственного процесса (не окончанных обработкой, сборкой, испытанием и др.). Денежные затраты на задел (его стоимость) называют незавершенным производством [4].

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 слова превращаясь 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 и 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 др. Поэтому правильное определение нормативных заделов, обеспечивающих бесперебойный ритмичный ход производства с минимально необходимыми затратами средств, представляет одну из важных задач календарного планирования.

В том и в другом случае предприятию наносится значительный ущерб, связанный либо с дополнительными затратами на заделы, либо в связи с перерывами в работе из-за недостатка их.

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

Цикловой задел – это количество деталей, находящихся непосредственно в производственном процессе цеха в данный момент

времени. В серийном производстве он является непосредственным овеществлением размера партии, ее периода запуска-выпуска и длительности цикла изготовления.

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

$$Z_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{ц}}}{R}, (\text{партий}), \quad (9.1)$$

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

Изменение величины заделов при различных соотношениях между величинами $T_{\text{ц}}$ и R показано на рис. 9.1.

Для определения объема незавершенного производства необходимо знать среднюю величину циклового задела $\bar{Z}_{\text{ц}}$, выраженную в штуках деталей:

$$\bar{Z}_{\text{ц}} = n \frac{T_{\text{ц}}}{R} = T_{\text{ц}} d, (\text{шт.}). \quad (9.2)$$

Межцеховые заделы (складские) состоят из оборотных и страховых.

Оборотные заделы в серийном производстве возникают лишь при различных величинах размеров партий или периодичности запуска-выпуска в смежных цехах. Если в подающем 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 выше, а во втором ниже, то в потребляющий цех поступают детали в количестве большем, чем требуется для одного запуска и которое уменьшается с каждым очередным запуском до минимального значения (до 0) после запуска последней партии до поступления очередной партии с подающего цеха (рис. 9.1).

Суммарный средний оборотный задел между всеми цехами также при кратности партий составит:

$$\sum_1^{K_{\text{ц}}-1} Z_0 = \frac{n_{\text{max}} - n_{\text{min}}}{2}, \quad (9.4)$$

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

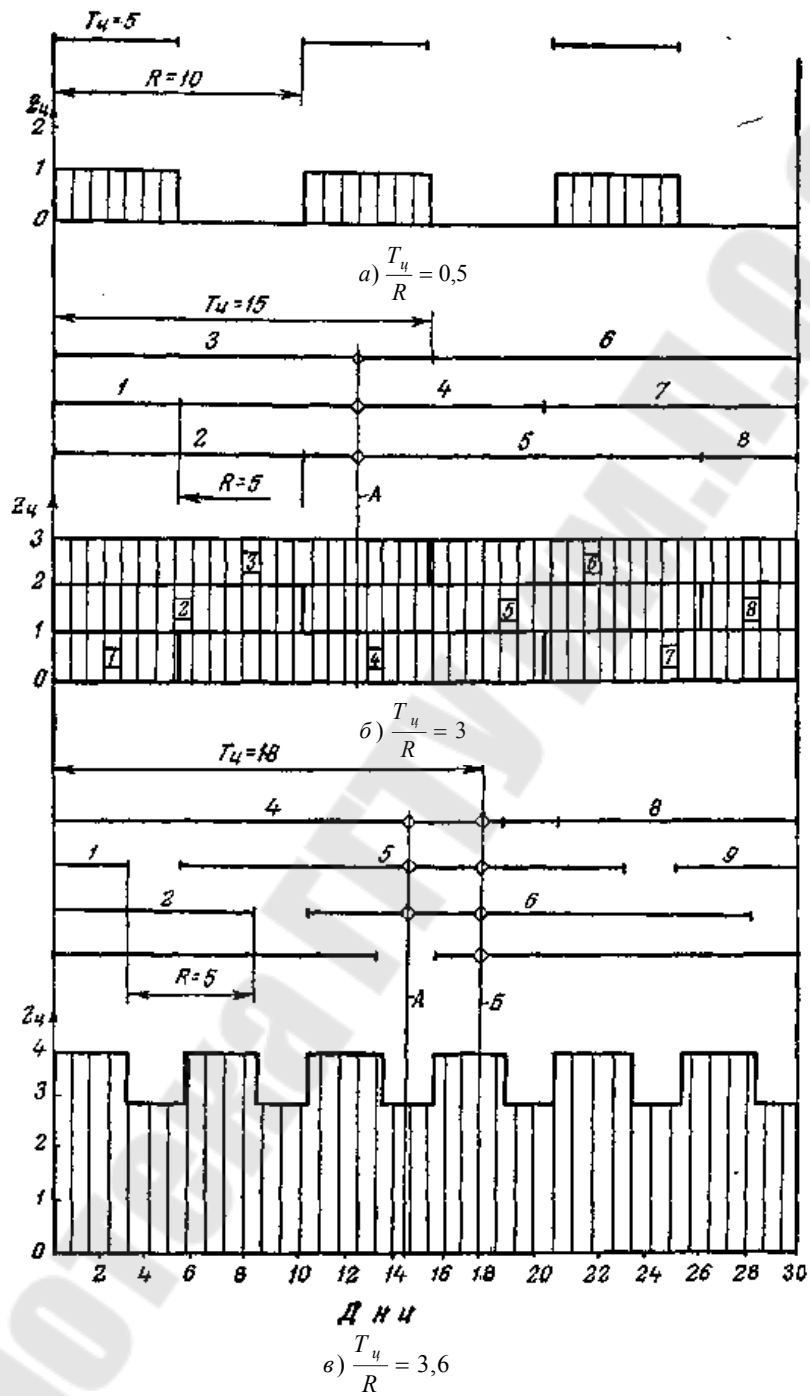


Рис. 9.1. График движения цикловых заделов во времени: а – при $T_{ц} < R$; б и в – при $T_{ц} > R$. Линии А и Б показывают формирование заделов, цифры – номера партий

Как видно из графика, характер движения оборотных заделов при кратных размерах партий в смежных цехах одинаков. При этом средняя величина оборотного задела Z_0 между смежными цехами определяется выражением:

$$Z_0 = \frac{n_б - n_м}{2}, \quad (9.3)$$

где $n_б$ и $n_м$ – соответственно больший и меньший размеры партии.

Как видно из формулы (9.4), выравнивание размеров партий за счет увеличения минимальной величины обеспечивает снижение заделов между цехами. Однако увеличение минимального размера партии неизбежно (как это видно из формулы 9.2) приводит 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 исключение оборотных заделов является уменьшение размеров партий в заготовительных цехах до размеров в обрабатывающих за счет сокращения времени переналадки оборудования.

Страховые (резервные) складские заделы представляют собою постоянный запас деталей между цехами, предназначенный для обеспечения бесперебойной работы потребляющего цеха при возможных задержках в подаче очередной партии. Этот задел является материальным выражением резервных опережений. Его величина между смежными цехами

$$Z_p = T_{po}d, \text{ (шт.)}. \quad (9.5)$$

Соответственно суммарная величина страхового задела по детали данного наименования определится:

$$\sum_{i=1}^{K_{ц-1}} Z_p = d \sum_{i=1}^{K_{ц-1}} T_{po}, \text{ (шт.)}. \quad (9.6)$$

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 резервного задела должна оставаться постоянной, а величина оборотной части межцехового задела по состоянию на первое число зависит от сроков подачи деталей из цеха в цех. Максимальная его величина будет в том случае, если партия из предыдущего цеха подается в потребляющий в последний день данного месяца, и минимальная (нулевая) в том случае, если она подается перед запуском первой очередной в этом месяце партии в последующем цехе.

9.2. Расчеты затрат на незавершенное производство в единичном и мелкосерийном

Расчеты затрат на незавершенное производство в этих условиях имеют свои особенности [4, с. 169].

Определять эти затраты по детали каждого наименования в отдельности нет надобности. Например, графики производственного цикла и объемные расчеты позволяют легко определить итоги затрат к началу декады, месяца или к моменту полной готовности изделия.

Имея такие данные по затратам труда, можно с достаточным приближением определить среднюю величину незавершенного производства H_{cp} в трудовом и денежном измерении и среднее время оборота средств в производстве.

Допустим, что длительность цикла изделия определена упрощенным способом и равна s месяцам, и соответственно вложения в незавершенное производство равны p_1, p_2, \dots, p_s .

Будем исходить из того, что вложение в каждом s -м месяце производится равномерно, нарастая от 0 до p . Тогда связывание средств по частным вложениям (по каждому из s месяцев) определится так, как это показано на рис. 9.2:

- по первому вложению $p_1 (s - 0,5)$ руб./мес.;
- по второму вложению $p_2 (s - 1,1)$ руб./мес. и т. д.;
- по последнему s -му вложению $p_s [s(s - 0,5)] = 0,5p_s$ руб./мес.

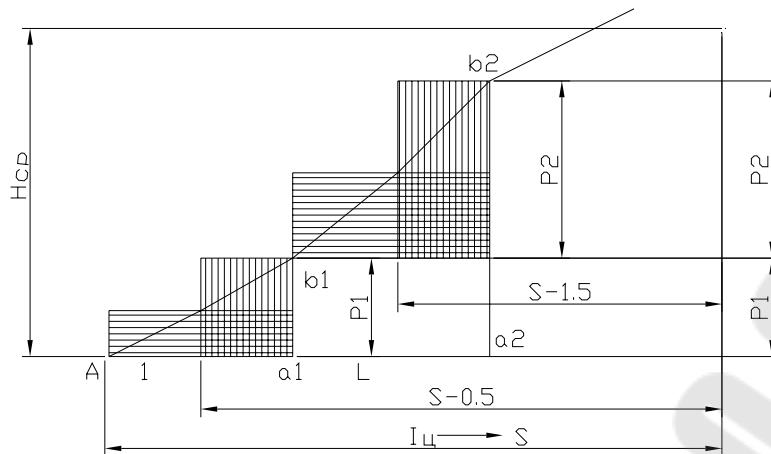


Рис. 9.2. График связывания средств по частным капиталовложениям

Средневзвешенная величина незавершенного производства (H_{cp}) определится из равенства

$$H_{cp} = [p_1(s - 0,5) + p_2(s - 1,5 + \dots + 0,5p_s)]/s.$$

Площадь $H_{cp}s$ выражает общее связывание оборотных средств в производстве изделия.

Это означает, что вся масса средств, поступающая в производство различными долями на протяжении производственного цикла изделия ($T_{ц} \rightarrow s$), может быть выражена как некая средневзвешенная величина средств (H_{cp}), вкладываемая однажды в начале производства и функционирующая в неизменном виде в течение всего процесса изготовления изделия. Среднее время оборота оборотных средств, связанных в производстве данного изделия, будет

$$t_{об} = (H_{cp}/p_{max}) s, \quad (9.7)$$

где p_{max} – суммарный итог по всем частным вложениям, равный себестоимости изделия; p_{max}/s – затраты на производство, приходящиеся на один месяц длительности производственного цикла $T_{ц}$.

Среднее время оборота, или длительность производственного оборота всегда меньше длительности производственного цикла именно потому, что вложения производятся частями, а не сразу.

Чем короче производственный цикл одного и того же изделия, тем меньше разность между $t_{об}$ и $T_{ц}$.

Но это условие недостаточно для сокращения времени оборота. Из выражения для H_{cp} видно, что чем крупнее частные вложения, производимые в конце производственного цикла, и соответственно мельче в начале производства, тем меньше средняя стоимость неза-

вершеного производства и, следовательно, тем короче среднее время одного оборота.

Наоборот, чем крупнее вложения в начале производственного цикла, тем больше $H_{\text{ср}}$ и t_0 .

Таким образом, средняя стоимость незавершенного производства по данному изделию и среднее время оборота зависят от двух факторов: 1) длительности производственного цикла; 2) характера распределения затрат по частным вложениям.

Наиболее благоприятным следует считать такое распределение затрат по частным вложениям, при котором в каждом данном отрезке времени (например, месяце) в цехах концентрируется производство в основном одного изделия.

Такая концентрация работ должна осуществляться в полной увязке по заготовительной, обрабатывающей и сборочной стадиям. В соответствии с этим и программу выпуска различных изделий следует распределять по возможности равномерно в течение планового периода, соблюдая, конечно, при этом директивные сроки сдачи готовой продукции.

Особо следует подчеркнуть необходимость максимального расширения фронта и сокращения цикла сборочных работ, так как при сравнительно небольших удельных затратах на сборочные работы незавершенное производство в сборочных цехах (участках) достигает больших размеров, ввиду того, что комплекты деталей, узлов и покупных изделий фигурируют в нем своей полной себестоимостью в течение всего процесса сборки, регулировки и испытания изделий.

При обычно значительном разнообразии программы, характерном для мелкосерийного и единичного производств, важно знать не только $H_{\text{ср}}$ по отдельным изделиям, но в большей мере – незавершенное производство по программе в целом H . Для этой цели $H_{\text{ср}}$ по данному изделию следует рассматривать как часть незавершенного производства по годовой программе в целом – как $H'_{\text{ср}} = H_{\text{ср}} T_{\text{ц}} / T_{\text{год}}$, а $H = \sum_u H'_{\text{ср}}$, где u – число изделий различных наименований в годовой программе предприятия; $H_{\text{ср}}$ – средняя норма незавершенного производства по данному изделию, отнесенная к плановому году; $T_{\text{ц}}$ – длительность производственного цикла изделия, исчисленная в календарных днях; $T_{\text{год}}$ – число календарных дней в плановом году.

Продолжая пример по изделию ДС319у21-12, имеем:

$$H_{\text{ср}} = 3422 \cdot 60 / 365 = 562 \text{ руб.}$$

Следует учитывать, что порядок определения Y основан на том предположении, согласно которому в каждом отрезке года (месяц, квартал...) минимальные вложения в незавершенное производство по одним изделиям складываются с максимальными по другим изделиям, что обеспечивает неизменность суммарной величины H в течение года. Практически же суммарный объем потребного незавершенного производства в течение года колеблется: в одни отрезки (месяцы, кварталы) выше, а в другие – ниже H'_{cp} . В соответствии с этим в первом случае предприятие испытывает финансовые затруднения ($H > \sum_i H'_{cp}$), а во втором – наоборот, будет иметь излишки оборотных средств.

Колебания итоговых величин незавершенного производства должны быть выявлены уже в процессе формирования годовой производственной программы предприятия и ее распределения по месяцам (кварталам) планового года.

9.3. Виды заделов в массовом производстве

В заводской практике и литературе незавершенное производство в натуральном выражении принято называть заделом и измерять в штуках или комплектах предметов независимо от степени их готовности.

Создание заделов нормальных размеров в массовом производстве имеет особо важное значение для обеспечения бесперебойного, ритмичного производства и выпуска готовых предметов. Различаются следующие виды заделов:

- по назначению и характеру образования: заделы, образующиеся в процессе производства на рабочем месте; оборотные, транспортные, страховые заделы;

- по месту образования: линейные заделы, образующиеся между операциями данной линии; межлинейные (включая межцеховые) заделы.

Заделы, образующиеся на рабочих местах [4, с. 229]. Задел на рабочих местах $N_{p.m}$ определяют простым суммированием предметов, находящихся в каждый данный момент на линии в процессе непосредственной обработки или сборки

$$N_{p.m} = \sum_1^{s_{\text{лин}}} n_{\text{уст}}, \quad (9.8)$$

где $s_{\text{лин}}$ – число рабочих мест (или станков) на линии; $n_{\text{уст}}$ – число предметов, одновременно обрабатываемых или устанавливаемых на рабочем месте (станке).

Задел для массово-прерывных линий будет максимальным и непостоянным, так как не все рабочие места (станки) на линиях в каждый момент участвуют в работе.

В связи с этим средний задел на рабочих местах

$$N_{\text{р.м}}^{\text{ср}} = \sum_{i=1}^{k_0} (t_i / r) n_{\text{уст}} \quad (9.9)$$

Оборотные заделы. Обратные заделы образуются только на массово-прерывных линиях между рабочими местами линии с неодинаковой производительностью. Рассмотрим два основных случая образования заделов между двумя смежными операциями.

Первый случай. Длительность предшествующей операции меньше длительности последующей: $t_1 < t_2$. Предположим, $t_1 = 0,5$ ч и $t_2 = 1$ ч при суточной программе $N_{\text{сут}} = 8$ шт. и $c = 1$ смене.

На рис. 9.3, а построены два варианта графиков производства этих двух операций.

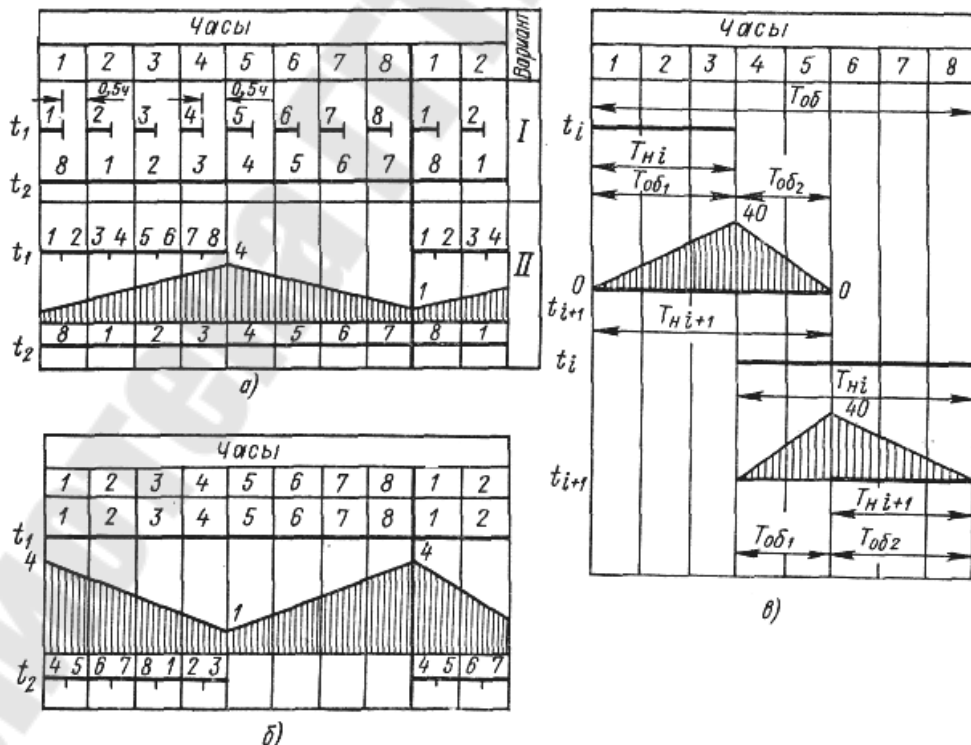


Рис. 9.3. График образования оборотного задела:
 а – при $t_1 < t_2$; б – при $t_1 > t_2$; в – при $s_i = 1$ и $S_{i+1} = 1$

Согласно первому варианту (верхняя часть рис. 9.3, а), передачи с первой операции на вторую производятся поштучно, благодаря чему задел не накапливается. Но каждая деталь после окончания первой операции и до начала второй пролеживает $t_{\text{МО}} = t_2 - t_1$ единиц времени, в данном случае $t_{\text{МО}} = 0,5$ ч. Каждый отрезок времени $t_{\text{МО}}$ оборудование остается без загрузки и возможен простой рабочего, если он не будет обеспечен систематически повторяющейся и заранее установленной дополнительной работой.

В графике второго варианта (нижняя часть рис. 9.3, а) производство первой операции построено на непрерывной работе оборудования и рабочего, благодаря чему обработка всех восьми деталей, т. е. вся суточная программа, выполняется за первые 4 ч смены. На остальную часть смены и рабочий, и оборудование (практически только рабочий) обеспечиваются другой работой.

Так как производительность рабочего на второй операции вдвое меньше, то из 8 шт., выработанных на первой операции за 4 ч, будет использована на второй операции за текущее время только половина, а остальные 4 шт. к концу первой половины смены останутся в заделе. На вторую половину смены производство первой операции прекращено, и образовавшийся задел постепенно (в каждый час по 1 шт.) поглощается второй операцией. К началу следующей смены задел падает до нуля, а с началом ее (смены) образование и поглощение задела повторяются в том же порядке.

Второй случай. Длительность предшествующей операции больше длительности последующей $t_1 > t_2$.

На рис. 9.3, б график двух операций для этого случая построен по второму варианту – непрерывной работы оборудования с большей производительностью.

Чтобы обеспечить непрерывную работу на второй операции, необходимо иметь с начала смены некоторый задел, так как производительность рабочего на первой операции ниже (в два раза), чем рабочего на второй операции.

На графике между первой и второй операциями показана диаграмма расходования и образования задела.

Начиная с первого часа задел постепенно поглощается на второй операции и к концу первой половины смены падает до нуля¹. На этом

¹В обоих случаях вторая операция начинается не с обработки первой штуки, а с обработки восьмой, так как первая штука в начале смены находится еще на первой операции, а восьмая штука предыдущей смены попадает на вторую операцию только к началу следующей смены (или следующего дня).

отрезке времени задел служит дополнением к недостаточной часовой выработке на первой операции до размеров, необходимых для непрерывного питания деталями второй операции.

К концу первой половины смены на рабочем месте второй операции, после выполнения суточной программы, работа прекращается до конца смены. За это время (вторая половина смены) рабочий на первой операции, продолжая работу, производит продукцию, которая остается и после второй операции. Благодаря этому происходит постепенное накопление задела, который к концу смены достигает уровня, зафиксированного в начале смены. Вновь образовавшийся задел за вторые сутки расходуется и возобновляется в том же порядке.

В характеристике образования заделов в первом и втором случаях имеется некоторое различие. Если принять одни сутки за наименьший учетный период, то оборот задела в первом случае к концу и к началу смены теоретически равен нулю. Во втором случае (рис. 9.3, б) он всегда больше нуля, т. е. всегда вызывает рост незавершенного производства. Если построить процесс первоначального развертывания производства на линии, то окажется, что задел должен быть готовым еще до начала второй операции, а для изготовления этого задела, очевидно, потребуется единовременная дополнительная затрата труда. В первом случае, как видно из графика на рис. 9.3, а, этого не требуется.

Многочисленные формы движения заделов, которые могут иметь место в производстве, являются разновидностями этих двух основных форм.

График образования и расходования оборотных заделов всегда имеет ступенчатый характер, так как даже самое минимальное изменение задела выражается целой величиной (целая заготовка, деталь или узел). Но для графического упрощения диаграмма движения заделов будет изображаться на участках (там, где движение не меняет своего направления) непрерывными прямыми линиями.

9.4. Расчеты межоперационных оборотных заделов в массовом производстве

Размер оборотного задела при планируемой производительности труда на операциях зависит от трех факторов:

- 1) разности между выработкой на двух смежных операциях;
- 2) соотношения длительности этих операций с тактом линии r ;
- 3) выбранного регламента работы на смежных операциях.

Практически наибольшую трудность представляет правильное определение регламента работы на смежных операциях.

Для определения регламента необходимо провести в отношении операций массово-прерывной линии следующие мероприятия:

Прикрепить к рабочим (если возможно, и к оборудованию), выполняющим операции, неравные и некратные по длительности такту, дополнительные работы, ритмично повторяющиеся и обеспечивающие полное использование времени рабочего.

Определить характер чередования работы и перерывов по данной операции в зависимости от характера дополнительной работы и ее территориальной оторванности от основного рабочего места (например, дополнительные работы, выполняемые на серийных участках цеха, контрольные операции, последовательное или параллельное выполнение одним рабочим нескольких операций линии и т. п.).

Дополнительная работа должна быть определена с таким расчетом, чтобы дополнить загрузку рабочего до целых календарных отрезков времени: до целых такта, часа, смены или целого их числа. Соответственно этому дополнительная работа определенного объема должна ритмично повторяться каждый такт, час, каждую смену или через целое число этих отрезков времени.

Введем следующие обозначения: $T_{об}$ – длительность периода оборота задела – отрезок времени, в течение которого оборотный задел образуется и расходуется (рис. 9.3, а) или расходуется и восстанавливается (рис. 9.3, б); T_n – отрезок времени непрерывной работы по данной операции в течение одного периода оборота $T_{об}$. На рис. 9.3, а, б $T_{об} = 8$ ч; $T_n = 4$ ч и $T_n = 8$ ч.

Период $T_{об}$ желательно устанавливать в кратном отношении к длительности рабочего дня – к 8 ч. При точном выполнении этого условия длительность $T_{об} = 1; 4; 8$ ч или любому целому числу смен.

Для одной и той же продукции, чем больше период оборота $T_{об}$, тем больше и оборотный задел. Действительно, оборотный задел образуется или расходуется, если он дополнительно изготовлен (см. рис. 9.3, а) за время непрерывной работы T_n более производительного из двух смежных рабочих мест; в этом случае

$$T_n / T_{об} = t / r; \quad T_n = T_{об} t / r. \quad (9.10)$$

Наиболее удобным надо считать вариант $T_{об} = 8$ ч. Но не всегда этот вариант является практически наиболее целесообразным.

Выбор периода $T_{об}$ обусловлен рядом соображений и требований. Наиболее важные из них следующие:

1. Частое отвлечение рабочего на дополнительную работу не должно снижать производительности труда на основной операции. Это требование тем сильнее влияет на период $T_{об}$, чем больше удельный вес ручного труда в основной операции.

2. Потери времени на переход и подготовку к дополнительной работе должны составлять незначительный процент от рабочего времени. Это требование важно в тех случаях, когда дополнительная работа выполняется на другом участке цеха. Чем больше период оборота, тем меньше эти потери. Возможны случаи, когда непрерывную работу целесообразно продолжать несколько смен.

3. Всякий регламент работы требует контроля (и даже особого учета) его выполнения. В условиях массового применения многократных переходов рабочими в течение смены на другие работы (например, при $T_{об} = 1$ ч) организация такого сложного контроля (учета) является трудной задачей и чаще всего экономически неоправданной. В практике машиностроительных заводов на линиях механической обработки (массово-прерывное производство) период оборота $T_{об}$ обычно равен одной смене или целому числу смен. Такой регламент, естественно, упрощает все расчеты и организацию работ на линии.

4. Максимальное значение образующегося в каждом периоде $T_{об}$ оборотного задела должно соответствовать наличным площадям между рабочими местами для хранения предметов. Это требование является решающим для линий, изготавливающих предметы больших габаритных размеров или предметы, имеющие небольшие габаритные размеры, но с весьма малым штучным временем и большой разностью ($t_i - t_{i+1}$). В этих условиях период оборота должен быть установлен наименьшим из возможных.

5. При удовлетворении указанным выше требованиям $T_{об}$ и величина оборотного задела должны быть наименьшими, поскольку всякое уменьшение задела снижает потребности в оборотных средствах и ускоряет их оборачиваемость. Расчет оборотного задела $N_{об}$ производится после того, как регламент работы рабочих на прерывных операциях определен и период $T_{об}$ установлен. При расчетах $N_{об}$ имеется в виду, что на тех отрезках периода оборота $T_{об}$, в течение которых производительность на смежных операциях неизменна, оборотный задел изменяется с одинаковой закономерностью.

Максимальный оборотный задел $N_{об\ m}$, образующийся в течение m -го отрезка периода $T_{об}$, определяется как разность между выработками на двух смежных операциях за тот же отрезок $T_{об\ m}$:

$$N_{об\ m} = T_{об\ m} s_i / t_i - T_{об\ m} s_{i+1} / t_{i+1} = T_{об\ m} (s_i / t_i - s_{i+1} / t_{i+1}),$$

где s_i и s_{i+1} – количество одновременно работающих единиц оборудования на m -м отрезке $T_{об}$ по операциям i и $i + 1$; $T_{об\ m}$ – m -й отрезок $T_{об}$, в течение которого производительность на каждой из операций не изменяется.

Рассмотрим на примерах характерные случаи расчетов заделов, иллюстрирующие это положение.

Первый случай: $t_i < t_{i+1} < r$ (или $t_{i+1} < t_i < r$).

На рис. 9.3, в (верхняя часть) показаны графики образования оборотного задела между двумя операциями при следующих данных:

$$T_{об} = 8 \text{ ч}; t_i = 1,8 \text{ мин}; t_{i+1} = 3,0 \text{ мин}; r = 4,8 \text{ мин}.$$

Следовательно,

$$t_i / r < 1 \text{ и } t_{i+1} / r < 1;$$

$$s_i = 1 \text{ и } s_{i+1} = 1.$$

Длительность непрерывной работы i -й операции равна:

$$T_{н\ i} = T_{об} t_i / r = 8 \cdot 1,8 / 4,8 = 3 \text{ ч}.$$

Соответственно на $(i + 1)$ -й операции

$$T_{н\ i+1} = 8 \cdot 3,0 / 4,8 = 5 \text{ ч}.$$

В данном простом случае первый отрезок $T_{об\ i}$ с одинаковой производительностью на обеих операциях равен $T_{н\ i}$. За этот отрезок времени образуется оборотный задел, максимальное значение которого

$$N_{об1} = T_{об1} (1/t_i - 1/t_{i+1}) = 3 \cdot 60 (1/1,8 - 1/3,0) = 40 \text{ шт}.$$

Второй отрезок $T_{об2} = 2$ ч. За это время одна из смежных операций не выполняется и образовавшийся задел расходуется.

В нижней части рис. 9.3, в представлен график, иллюстрирующий тот же пример, но с обратным размещением операций, а именно при $t_i > t_{i+1}$. Оборотный задел в этом случае образуется за $T_{об1} = 2$ ч и расходуется за $T_{об2} = 3$ ч:

$$N_{об1} = T_{об1} / t_i = 2 \cdot 60 / 3,0 = 40 \text{ шт.}$$

Такой же задел получится, если в расчет ввести $T_{об2}$:

$$N_{об2} = T_{об2} (1/t_i - 1/t_{i+1}) = 3 \cdot 60(1/3,0 - 1/1,8) = 40 \text{ шт.}$$

Знак (-) свидетельствует лишь о том, что за время $T_{об2}$ происходит не накопление задела, а его расходование.

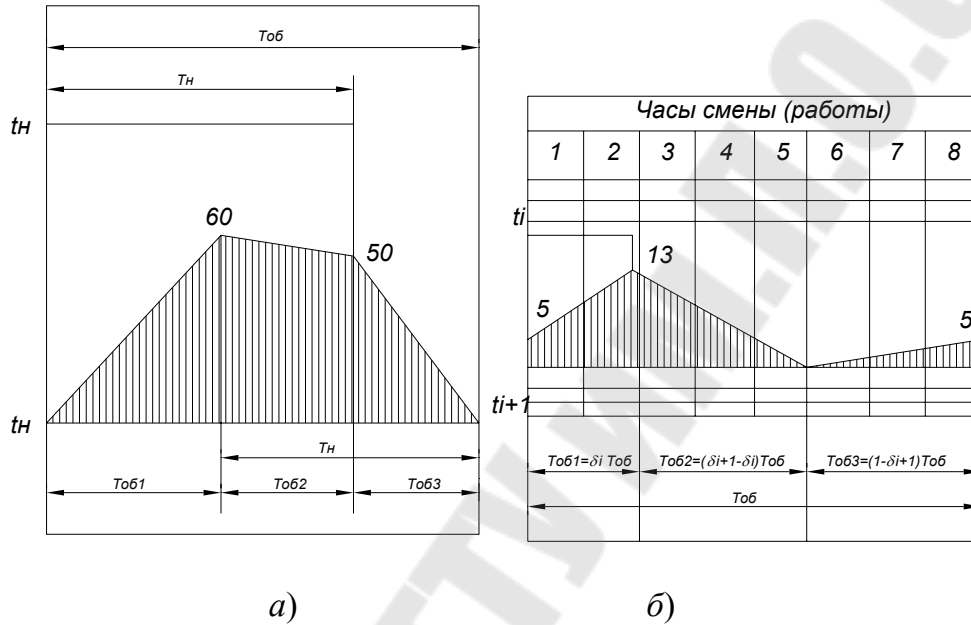


Рис. 9.4. График образования и расходования оборотного задела:

a – при $s_H = 1, s_k = 1, T_H + T_k > T_{об}$; b – при $s_i > 1$ и $s_{i+1} > 1$,
 $t_i = 6,63$ мин, $t_{i+1} = 10,8$ мин, $r = 3$ мин

Второй случай: $r > t_i > t_{i+1}$ (или $r > t_{i+1} > t_i$). Следовательно, $s_i = 1, s_{i+1} = 1$, но в соответствии с графиком выполнения других операций линии i -я операция размещается в начале периода $T_{об}$, а $(i + 1)$ -я операция заканчивается в конце этого периода (рис. 9.4, a) или, наоборот, в начале $T_{об}$ размещается $(i + 1)$ -я операция.

Для построения графика движения межоперационного задела в этом случае период оборота $T_{об}$ разделяется на три части $T_{об1}, T_{об2}, T_{об3}$, в пределах каждой из которых производительность на смежных операциях остается неизменной. По каждой части периода $T_{об}$ определяется максимальная величина вновь образующегося или вновь расходующегося задела:

$$N_{об1}, N_{об2}, N_{об3}.$$

Для написания общих формул расчета задела обозначим: T_n – длительность непрерывной работы на операции, размещенной в начале периода $T_{об}$ [может быть операцией i -й и $(i + 1)$ -й]; T_k – то же на операции, размещенной в конце периода $T_{об}$.

Соответственно t_n и t_k – необходимое время на выполнение этих операций. Тогда на начальном отрезке $T_{об}$ (т. е. $T_{об1}$) максимальный задел равен:

$$N_{об1} = (T_{об} - T_k)60(1/t_n - 0).$$

Результат по этой формуле должен быть принят со знаком (+), если начальная операция первая, и со знаком (–), если она вторая. В последнем случае

$$N_{об1} = (T_{об} - T_k)60(0 - 1/t_n).$$

В средней части $T_{об}$, т. е. там, где обе операции выполняются параллельно, наибольшее значение вновь образуемого или расходуемого задела равно

$$N_{об2} = (T_n + T_k - T_{об})60(1/t_n - 1/t_k).$$

Наконец, в конечной части $T_{об}$ (т. е. на отрезке $T_{об3}$) имеем:

$$N_{об3} = (T_{об} - T_n)60(1/t_k - 0).$$

Результат по этой формуле должен быть принят со знаком (+), если конечная операция – первая, и со знаком (–), если она вторая.

В последнем случае

$$N_{об3} = (T_{об} - T_n) 60 (0 - 1/t_k).$$

Результат со знаком (–), полученный по любой из указанных формул, покажет, что на данном отрезке $T_{об}$ происходит расходование задела, образованного на предыдущем отрезке. $N_{об}$ покажет в этом случае максимальное значение снижения задела.

Рассматриваемый случай представляет интерес только тогда, когда суммарная продолжительность непрерывной работы на обеих операциях больше периода оборота

$$T_n + T_k > T_{об}.$$

Пример 1. $t_i = 3,0$ мин; $t_{i+1} = 2,5$ мин; $r = 4,0$; $T_{об} = 8$ ч.

Размещение операции смотри на рис. 9.4, а:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{об}} t_{\text{н}} / r = 8 \cdot 3,0 / 4,0 = 6 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{к}} = T_{\text{об}} t_{\text{к}} / r = 8 \cdot 2,5 / 4,0 = 5 \text{ ч.}$$

Тогда:

$$N_{\text{об1}} = (8 - 5)60\left(\frac{1}{3,0} - 0\right) = 60 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{об2}} = (6 + 5 - 8)60\left(\frac{1}{3,0} - \frac{1}{2,5}\right) = -12 \text{ шт.}$$

(на этом отрезке задел снижается на 12 единиц);

$$N_{\text{об3}} = (8 - 6)60\left(0 - \frac{1}{2,5}\right) = -48 \text{ шт.}$$

Третий случай: $r < t_i < t_{i+1}$ (или $r < t_{i+1} < t_i$). Следовательно, $s_i > 1$ и $s_{i+1} > 1$. На каждой из смежных операций работает по несколько единиц оборудования. Рассматривается случай, когда все оборудование на обеих операциях начинает работу в каждый период $T_{\text{об}}$ одновременно (рис. 9.4, б).

В силу некратности t_i и t_{i+1} такту, $(s_{i+1} - 1)$ единиц оборудования работают непрерывно весь период $T_{\text{об}}$ и одна единица на каждой из операций работает непрерывно только часть этого периода.

Согласно условиям массово-прерывного производства, показатель массовости на рассматриваемых операциях должен выражаться неправильной дробью:

$$\gamma_{\text{mi}} = t_i / r = a_i + \bar{b}_i \text{ и } \gamma_{\text{mi+1}} = t_{i+1} / r = a_{i+1} + \bar{b}_{i+1},$$

где \bar{b}_i и \bar{b}_{i+1} — доли единицы, показывающие ту часть периода $T_{\text{об}}$, в течение которой недогруженная единица оборудования на данной операции работает непрерывно.

Таким образом, на i -й операции недогруженная единица оборудования работает непрерывно $\bar{b}_i T_{\text{об}}$, а на $(i + 1)$ -й операции — $\bar{b}_{i+1} T_{\text{об}}$ единиц времени; и в данном случае период $T_{\text{об}}$ разделяется на три части (рис. 9.3, б). $T_{\text{об1}}$ составляет начальную часть периода, которая равна $\bar{b} T_{\text{об}}$ при этом $\bar{b} = \bar{b}_i$, если $\bar{b}_i < \bar{b}_{i+1}$, и $\bar{b} = \bar{b}_{i+1}$, если $\bar{b}_i > \bar{b}_{i+1}$.

Соответственно максимум вновь образуемого или расходуемого задела равен:

$$N_{об1} = \bar{b}T_{об}s_i/t_i - \bar{b}T_{об}s_{i+1}/t_{i+1} = \bar{b}T_{об}(s_i/t_i - s_{i+1}/t_{i+1}).$$

$T_{об2}$ составляет среднюю часть $T_{об}$, которая равна $\bar{b}'T_{об}$; при этом $\bar{b}' = \bar{b}_{i+1} - \bar{b}_i$, если $\bar{b}_i < \bar{b}_{i+1}$, и $\bar{b}' = \bar{b}_i - \bar{b}_{i+1}$, если $\bar{b}_i > \bar{b}_{i+1}$. Тогда

$$N_{об2} = \bar{b}'T_{об}\left(\frac{s_i - 1}{t_i} - \frac{s_{i+1}}{t_{i+1}}\right) \text{ при } \bar{b}' = \bar{b}_{i+1} - \bar{b}_i$$

и

$$N_{об2} = \bar{b}'T_{об}\left(\frac{s_i}{t_i} - \frac{s_{i+1} - 1}{t_{i+1}}\right) \text{ при } \bar{b}' = \bar{b}_i - \bar{b}_{i+1}.$$

$T_{об3}$ – конечная часть $T_{об}$, равная $(1 - \bar{b})T_{об}$; $\bar{b} = \bar{b}_i$, если $\bar{b}_i > \bar{b}_{i+1}$, и $\bar{b} = \bar{b}_{i+1}$, если $\bar{b}_{i+1} > \bar{b}_i$. Тогда

$$N_{об3} = (1 - \bar{b})T_{об}\left(\frac{s_i - 1}{t_i} - \frac{s_{i+1} - 1}{t_{i+1}}\right).$$

Пример 2. $t_i = 6,63$ мин; $t_{i+1} = 10,8$ мин; $r = 3$ мин. Показатели массовости по операциям равны:

$$\gamma_{Mi} = t_i/r = a_i + \bar{b}_i = 6,63/3 = 2,21 \text{ и } \bar{b}_i = 0,21;$$

$$\gamma_{M_{i+1}} = 10,8/3 = 3,6 \text{ и } \bar{b}_{i+1} = 0,60.$$

Принятое количество оборудования по операциям $s_i = 3$; $s_{i+1} = 4$:

$$N_{об1} = 0,21 \cdot 8 \cdot 60 \left(\frac{3}{6,63} - \frac{4}{10,8} \right) \approx +8 \text{ шт.};$$

$$\begin{aligned} N_{об2} &= (\bar{b}_{i+1} - \bar{b}_i)T_{об}\left(\frac{s_i - 1}{t_i} - \frac{s_{i+1}}{t_{i+1}}\right) = \\ &= (0,60 - 0,21)8 \cdot 60 \left(\frac{2}{6,63} - \frac{4}{10,8} \right) \approx -13 \text{ шт.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{об3} &= (1 - \bar{b}_{i+1})T_{об}\left(\frac{s_i - 1}{t_i} - \frac{s_{i+1} - 1}{t_{i+1}}\right) = \\ &= (1 - 0,60)8 \cdot 60 \left(\frac{2}{6,63} - \frac{3}{10,8} \right) \approx +5 \text{ шт.} \end{aligned}$$

Полученные результаты по отрезкам $T_{об}$ показывают, что для осуществления регламента работы на частично загруженном оборудовании, установленного согласно рис. 9.3, б, нужно перед $(i + 1)$ -й операцией иметь задел в 5 шт. предметов, изготовленных на 1-й операции. Необходимость задела объясняется тем, что во втором отрезке периода $T_{об}$ расход задела (-13 шт.) превышает вновь образованный (+8 шт.) на первом отрезке на 5 шт. Соблюдение четкого регламента работы на линии, рассчитанного на наиболее эффективное и полное использование времени рабочего, имеет, кроме того, и дисциплинирующее влияние на производственный персонал линии. Его необходимость особо важна для массово-прерывных линий, где отсутствует принудительный ритм.

На практике могут иметь место и другие регламенты работы на смежных операциях, применение которых не только определяется особым соотношением штучных времен, но и вынуждается установленными регламентами соседних пар смежных операций.

Расчет максимальной величины межоперационного оборотного задела помимо использования его для расчета потребности в оборотных средствах в незавершенном производстве преследует цель проверки достаточности имеющихся площадей для складирования заготовок (узлов) между рабочими местами и возможности их размещения на транспортных устройствах.

Для определения нормы незавершенного производства для цеха или участка надо знать величину оборотного задела по каждой линии в целом ($N_{об}$) мин.

Оборотный задел по линии в целом равен сумме средних величин межоперационных оборотных заделов.

Среднее значение оборотного задела по каждой паре смежных операций $(N_{об})_{i,i+1}$, в свою очередь, должно быть определено как средневзвешенная по отрезкам $T_{об}$.

В каждом из отрезков $T_{об2}$; $T_{об2}$; $T_{об3}$ и т. д. средний оборотный задел

$$N_{об.ср} = (N_{об\ max} + N_{об\ min}) / 2,$$

а в целом для каждой пары смежных операций среднее значение задела $(N_{об})_{i,i+1}$ равно:

$$(N_{об})_{i,i+1} = (N_{об.ср}^1 + T_{об1} + N_{об.ср}^2 T_{об2} + N_{об.ср}^3 T_{об3} + \dots) / T_{об}.$$

Суммарный по линии в целом оборотный задел равен:

$$(N_{об})_{лин} = \sum_{i=1}^{k_0-1} (N_{об})_{i,i+1},$$

где k_0 – число операций; $(k_0 - 1)$ – число пар смежных операций на линии¹.

Исчисленное в штуках незавершенное производство (задел) должно быть рассчитано также в денежном или трудовом измерении. Можем записать

$$(H_{об})_{i,i+1} = (N_{об})_{i,i+1} [C_{ia} (1 + P_{н.р} / 100) + M];$$

$$(H_{об})_{лин} = \sum_{i=1}^{k_0-1} (H_{об})_{i,i+1},$$

где $(H_{об})_{i,i+1}$ – незавершенное производство по паре смежных операций в стоимостном измерении; $(H_{об})_{лин}$ – незавершенное производство по линии в целом в стоимостном измерении; C_{ia} – суммарная заработная плата за 1 шт. по всем операциям от первой до i -й включительно; $P_{н.р}$ – средний процент цеховых и общезаводских накладных расходов; M – затраты за материал 1 шт., или себестоимость одной заготовки.

На рис. 9.5 показан пример расчета оборотных заделов и регламента работы поточной линии, предназначенной для обработки корпусов кранов бурильных молотков ПР24Л-002 с суточным выпуском $N_{сут} = 165$ шт. при сменности $c = 2$. Линия массово-прерывная. Расчетный такт выпуска равен:

$$r = 480 \cdot 2 / 165 \approx 5,8 \text{ мин.}$$

¹Рекомендуемые в литературе упрощения расчетов путем суммирования по всем парам смежных операций не средних значений, а максимальных $N_{об \max}$ даже без взвешивания их по отрезкам $T_{об}$ нельзя считать правильными, так как погрешность при упрощении может быть большой.

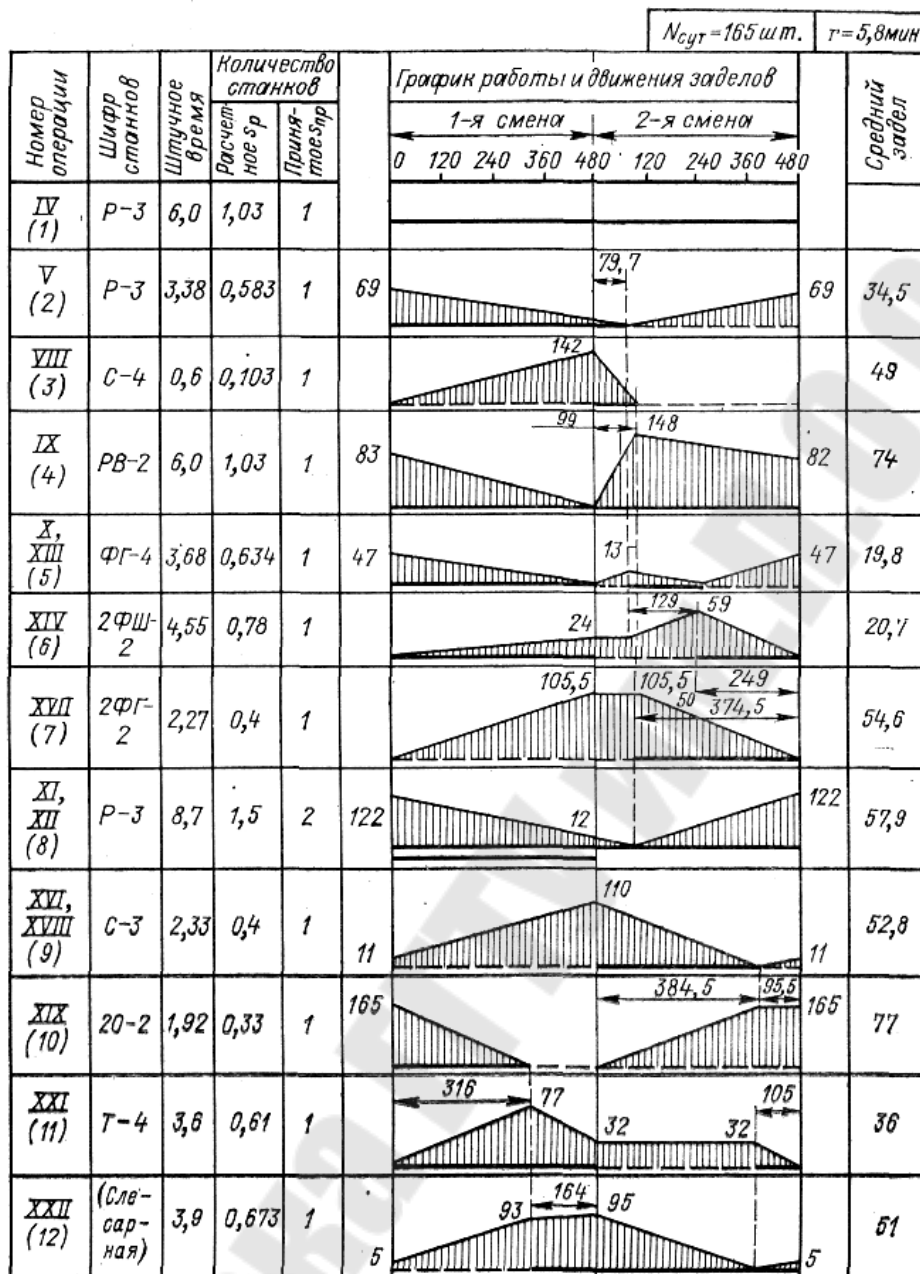


Рис. 9.5. График образования заделов на линии корпуса крана ПР24Л-002

Графики движения оборотных заделов, представленные на рис. 9.5, построены на основе вполне определенной расстановки рабочих на линии, рассчитанной на наиболее полное использование их рабочего времени. Например, чтобы загрузить рабочего, выполняющего 7-ю операцию на горизонтально-фрезерном станке (2ФГ-2), ему поручают в последовательном порядке 3-ю операцию (сверлильную). С той же целью догрузки 2, 5 и 6-ю операции во вторую смену выполняет один рабочий и т. д.

Размеры оборотных заделов рассчитаны следующим образом.

Операция 1-я, производимая на расточном станке Р-3, имеет $\gamma_{м1} \approx 1$ и выполняется поэтому непрерывно¹.

Операция 2-я (также расточная) выполняется с перерывами

$$\gamma_{м2} = 3,38/5,8 = 0,583.$$

Непрерывная работа по этой операции $T_{н2}$ продолжается (при $T_{об} = 480 - 2 = 940$ мин):

$$T_{н2} = 960 - 3,38/5,8 = 559,7 \text{ мин.}$$

На этом отрезке производительность на 1-й и 2-й операциях остается неизменной, поэтому максимум оборотного задела равен:

$$N_{об \max} = 560 \left(\frac{1}{5,8} - \frac{1}{3,38} \right) = -69 \text{ шт.}$$

Знак (-) показывает, что 69 корпусов крана следует иметь ежедневно перед началом работы у рабочего места 2-й операции. Среднее количество в оборотном заделе между этими операциями равно:

$$(N_{об})_{1,2} = N_{об \max} / 2 = -69/2 = -34,5 \text{ шт.}$$

Операция 3-я – сверлильная – выполняется также прерывно:

$$\gamma_{м3} = 0,6/5,8 = 0,103.$$

Непрерывная работа на этой операции продолжается

$$T_{н3} = 0,103 \cdot 960 = 99 \text{ мин.}$$

Оборотный задел между 2-й и 3-й операциями следует рассчитать отдельно по трем отрезкам ($T_{об1}$, $T_{об2}$, $T_{об3}$) периода оборота $T_{об}$, в течение которых производительность на обоих рабочих местах остается неизменной:

$$T_{об1} = 480 \text{ мин; } T_{об2} = 79,7 \text{ мин;}$$

$$T_{об3} = 99 - 79,7 = 19,3 \text{ мин.}$$

¹Здесь и далее считается, что если на 1-й операции $N_{об}$ (а также на 4-й операции) принят вместо 1,03 один станок, то тем самым исходят из времени на 1 шт., равного не 6,0, а 5,8 мин.

(Четвертый отрезок, в течение которого на обеих операциях работа не производилась, учитывается только в знаменателе при определении $N_{об.ср.}$)

Максимум оборотного задела в первом отрезке

$$N_{об1\max} = 480 \left(\frac{1}{3,38} - \frac{0}{0,6} \right) \approx 142 \text{ шт.}$$

Среднее количество задела на этом отрезке равно $142/2 = 71$ шт.

Во втором отрезке максимум задела равен максимуму на первом отрезке

$$N_{об2\max} = 142 \text{ шт.}$$

Этот задел на протяжении 79,7 мин снижается на

$$79,7 \left(\frac{1}{3,38} - \frac{1}{0,6} \right) = -109 \text{ шт.}$$

Следовательно, на этом отрезке минимум задела

$$N_{об2\min} = 142 - 109 = 33 \text{ шт.}$$

Среднее число задела на этом отрезке

$$(142 + 33) / 2 = 87,5 \text{ шт.}$$

В третьем отрезке $N_{об3\max}$ соответствует $N_{об2\min}$ во втором отрезке и, следовательно, равен 33 шт., а в третьем отрезке $N_{об3\min} = 0$; среднее число деталей на этом отрезке: $33 : 2 = 16,5$ шт.

Средневзвешенное количество задела между 2-й и 3-й операциями равно в сумме по всем трем отрезкам:

$$(N_{об})_{2,3} = \frac{71 \cdot 480 + 87,5 \cdot 79,7 + 16,5 \cdot 381}{960} \approx 49 \text{ шт.}$$

Операция 4-я выполняется непрерывно: $\gamma_{м4} \approx 1$.

Между 3-й и 4-й операциями задел рассчитывается по трем отрезкам периода оборота: $T_{об1} = 480$ мин; $T_{об2} = 99$ мин; $T_{об3} = 480 - 99 = 381$ мин.

В первом отрезке

$$N_{об1\max} = 480 \left(\frac{0}{0,6} - \frac{1}{5,8} \right) \approx -83 \text{ шт.}$$

Этот задел надо иметь ежедневно до начала 4-й операции. Следовательно, среднее число задела $83 : 2 \approx 41$ шт.

Во втором отрезке

$$N_{об2 \max} = 99 \left(\frac{1}{0,6} - \frac{1}{5,8} \right) \approx 148 \text{ шт.}; \quad N_{об2 \min} = 0.$$

Тогда среднее число задела $148 : 2 = 74$ шт.

В третьем отрезке $N_{об3 \max} = 148$ шт. Этот задел на протяжении 381 мин снижается на

$$381 \left(\frac{0}{0,6} - \frac{1}{5,8} \right) = -66 \text{ шт.}$$

и, следовательно, здесь $N_{об3 \min} = 148 - 66 = 82$ шт., а среднее число задела $(148 + 82) : 2 = 115$ шт.

Средневзвешенное количество задела равно:

$$(N_{об})_{3,4} = \frac{41 \cdot 480 + 74 \cdot 99 + 115 \cdot 387}{960} \approx 74 \text{ шт.}$$

Операция 5-я является прерывной, так как

$$\gamma_{м5} = 3,68 / 5,8 \approx 0,634.$$

В соответствии с регламентом работ, принятым для случая на рис. 9.3, образование и расходование оборотного задела между 4-й и 5-й операциями следует рассчитывать по четырем отрезкам периода оборота:

$$T_{об1} = 480 \text{ мин}; \quad T_{об2} = 79,7 \text{ мин}; \quad T_{об3} = 129 \text{ мин};$$

$$T_{об4} = 480 - 129 - 79,7 = 271,3 \text{ мин.}$$

В первом отрезке

$$N_{об1 \max} = 480 \left(\frac{1}{5,8} - \frac{1}{3,68} \right) \approx -47 \text{ шт.}$$

Этот задел надо иметь ежедневно до начала 5-й операции.

Среднее число задела на этом отрезке (при $N_{об1 \min} = 0$) $47 : 2 = 23,5$ шт.

Во втором отрезке

$$N_{об2 \max} = 79,7 \left(\frac{1}{5,8} - \frac{0}{3,68} \right) = \frac{79,7}{5,8} \approx 13 \text{ шт.}$$

Среднее число задела $13 : 2 = 6,5$ шт.

В третьем отрезке согласно графику имеем: $N_{об2 \max} = 13$ шт.

На этом отрезке оборотный задел снижается (при $t_5 < t_4$) на $129 (1/5,8 - 1/3,68) = -13$ шт.

Следовательно, $N_{об3 \min} = 13 - 13 = 0$, среднее количество задела $13 : 2 = 6,5$ шт.

В четвертом отрезке имеем образование задела:

$$T_{об1} / 5,8 = N_{об4 \max} = 271,3 / 5,8 \approx 47 \text{ шт.}; \quad N_{об4 \min} = 0.$$

Среднее количество $47 : 2 = 23,5$ шт.

Средневзвешенное количество задела между 4-й и 5-й операциями

$$(N_{об})_{4,5} = (23,5 \cdot 480 + 6,5 \cdot 79,7 + 6,5 \cdot 129 + 23,5 \cdot 271,3) / 960 \approx 19,8 \text{ шт.}$$

В таком же порядке выполнены расчеты межоперационного оборотного задела для остальных пар смежных операций.

Среднее число деталей в межоперационном оборотном заделе по линии в целом равно сумме средневзвешенных количеств по всем парам смежных операций:

$$(N_{об})_{\text{лин}} = \sum_{k=1}^{k_0-1} (N_{об})_{i,i+1} = 34,5 + 49 + 74 + 19,8 + 20,7 + \\ + 54,6 + 57,9 + 52,8 + 77 + 36 + 51 = 527 \text{ корпуса.}$$

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО КУРСУ «ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ»

1. Функции системы оперативного управления производством.
2. Общие требования к системе ОУОП.
3. Уровни оперативного управления производством.
4. Назначение и структура КНП.
5. Состав и особенности КНП в серийном производстве.
6. Состав и особенности КНП в единичном производстве.
7. Состав и особенности КНП в массовом производстве.
8. Системы оперативного планирования массового производства.
9. Системы оперативного планирования серийного производства.
10. Системы оперативного планирования единичного и мелкосерийного производства.
11. Роль и значение размеров партии деталей и факторы их определяющие.
12. Расчет единого оптимального ритма партии деталей.
13. Упрощенные методы расчета размеров партии деталей.
14. Методы расчета длительности производственных циклов.
15. Расчет опережений запуска партии деталей в двух смежных цехах.
16. Расчет опережений партии деталей при запуске по нескольким цехам.
17. Расчет заделов в серийном производстве.
18. Расчет заделов в единичном производстве.
19. Расчет заделов в массовом производстве.
20. Составление и учет выполнения месячных оперативных программ цехами.
21. График загрузки оборудования их заказами.
22. Общие положения межцехового согласования календарных планов.
23. Предметное и предметно-узловое согласование.
24. Комплектные формы образования.
25. Комплектно-узловая и комплектно-групповая формы межцеховых связей.
26. Согласование календарных планов в условиях неравенства размеров партий в смежных цехах.
27. Меняющиеся сроки согласования календарных планов.
28. Система «Канбан» – идеальная организация производства.

29. Системы и принципы выравнивания производства. Роль и значение системы выравнивания.
30. Составление и учет выполнения месячных заданий участками.
31. Составление и учет сменных заданий.
32. Месячные оперативные программы для цехов.
33. Цеховое оперативное планирование.
34. Построение пооперационного стандарт-плана для однопредметных поточных линий.
35. Построение пооперационного стандарт-плана для многопредметных поточных линий.
36. Особенности оперативно-календарного планирования в единичном производстве.
37. Особенности оперативно-календарного планирования в единичном производстве.
38. Особенности оперативно-календарного планирования в мелкосерийном производстве.
39. Составление и учет выполнения месячных оперативных программ цехами.
40. Цеховое оперативно-календарное планирование в единичном и мелкосерийном производстве.
41. Сущность и задачи производственного диспетчирования.
42. Организация работы аппарата общезаводской и цеховых диспетчерских служб.
43. Технические средства оснащения диспетчерских служб.
44. Оперативно-календарное планирование в литейных цехах.
45. Оперативно-календарное планирование в кузнечных цехах.
46. Оперативно-календарное планирование в термических цехах.
47. Оперативно-календарное планирование в сборочном производстве.
48. Типовые системы оперативного планирования производства.
49. Показная или комплектно-узловая система.
50. Серийная или по опережениям система ОПП.
51. Система «планирования на склад» по цикловым объектам.
52. Система планирования по комплекточным номерам.
53. Система планирования по заделам.
54. Партионно-периодическая система планирования.
55. Объемно-календарный метод плановых расчетов хода производства.
56. Объемно-динамический метод плановых расчетов хода производства.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Модерн С. Я. «Тоета»: методы эффективного управления / С. Я. Модерн ; пер. с англ. – М. : Экономика, 1989. – 288 с.
2. Организация и планирование машиностроительного производства : учебник / под ред. М. И. Ипатова. – М. : Высш. шк., 1988. – 367 с.
3. Организация производства : учебник / под ред. О. Г. Туровца. – Воронеж : ВГТУ, 1993. – 384 с.
4. Организация, планирование и управление машиностроительным производством : учеб. пособие / под ред. Б. Н. Родионова. – М. : Машиностроение, 1989. – 328 с.
5. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием : учебник. Ч. 2. Внутриводское планирование ; под ред. В. А. Летенко и Б. Н. Родионова. – М. : Высш. шк., 1989. – 328 с.
6. Соколицын С. А. Организация и оперативное управление машиностроительным производством : учебник / С. Л. Соколицын, Б. И. Кузин. – М. : Машиностроение, 1998. – 527 с.

Дополнительная

1. Ипатов М. И. Экономика, организация и планирование технической подготовки производства / М. И. Ипатов. – Высш. шк., 1987. – 319 с.
2. Краюхин Г. А. Планирование на предприятиях машиностроительной промышленности : учеб. для вузов / Г. А. Краюхин. – М. : Высш. шк., 1984. – 312 с.
3. Летенко В. А. Организация машиностроительного производства. Теория и практика / В. А. Летенко, О. Г. Туровец. – М. : Машиностроение, 1982. – 208 с.
4. Организация, планирование и управление предприятием машиностроения / И. М. Разумов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 544 с.
5. Организация, планирование и управление предприятием массового машиностроения / под ред. Б. В. Власова, Г. Б. Каца. – М. : Высш. шк., 1985. – 432 с.

Учебное электронное издание комбинированного распространения

**ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ПРЕДПРИЯТИЕМ
Пособие
по одноименному курсу
для студентов экономических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. Г. Мансурова*

Компьютерная верстка *Н. В. Широглазова*

Подписано в печать 12.04.06.
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 6,5.
Заказ № 132.

Издательский центр Учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».
ЛИ № 02330/0133207 от 30.04.2004 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.,
E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на ризографическом оборудовании
Учреждения образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

