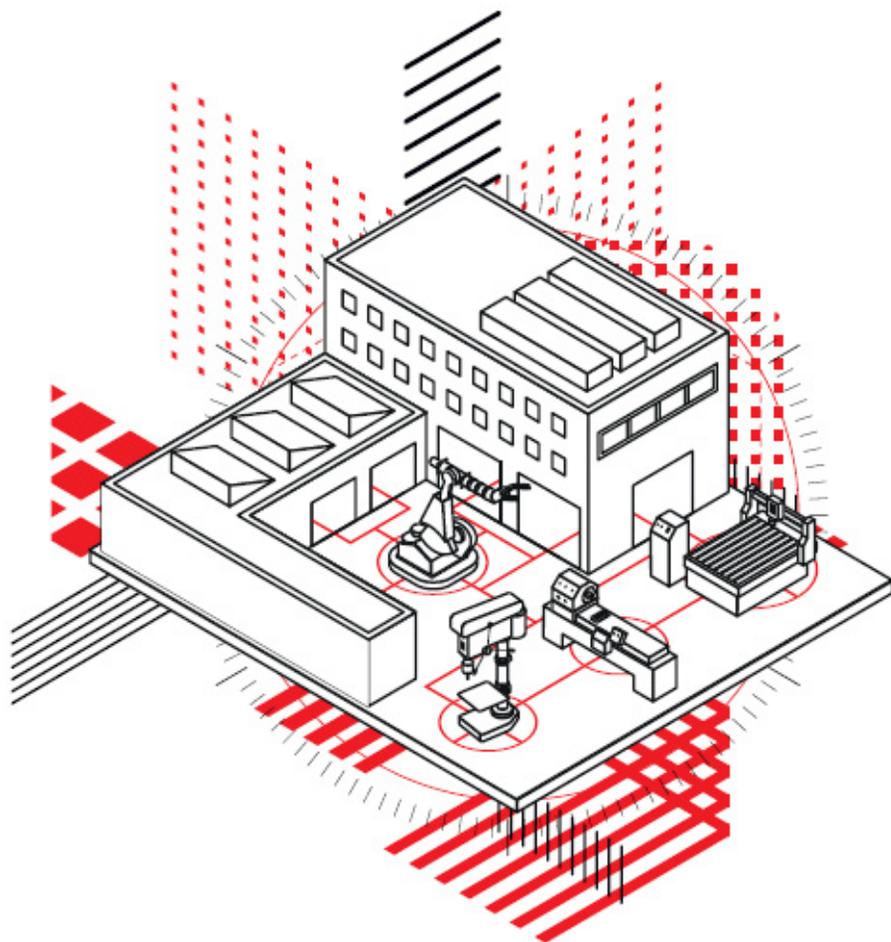


УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Планирование
и диспетчеризация

Москва
«ИС-Публишинг»



А.Э. Бобровников

1С:Академия ERP.

Управление производством: планирование и диспетчеризация

Электронная книга в формате pdf, ISBN 978-5-9677-2760-3.

Электронный аналог издания "Академия ERP. Управление производством: планирование и диспетчеризация" (ISBN 978-5-9677-2707-8, М.: ООО "1С-Паблишинг", 2018; артикул печатной книги по прайс-листу фирмы "1С": 4601546132864; по вопросам приобретения печатных изданий издательства "1С-Паблишинг" обращайтесь к партнеру "1С", обслуживающему вашу организацию, или к другим партнерам фирмы "1С").

Книга "Управление производством: планирование и диспетчеризация", серия 1С:Академия ERP" посвящена вопросам управления производственными процессами на предприятии. Применение описанных в книге методов управления показано в рамках прикладного решения "1С:ERP Управление предприятием 2".

Данная книга позволяет получить ответы на вопросы, с которыми регулярно работают производственные менеджеры: как сократить сроки изготовления изделий, организовать слаженную работу исполнителей, повысить отдачу от использования оборудования и т. д. Особое внимание в издании уделено практическим вопросам планирования и диспетчеризации производственных процессов: консолидация потребностей в продукции в рамках производственной программы, организация взаимодействия подразделений для выпуска изделий, цеховое управление.

Изложение материала иллюстрируется практическими примерами дискретного производства в машиностроении. Кроме того, описанные подходы к управлению производственной деятельностью могут быть адаптированы к применению на предприятиях других отраслей, выпускающих товарную продукцию и оказывающих различного рода услуги.

Изложенные подходы в управлении производством довольно легко применить на практике, используя прикладное решение "1С:ERP Управление предприятием 2", – каждая теоретическая глава завершается небольшим практикумом в программе.

Книга адресована сотрудникам плановых и производственных служб предприятий, специалистам по внедрению и пользователям программных продуктов "1С:Предприятие". Студенты и аспиранты, изучающие вопросы производственного планирования, могут использовать данное издание для расширения и закрепления полученных знаний в области управления производством.

Оглавление

Глава 1. Планирование в системе управления производством	9
Цель и задачи планирования производства.....	9
Общий регламент планирования	10
Основные этапы производственного планирования	12
Актуализация планов производства	14
Понятие диспетчеризации производства	16
Глава 2. Прогнозирование объемов производства	19
Источники прогнозных данных для планирования.....	20
Нормативная потребность в ресурсах	21
Оценка исполнимости планов по ключевым ресурсам	22
Оценка планов по трудовым ресурсам	24
Оценка планов по загрузке оборудования.....	24
Оценка планов по доступности материальных ресурсов	25
Особые случаи создания планов	25
Планирование «по образцу»	25
Выбор детализации планирования.....	26
Планирование стандартизованных комплектующих.....	27
Практикум главы	
«Прогнозирование объемов производства».....	29

Глава 3. Потребность к производству	43
Планирование производства на основании прогноза спроса.....	44
Планирование производства под заказы покупателей	46
Планирование производства по точке заказа.....	53
Обособленная потребность	57
Создание планов закупок под планы производства.....	59
План закупок под объемный план производства	59
План закупок под календарный план производства.....	61
Выбор варианта планирования	
по статистике продаж продукции.....	62
Практикум главы «Потребность к производству».....	65
Глава 4. Межцеховое планирование.....	75
Запуск процедуры календарного планирования	75
Рабочая среда календарного планирования	78
Объекты планирования.....	81
НСИ для календарного планирования.....	84
Использование полуфабрикатов	89
Варианты размещения выпуска.....	93
Вариант выпуска «как можно быстрее»	93
Вариант выпуска «точно к сроку».....	93
Комплексное использование вариантов размещения выпуска	94
Планирование на дискретной оси времени	96
Дискретизация оси времени	96
Выбор интервалов планирования.....	97
Стабилизирующий эффект планирования по интервалам	98
Синхронизация исполнения этапов производства	105
Нормативное время выполнения этапов	111
Виды контролируемых ресурсов	115
Оборудование.....	115
Инструмент и спецодежда	122
Материальные ресурсы	124
Трудовые ресурсы	124
Использование межцехового графика производства	125
Планирование продукции	125
Планирование полуфабрикатов.....	127
Первичный расчет графика производства	130
Цикличность расчета графика производства	131

Обеспечение плановой даты выпуска продукции.....	132
Моделирование условий планирования	132
Оптимизация длительности производственного цикла	135
Приемы оптимизации графика производства.....	140
Контроль равномерности загрузки оборудования	140
Использование альтернативных видов оборудования	141
Привлечение внешних переработчиков	141
Использование аналогов материалов	142
Создание и использование заделов	143
Практикум главы «Межцеховое планирование».....	143
Глава 5. Внутрицеховая диспетчеризация производства	151
Особенности цехового управления	151
Делегирование полномочий	151
Нормативная база для планирования.....	154
Сменный режим работы.....	157
Задачи цехового управления	161
Выбор параметров производства	161
Партии обработки.....	161
Технологические нормативы	162
Материальные ресурсы	165
Применение пооперационных расписаний	174
Подтверждение сроков исполнения.....	174
Особенности использования расписаний	175
MES-системы.....	177
Основные функции MES-систем	177
Модель планирования.....	180
Особенности применения MES-систем	186
Сменно-суточные задания	187
Управление через расписание	
ключевого вида оборудования.....	188
Маршрутная система управления	192
Ситуационный вид движения партий деталей.....	194
Управление движением партий деталей.....	196
Регистрация выполнения операций.....	199
Управление отклонениями	200
Практикум главы	
«Внутрицеховая диспетчеризация производства»	203
Глава 6. Определения использованных терминов.....	211

Уважаемые читатели!

Данная книга выходит в серии «1С:Академия ERP» и посвящена вопросам управления производственными процессами на предприятии. Перед вашим знакомством с ней я хочу рассказать, что вас ожидает под ее обложкой и почему состоялась эта публикация.

Рассмотрение системы управления предприятием как единого механизма для достижения поставленных бизнесом целей планируется в отдельной книге «1С:Академия ERP. Управленческий учет, мониторинг и анализ показателей деятельности предприятия». В ней будет сформировано общее представление о современных тенденциях в области управления любым, а не только производственным предприятием. По сравнению с указанным изданием данная книга носит более узкий и адресный характер. В ней нет общих описаний методик управления, которые нашли свое отражение в книгах серии или могут быть легко получены из других источников. Все внимание уделяется практическим вопросам планирования и диспетчеризации производственных процессов: консолидация потребностей в продукции в рамках производственной программы, организация взаимодействия подразделений для выпуска изделий, цеховое управление.

Управление современным производством трудно представить без использования различных информационных систем. Эффективность их применения зависит от квалификации и профессиональных навыков сотрудников производственных служб. При этом уровень подготовки конкретного специалиста определяется не только однажды полученными знаниями, но и его готовностью к их постоянному обновлению.

Поэтому одним читателям данная книга поможет разобраться в общих вопросах управления производством, другим даст возможность взглянуть на привычные вещи с иных позиций.

В книге сделан упор на действительно важные, ключевые вопросы организации эффективного исполнения производственных процессов. Я осознанно упростил описание некоторых вопросов и стараюсь избегать математических выкладок, излишне детальных для понимания сути рассматриваемых задач. Тем не менее для успешного изучения материала желательны начальное знакомство с предметной областью и знания в рамках институтского курса по организации и управлению производством. Восстановить в памяти значение отдельных терминов, используемых в книге, поможет заключительная глава, в которой даются определения наиболее важных понятий.

Изложенные подходы в управлении производством довольно легко применить на практике, используя прикладное решение «1С:ERP Управление предприятием 2», – каждая глава завершается небольшим практикумом. Для читателей, которые уже знакомы с данным программным продуктом, приведенные примеры могут служить прямой рекомендацией к использованию. Для читателей, незнакомых с решением, эти примеры, возможно, станут его визитной карточкой и пробудят желание познакомиться с ним более подробно.

Выбор программного продукта для демонстрации методик управления производством не случаен. Как один из участников команды разработки я горжусь появлением данного решения на российском рынке. И мне очень хочется, чтобы его применение позволило сделать производство действительно эффективным. Я благодарен друзьям и коллегам, создавшим и развивающим данное решение. Особую благодарность за помощь и поддержку при написании книги выражаю Алексею Моничеву, Алексею Кислову, Александру Голдуну, Дмитрию Дмитриеву, Артему Поливанову, Сергею Иванову.

Отзывы и предложения по улучшению этой книги и всей серии можно присылать на электронную почту publishing@1c.ru с пометкой «1С:Академия ERP».

Автор

Глава 1. Планирование в системе управления производством

Цель и задачи планирования производства

Планирование является одним из инструментов принятия управленческих решений: постановка целей и задач, распределение ресурсов, задание стандартов деятельности в определенном периоде времени. Для предприятия в целом это способ достижения желаемого положения на рынке, которое определяют показатели объема продаж, прибыли, занимаемой доли рынка. Для структурных подразделений и отдельных сотрудников планирование обеспечивает согласованность действий при решении поставленных им задач. В создании и исполнении планов отражается вся деятельность предприятия: от выбора направлений развития при бизнес-планировании до воплощения принятых решений. Так, на основе бизнес-планов обеспечивается координация маркетинговых, производственных и финансовых планов, принимаемых на среднесрочную перспективу, со сроком исполнения от одного года до трех лет. Дальнейшая их детализация в ходе оперативного планирования позволяет определить конкретные сроки исполнения отдельных операций.

Целью непосредственно производственного планирования является обеспечение выпуска продукции в соответствии с планами на ее реализацию.

В исполнительском понимании процесс планирования заключается в составлении специальных документов – планов. В данной книге рассматриваются вопросы создания и использования объемно-календарных и оперативных календарных планов производства. Основные принципы планирования и диспетчеризации производства показываются на примере материального выпуска продукции в рамках машиностроительного производства и металлообработки. Тем не менее описанные подходы к управлению производственной деятельностью могут быть адаптированы для применения на предприятиях других отраслей (например, пищевой промышленности), а также оказывающих различного рода услуги и выполняющих какие-либо работы. Будут рассмотрены задачи, решаемые в ходе планирования для обеспечения эффективного процесса производства:

- управление составом и объемом выпуска продукции;
- выбор параметров производства (приоритет выпуска продукции, объемы партий запуска деталей в производство, график производства и т. д.);
- оценка исполнимости планов производства по доступности основных ресурсов (материальные ресурсы, оборудование, квалифицированный персонал).

Общий регламент планирования

Планирование направлено на достижение объемных (количество и состав продукции) и временных (срок изготовления) показателей производственной программы предприятия. Функции планирования производства могут быть распределены по нескольким уровням управления: на них последовательно детализируется информация о действиях, которые необходимо предпринять для выпуска продукции в установленные сроки.

На рисунке 1.1 показан пример последовательного уточнения планов по уровням принятия управленческих решений. Производственная программа, отражающая желаемый выпуск продукции в целом по предприятию, детализируется через количественные планы выпуска изделий для подразделений. В рамках подразделений для обеспечения выпуска изделий формируются индивидуальные планы исполни-

телям. На каждом уровне управления планирование ведется с разной точностью по времени исполнения (правая часть схемы на рис. 1.1): от сроков выпуска продукции к заданию календарного времени выполнения отдельных технологических операций.

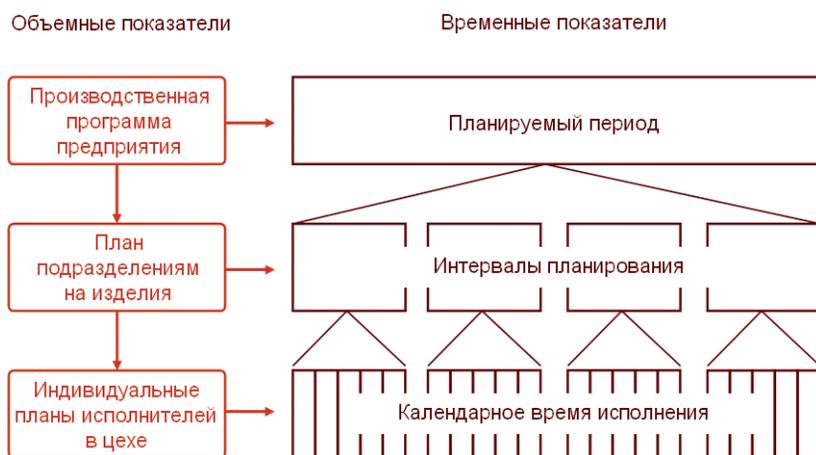


Рис. 1.1. Детализация управления в ходе планирования производства

Производственная программа предприятия. В рамках объемно-календарного планирования составляется производственная программа предприятия (верхний блок на рис. 1.1). Она отражает желаемый в рассматриваемом периоде времени ассортимент и объем выпуска изделий (как правило, в натуральных единицах и в стоимостном выражении). Планируемый период для производственной программы определяется с учетом средней длительности производственных циклов выпуска продукции. Производственная программа может являться основой для составления календарного межцехового графика производства.

Планы подразделений на выпуск изделий. В рамках межцехового графика производства для каждого подразделения определяются индивидуальные планы на выпуск изделий и выполнение работ. Зачастую график производства производства формируется сотрудниками производственно-диспетчерского отдела предприятия (сокращенно ПДО). В рамках планируемого периода планы подразделениям могут составляться на более короткие интервалы: от одного дня до одного месяца (средний блок на рис. 1.1). Такая детализация позволяет более четко

оценить сроки потребностей подразделений в ресурсах, необходимых для выпуска продукции.

Индивидуальные планы исполнителей в цехе. В границах интервалов, на которые разбивается период планирования, подразделения самостоятельно принимают решения об организации работ, формируют индивидуальные планы для рабочих с точностью до времени исполнения операций (нижний блок на рис. 1.1). Решение вопросов «на местах» позволяет наиболее полно учесть технологические особенности производства в каждом цехе, использовать индивидуальные варианты оптимизации выполнения производственных процессов.

Оценка качества планирования. Качество производственного планирования определяется следующими критериями:

- **соблюдение требуемых сроков отгрузки продукции** – должны быть выполнены обязательства предприятия по срокам и объему отгрузки продукции заказчиком;
- **рациональное использование имеющихся у предприятия производственных мощностей** – необходимо обеспечить наименее затратное производство востребованной продукции;
- **оптимизация затрат на обеспечение выполнения производственных процессов** – необходимо снизить затраты непроизводственного характера.

Основные этапы производственного планирования

С учетом особенностей исполнения можно выделить три уровня принятия решений при планировании производства:

- консолидация потребностей в продукции;
- организация взаимодействия исполнителей производственных процессов;
- управление исполнением технологических процессов.

Консолидация потребностей в продукции. В рамках объемно-календарного планирования формируется прогнозный объем производства на рассматриваемый временной период, выполняется оценка исполнимости планов по ключевым ресурсам. Варианты создания объемно-календарных планов рассматриваются в главе 2 «Прогнозирование объемов производства».

Прогнозный объем выпуска продукции уточняется адресными запросами на изделия, которые были оформлены непосредственно заказами клиентов. Различные способы формирования потребностей в продукции, учитываемые при разработке производственной программы, рассматриваются в главе 3 «Потребность к производству».

Организация взаимодействия исполнителей производственных процессов. На основании производственной программы составляется межцеховой график производства, формирующий согласованные по ресурсам задания цехам на выпуск изделий. Организация согласованной работы подразделений посредством графика производства рассматривается в главе 4 «Межцеховое планирование».

Управление исполнением технологических процессов. На цеховом уровне разрабатываются:

- пооперационные планы исполнения технологических процессов;
- расписания работы рабочих центров;
- сменно-суточные задания работникам.

Организация работ на уровне цеха рассматривается в главе 5 «Внутрицеховая диспетчеризация производства».

Актуализация планов производства

Оценка исполнимости производственных планов справедлива только при сохранении условий, в рамках которых планы были составлены (доступность ресурсов, графики работы подразделений, отсутствие отклонений по времени выполнения операций и т.д.). Влияние внешних и внутренних факторов на ход выполнения производственных процессов часто приводит к необходимости пересмотра объемных и временных показателей выпуска. В связи с этим наряду с первичным составлением планов большое внимание в производственном планировании уделяется вопросам актуализации планов (перепланирование).

Изменения в производственной программе. В рамках производственной программы зачастую рассматриваются вопросы изменения сроков и объемов выпуска конкретных видов продукции, вызванные внешними факторами (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Необходимость пересмотра планов в ходе начавшегося производства в силу внешних факторов

Изменения спроса порой требуют оперативной реакции предприятия. Как правило, предприятие не может повлиять на внешние факторы, ему необходимо под них подстроиться с минимальными потерями.

Принятые в связи с этим решения о пересмотре структуры и объема выпуска продукции могут доводиться до подразделений через корректировку производственной программы. Например, исключение одной

продукции компенсируется выпуском новых номенклатурных позиций. Последовательно актуализируются оперативные планы подразделений на изготовление изделий. Управляющее воздействие инициируется на верхних уровнях и спускается до исполнителей. В зависимости от критериев оценки последствий и длительности технологических циклов задается регламент внесения изменений в производственную программу (например, раз в месяц) или корректировка носит ситуационный характер (изменения вносятся только при возникновении острой необходимости в них).

При коррекции производственной программы следует учитывать возможное изменение достижимых значений финансовых показателей предприятия. Рентабельность новой структуры выпуска требует оценки специалистов финансово-экономических служб.

Корректировка планов подразделений. Отказы оборудования, отсутствие необходимой оснастки и многие и другие причины вызывают увеличение длительности исполнения отдельных производственных заданий. В ряде случаев отклонения становятся настолько большими, что нарушают порядок производства, установленный календарными планами производства (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Необходимость пересмотра планов в ходе начавшегося производства в силу внутренних факторов

К сожалению, урегулировать ситуацию на уровне подразделения удастся не всегда. В случаях, когда возникшая проблема может оказать существенное влияние на работу других цехов, она эскалируется (переносится

для поиска решения) из подразделения на межцеховой уровень. Оперативная обратная связь от исполнителей в производстве к сотрудникам, отвечающим за планирование, позволяет выявить потенциальные сложности на ранних стадиях и максимально сгладить их последствия путем перераспределения ресурсов и управления порядком производства отдельных видов продукции.

В особо сложных случаях административного ресурса бывает недостаточно, чтобы найти решение. Тогда под угрозой оказывается выполнение производственной программы предприятия. Например, отклонения в технологии обработки стали причиной массовой «забраковки» деталей. Приобрести новую партию материала не всегда удается быстро. Отсутствие материала для изготовления деталей, возмещающих брак, сдвигает сроки выпуска отдельных видов продукции – выполнить производственную программу в полном объеме в установленные сроки уже не получится. Таким образом, проблема, возникшая при исполнении операций в цехе, поднялась до верхнего уровня управления производством, на котором и принимается окончательное решение о порядке дальнейшего производства. Все принятые изменения последовательно доводятся до исполнителей: актуализируется межцеховой график производства, разрабатывается новое расписание выполнения технологических операций.

Корректировка межцехового графика производства и оперативных планов в подразделениях является реакцией производственных служб предприятия на изменившиеся условия выпуска продукции.

Понятие диспетчеризации производства

Неизбежная в ряде случаев эскалация подразделениями проблем исполнения планов на верхний уровень планирования определяет необходимость централизованного контроля и координации управления производственными процессами. Диспетчеризация производства обеспечивает сквозной мониторинг его исполнения и включает в себя все формы управляющих воздействий на производственные процессы.

Автоматизация диспетчеризации существенно увеличивает отдачу от специалистов, занятых в управлении производством. Использование информационной системы позволяет перенести акцент с рутинных операций сбора информации о ходе выполнения

производства на предупреждение нежелательных задержек в сроках выпуска продукции. При этом обеспечивается автоматическая доступность данных с нижестоящих уровней диспетчеризации для всех вышестоящих уровней управления. Одним из вариантов построения такой информационной системы является использование современного отечественного решения «1С:ERP Управление предприятием 2». Для более наглядного представления планирования производства в плоскости практического использования ряд примеров по ходу изложения материала будет рассмотрен в рамках данного программного продукта.

Глава 2. Прогнозирование объемов производства

При составлении укрупненных планов производства объем выпуска продукции может задаваться в стоимостной оценке и количественных показателях. Использование стоимостной оценки позволяет легко отразить планы на выпуск разнородной продукции без лишней для такого вида планирования детализации по номенклатурным позициям.

Объемные планы производства могут создаваться в рамках бюджетного процесса и использоваться в составе балансовой системы бюджетов. В их разработке основная роль отводится сотрудникам финансовой службы и экономистам предприятия. Для серийной продукции есть возможность составить объемные планы продаж и производства не только в стоимостных, но и натуральных показателях.

Детализация до номенклатуры изделий позволяет общий объем производства на период рассматривать через управление изготовлением отдельных партий продукции, для которых можно задать более четкие сроки выпуска. Работа с планами в натуральных показателях позволяет осуществить переход от укрупненного объемного планирования к объемно-календарному планированию.

Источники прогнозных данных для планирования

Объемно-календарный план производства объединяет заявки всех источников, регистрирующих спрос на продукцию:

- план продаж на рассматриваемый период планирования;
- запросы на создание страховых запасов;
- покрытие внутренних потребностей предприятия и т. д.

При его составлении также широко используются различные статистические данные: данные продаж и производства за прошлые периоды, сезонные показатели изменения объемов продаж и производства. Статистика потребления часто является хорошим индикатором будущего спроса на продукцию.

Общая схема формирования объемно-календарного плана производства показана на рисунке 2.1.

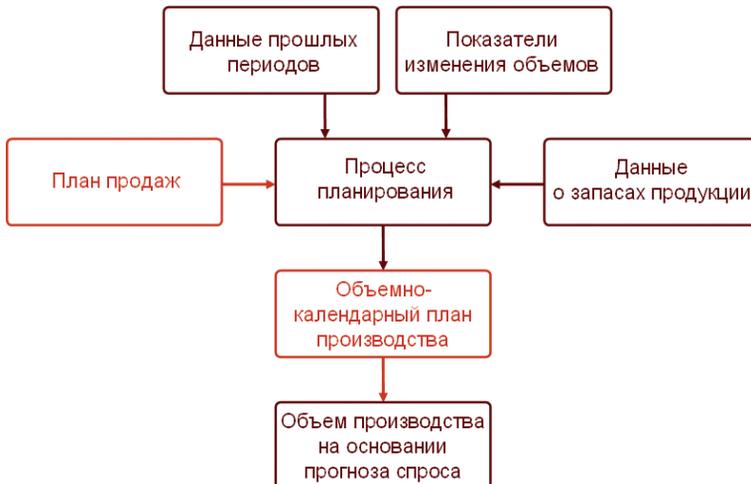


Рис. 2.1. Формирование объемно-календарного плана производства

Каждое предприятие может выбрать любую модель составления планов, наиболее полно, по его мнению, соответствующую особенностям ведения бизнеса. Например, в объемно-календарном плане производства могут быть выделены отдельные разделы по видам выпускаемых изделий: основная продукция, запасные части и т. д. Если такие разделы оформляются отдельными документами планов, то объемно-календарный план можно рассматривать как группу планов. При создании каждого документа плана можно использовать свой источник данных, например:

- **для основной продукции** – план производства составляется по данным плана продаж для текущего периода планирования с учетом имеющихся запасов продукции на начало периода планирования;
- **для запасных частей** – план рассчитывается с повышающим/понижающим коэффициентом к объему продаж прошлых периодов.

Все документы планов, вне зависимости от задействованных при их создании источников, согласуются по периодам планирования. Например, для рассматриваемого периода план может быть получен консолидацией значений из планов, предварительно сформированных для более узких временных периодов, или создан путем декомпозиции плана, рассчитанного для более широкого временного интервала.

Нормативная потребность в ресурсах

Предварительная оценка исполнимости разрабатываемых объемно-календарных планов дается через сопоставление нормативной потребности в ресурсах, необходимых для выпуска продукции, с их фактической доступностью в планируемом периоде (рис. 2.2).

Нормативная потребность в ресурсах определяется на основе данных о структуре изделий и технологии их изготовления, указанных в ресурсных спецификациях на продукцию. Источником такой информации могут быть данные из системы управления инженерными данными (PDM, англ. Product Data Management), а при ее отсутствии – непосредственно конструкторско-технологическая документация на изготавливаемые изделия. Графики работы подразделений и планы закупок, сформированные для рассматриваемого временного периода,

дают представление о потенциальной доступности производственных и материальных ресурсов, которые подразделения могут задействовать при выпуске продукции.



Рис. 2.2. Общая схема оценки исполнимости объемно-календарных планов производства

Для решения задач объемно-календарного планирования часто применяются экспертные и статистические оценки длительности производственных циклов изготовления продукции и полуфабрикатов, отражающие обобщенное время исполнения технологических операций. На их основе рассчитываются сроки запуска в производство партий деталей и полуфабрикатов.

Оценка исполнимости планов по ключевым ресурсам

Для оценки исполнимости производственной программы можно выделить несколько видов используемых ресурсов, наиболее критичных с точки зрения обеспечения доступности. Их нехватка в рамках всей производственной программы сделает планы неисполнимыми. Виды ресурсов, существенным образом ограничивающие объемы производства, получили наименование ключевых ресурсов, а метод анализа производственной программы с их использованием – **оценка исполнимости планов по ключевым ресурсам**.

Состав ключевых ресурсов определяется особенностями производства и может быть уникальным для конкретного предприятия. Например, для энергоемких производств одним из ключевых ресурсов, требующих оценки, будет доступность поступающих на предприятие объемов газа, электроэнергии и т. п. В виде ключевых ресурсов могут использоваться не только нормируемые ресурсы, указанные в спецификации на выпуск продукции, но и произвольно задаваемые показатели. Например, объем или площадь помещений, в которых идет исполнение производственных процессов или складирования полуфабрикатов.

В рамках данной книги мы приводим пример оценки планов по ключевым ресурсам, как и самого планирования, в рамках использования «1С:ERP Управление предприятием 2». Точность результата оценки определяется детализацией имеющихся на этапе планирования данных о структуре изделия и технологии его изготовления. Чем больше данных, тем потенциально более точная оценка может быть получена.

В случае установления нехватки ключевых ресурсов возможны два варианта действий:

- корректировка плана:
 - изменение технологии изготовления (замена ресурсных спецификаций, используемых при планировании);
 - перенос сроков запуска;
 - уменьшение объема выпуска;
- привлечение дополнительных ресурсов:
 - повышение сменности работы оборудования;
 - прием на работу новых рабочих или перераспределение существующих по рабочим местам;
 - использование аналогов материалов.

Рассмотрим несколько наиболее универсальных ключевых показателей, применяемых в рамках балансового метода создания планов в различных отраслях производства.

Оценка планов по трудовым ресурсам

При объемно-календарном планировании оценка пропускной способности производственных подразделений по трудовым ресурсам может выполняться по видам работ. Через виды работ легко описать трудовую деятельность в ходе исполнения операций производственных процессов. Виды работ отражают унификацию обеспечивающих и технологических процессов выпуска продукции по квалификационным требованиям к исполнителям и порядку выполнения. Например, **Токарные работы 6-го разряда**. Указанный вид работ охватывает широкий круг токарных операций. На данном уровне составления производственных планов информация о содержании технологических операций не используется, поэтому вполне оправданно применение консолидированного представления о трудовых ресурсах, необходимых для производства.

Для видов работ наиболее часто используются временные единицы измерения: человеко-часы, человеко-дни и т.п. Это удобно для сравнения потребностей планов в трудовых ресурсах с количеством рабочих по штатному расписанию. Также для видов работ могут применяться количественные единицы измерения: штуки, погонные метры и т.д. Это удобно при сравнении планов с производственной мощностью предприятия, выраженной в сопоставимых единицах измерения.

Управляя сроками обработки отдельных производственных партий, можно спланировать равномерную загрузку имеющихся трудовых ресурсов, исключить неоправданное увеличение числа рабочих.

Оценка планов по загрузке оборудования

Наличие данных о технологическом процессе изготовления изделий позволяет оценить объем загрузки отдельных видов рабочих центров. Использование оборудования рассматривается по интервалам, на которые разбивается календарный период планирования. Анализ загрузки оборудования позволяет на стадии объемно-календарного планирования выявить потенциальные «узкие места», способные ограничить пропускную способность производства. Для их устранения, возможно, потребуется пересмотреть объем и время выпуска отдельных партий продукции или увеличить сменность работы оборудования.

Оценка планов по доступности материальных ресурсов

Используя данные о структуре изделия, для сформированных планов производства можно оценить потребность в материалах и комплектующих. Все узлы, полуфабрикаты, производимые непосредственно в рамках производственного процесса выпуска продукции (без использования заделов), «разузловываются» до своих исходных деталей, элементов, материалов. Это позволяет получить полный перечень комплектующих, деталей и материалов, необходимых для выпуска продукции.

Рассчитанная на основании планов общая потребность в комплектующих анализируется на предмет источников обеспечения. Отсутствующие на складах материалы или узлы (детали) подлежат приобретению или производству. План производства можно признать потенциально исполнимым, если для каждой позиции материалов определен источник обеспечения:

- свободные остатки на складе;
- заказ материалов у поставщиков со сроками поставки, которые не нарушают сроки изготовления изделий;
- производство комплектующих собственными силами.

Выбор источников обеспечения позволяет согласовать планы производства и закупок: приобретается только то, что нужно для производства, и в нужные производству сроки.

Особые случаи создания планов

Планирование «по образцу»

В планы производства может быть включена как серийно выпускаемая продукция, так и изделия, которые предприятие собирается изготовить впервые. Не исключены ситуации, когда часть конструкторской и технологической документации будет уточняться и дорабатываться после составления планов производства. В этом случае на момент составления объемно-календарных планов представление о составе необходимых для изготовления продукции комплектующих (выпуск которых также необходимо запланировать) будет неполным.

Отсутствие полноценных данных о структуре продукции не является ограничением для создания объемно-календарных планов.

Для планирования выпуска новых видов продукции может быть применен способ планирования «по образцу». Для продукции выбирается изделие, имеющее близкий технологический процесс изготовления. При планировании длительность выполнения отдельных стадий производства и потребность в ключевых ресурсах оцениваются по данным выбранного изделия-образца. Результат планирования по умолчанию может иметь низкую степень детализации, но, как правило, такой точности вполне достаточно для запуска продукции в производство. Указанный подход позволяет преодолеть существующий на момент составления объемно-календарных планов временный недостаток нормативных данных для выпуска продукции. В уточненном виде данные о структуре продукции будут использоваться уже на последующих этапах планирования производственных процессов.

Выбор детализации планирования

Расчет объемно-календарных планов может выполняться без раскрытия полной структуры планируемых изделий. Например, с учетом оценочного характера объемно-календарного планирования в план могут включаться только наиболее трудоемкие (имеющие длительный цикл изготовления) узлы и сборки (полуфабрикаты) из состава продукции. Такой подход:

- акцентирует внимание на наиболее значимых объектах контроля;
- обеспечивает приемлемый уровень оценки исполнимости планов.

Для объектов материального выпуска (конечные изделия, сборки, узлы, детали) определяются зоны контроля (рис. 2.3).

В нашем примере директор по производству держит на личном контроле сроки изготовления не только продукции, но и полуфабрикатов **Сборка А** и **Сборка Б**, имеющих длительный цикл изготовления.

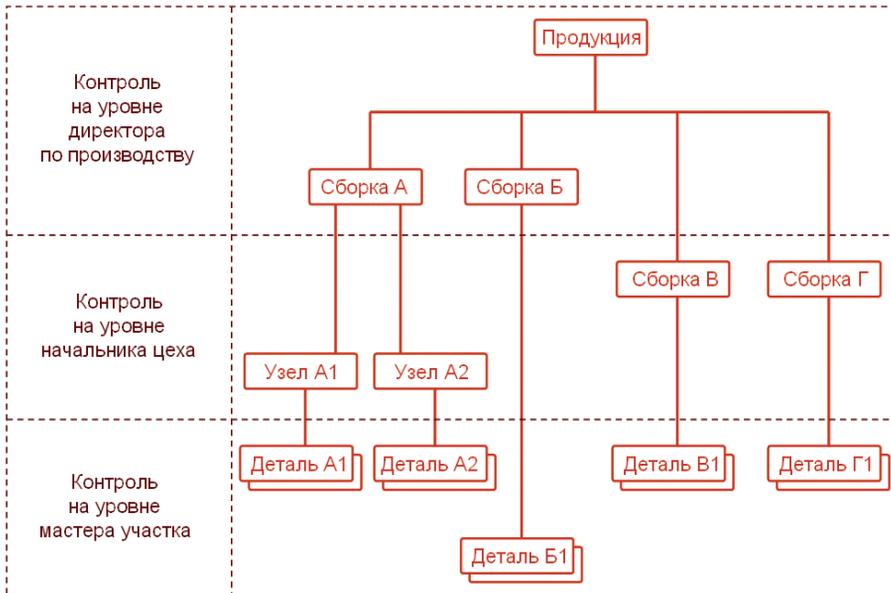


Рис. 2.3. Пример зонирования объектов мониторинга в структуре выпускаемого изделия (мелкосерийное, единичное производство)

Задержка в сроках их производства с высокой степенью вероятности приведет к нарушению сроков отгрузки продукции. Начальник цеха осуществляет мониторинг по всем оставшимся узлам и сборкам. На мастерах производственных участков лежит ответственность за своевременное изготовление деталей. Составление объемно-календарных планов возможно с точностью до изделий, находящихся на первом и втором верхних уровнях. Более детальное планирование (до деталей) будет выполняться позднее, при формировании календарных планов, таких как межцеховой график производства.

Планирование стандартизованных комплектующих

При планировании необходимо учесть изготовление всех компонентов, необходимых для выпуска продукции. В состав сложных изделий наряду с уникальными деталями могут входить десятки и сотни стандартизованных комплектующих. В общем случае объемно-календарный план можно представить как группу дополняющих друг друга планов, представленных на рисунке 2.4.

Используется несколько вариантов для включения стандартизованных деталей в объемно-календарный план производства. В одном случае сначала оформляется план на выпуск продукции и ее уникальных комплектующих (верхняя зона на рис. 2.4). В представленном примере к сборке полуфабриката **Сборка 1Б** можно приступить только по готовности уникальных для изделия деталей **Деталь Б1** и стандартизованной детали **Деталь С1**. Наибольший интерес представляет определение сроков изготовления стандартизованной детали **Деталь С1**. Она входит в состав двух видов продукции **Продукция 1** и **Продукция 2** (полуфабрикаты **Сборка 1Б** и **Сборка 2В** соответственно). В результате расчета сроков производства готовой продукции определяются календарные сроки потребности в детали **Деталь С1**. Эти данные используются для проведения второй итерации в формировании объемно-календарного плана – дополнение плана расчетом сроков выпуска стандартизованных деталей (нижняя зона на рис. 2.4).

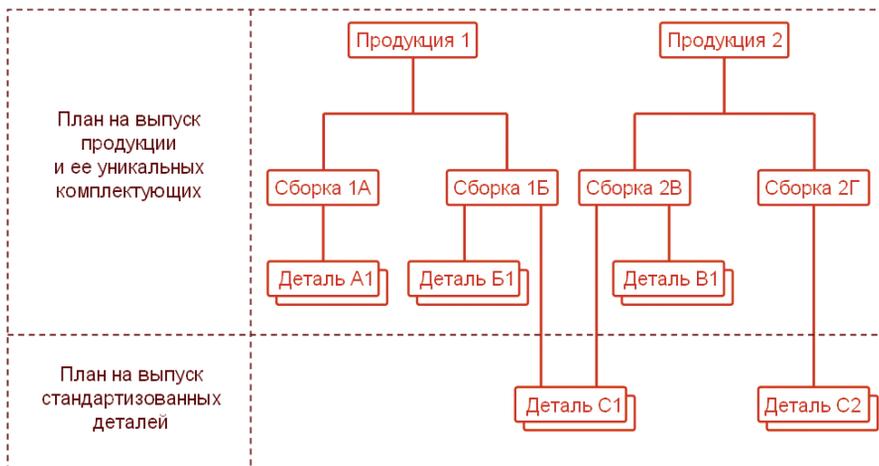


Рис. 2.4. Пример создания дополняющих планов при объемно-календарном планировании

Другой вариант планирования предполагает создание планов на производство стандартизованных деталей без привязки к планам на выпуск продукции, например по данным статистики потребностей за прошлые периоды. В результате исполнения таких планов создается задел деталей для будущего использования. Использование деталей со склада существенно сокращает длительность производственного цикла выпуска продукции.

Также опережающим изготовлением стандартизованных деталей можно дополнить планы выпуска планируемого периода в случае наличия свободных производственных мощностей. Следует учитывать, что решающее слово при принятии такого решения должно принадлежать не производственным службам, а экономической службе предприятия, которая обязана дать свое заключение о целесообразности создания заделов таких деталей. Большие заделы ограничивают для предприятия возможность финансового маневра в использовании оборотного капитала, снижают оборачиваемость запасов, при этом снижают риски не обеспечения заказа клиента в минимальные или требуемые сроки.

Практикум главы «Прогнозирование объемов производства»

Предположим, что вы являетесь сотрудником ПДО организации «Промресурс», и перед вами стоит задача сформировать объемно-календарный план производства на март 2018 года.

Для рассмотрения примера выберем продукцию товарной категории **Верстаки слесарные**:

- **Верстак ТМ500;**
- **Стол инструментальный СИ800;**
- **Стол инструментальный СИ1000;**
- **Стол инструментальный СИ1200.**

Состав выпуска в конкретный месяц определяется планом продаж, который создается в два этапа: сначала предварительный, а затем уточненный. На предприятии используется информационная система «1С:ERP Управление предприятием 2».

Оформление объемно-календарного плана производства выполняется в несколько шагов.

Шаг 1. Использование данных предварительного плана продаж. Процессы управления основаны на взаимодействии и обмене информацией

между сотрудниками разных служб предприятия. Необходимая для составления объемно-календарных планов производства информация поступает к сотруднику ПДО по следующим каналам (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Схема взаимодействия ПДО при составлении объемно-календарных планов производства

Предварительный план продаж с детализацией по видам продукции (по изделиям) поступает в ПДО из коммерческой службы предприятия (отдел продаж, отдел маркетинга).

Допустим, что план продаж на март 2018 года предполагает следующий объем реализации продукции товарной категории **Верстаки слесарные** (таблица 2.1).

Таблица 2.1. План продаж на март 2018 года

Продукция	Ед. изм.	13.03– 19.03	20.03– 26.03	27.03– 31.03	Всего за март
Верстак ТМ500	шт.	-	50	150	200
Стол инструментальный СИ800	шт.	-	100	150	250
Стол инструментальный СИ1000	шт.	200	50	100	350
Стол инструментальный СИ1200	шт.	150	100	-	250

Для предприятия необходимо минимизировать время нахождения продукции на складе, а значит, нужно спланировать выпуск требуемого количества изделий как можно ближе к плановой дате отгрузки (в нашем примере – к началу недели). Это позволяет рассматривать месячный период планирования с разбивкой до недельных интервалов и организовать производство продукции отдельными партиями под потребности каждой недели, выделенной в плане продаж.

Рассматриваемая в примере продукция производилась предприятием ранее. В силу отклонений при выполнении плана февраля 2018 года на складе на 01.03.2018 есть свободные остатки продукции:

- **Верстак ТМ500** – 50 единиц;
- **Стол инструментальный СИ1000** – 50 единиц.

Указанные данные сотрудники ПДО получают непосредственно из информационной системы.

Остатки продукции на складе могут быть задействованы для частичного обеспечения мартовского плана продаж. Использование остатков снижает количество продукции, которое требуется изготовить.

Плановая длительность изготовления партии из 150 единиц продукции не превышает одной рабочей недели. Исходя из этого, объемно-календарный план производства в обеспечение потребностей предварительного плана продаж будет иметь следующий вид (таблица 2.2).

Данные таблицы 2.2 показывают период изготовления отдельных партий продукции с точностью до календарной недели. Они получены путем недельного сдвига (определяется среднестатистической длительностью изготовления продукции) влево по временной оси от сроков плана продаж.

Таблица 2.2. Базовый объемно-календарный план производства на март 2018 года на основании предварительного плана продаж

Продукция	Ед. изм.	06.03– 12.03	13.03– 19.03	20.03– 26.03	Всего за март
Верстак ТМ500	шт.	-	-	150	150
Стол инструментальный СИ800	шт.	-	100	150	250
Стол инструментальный СИ1000	шт.	150	50	100	300
Стол инструментальный СИ1200	шт.	150	100	-	250

Объем производства меньше объема продаж на величину остатков на складе:

- для изделия **Верстак ТМ500** предполагается выпуск только одной партии, так как отгрузка в период 20.03–26.03.2018 может быть полностью обеспечена за счет остатков на 01.03.2018;
- для изделия **Стол инструментальный СИ1000** выпуск в период 06.03–12.03.2018 составит только 150 из 200 единиц, а 50 штук будут отгружены из остатков склада.

Представленные в таблице 2.2 данные отражают календарные периоды выпуска только для готовой продукции, подлежащей отгрузке покупателям.

Если согласно данным о структуре изделий, представленным в конструкторской документации (см. рис. 2.5), при выпуске продукции используются изготавливаемые предприятием стандартизованные детали, то необходимо определить сроки производства и для них.

Рассмотрим эту ситуацию на примере использования в продукции стандартизованных деталей **У.000.001 Опора**, **У.000.002 Пятка**. Детали входят в каждый вид продукции в количестве 4 штук и должны быть выпущены с опережением, обеспечивающим их использование при производстве продукции. Например, в период 06.03–12.03.2018

для производства 300 единиц продукции требуется в интервале 01.03–05.03.2018 выпустить деталь **У.000.001 Опора** в количестве $300 \times 4 = 1200$ штук.

С учетом этого объемно-календарный план производства будет сформирован следующим образом (таблица 2.3).

Таблица 2.3. Расширенный объемно-календарный план производства на март 2018 года на основании предварительного плана продаж

Продукция	Ед. изм.	01.03–05.03	06.03–12.03	13.03–19.03	20.03–26.03	Всего за март
Верстак ТМ500	шт.	-	-	-	150	150
Стол инструментальный СИ800	шт.	-	-	100	150	250
Стол инструментальный СИ1000	шт.	-	150	50	100	300
Стол инструментальный СИ1200	шт.	-	150	100	-	250
У.000.001 Опора	шт.	1200	1000	1600	-	3800
У.000.002 Пятка	шт.	1200	1000	1600	-	3800

Представленное в таблице 2.3 распределение выпусков изделий по недельным периодам в рамках месяца планирования отражает один из допустимых вариантов, построенный с учетом требований минимизации «пролеживания» деталей в незавершенном производстве, а продукции – на складе (соответствует принципу производства «точно в срок»). Например, другой вариант может предполагать производство каждой стандартизированной детали в месяц одной партией выпуска, чтобы минимизировать переналадку оборудования. Возможных вариантов много, но некоторые из них могут оказаться неисполнимыми из-за ограничений доступности оборудования, другие будут признаны неоптимальными из-за сильной неравномерности загрузки оборудования и трудовых ресурсов в течение месяца.

Предприятие самостоятельно определяет критерии оценки качества составленных планов, наиболее часто используется анализ исполнимости разработанных планов по ключевым ресурсам. Перед тем как приступить к анализу исполнимости плана по ключевым ресурсам, повторим путь формирования плана, пройденный ранее «в ручном режиме», используя функциональные возможности «1С:ERP Управление предприятием 2».

План продаж сформирован с учетом недельных колебаний спроса (рис. 2.6).

Номенклатура	Ед. изм.	Количество	Периоды планирования			
			06.03 - 12.03	13.03 - 19.03	20.03 - 26.03	27.03 - 02.04
Верстак ТМ500	шт	200,000			50,000	150,000
Стол инструментальный СИ800	шт	250,000			100,000	150,000
Стол инструментальный СИ1000	шт	350,000		200,000	50,000	100,000
Стол инструментальный СИ1200	шт	250,000		150,000	100,000	

Комментарий: Выберите ячейку плана и введите к... Формула: Выберите колонку количества Отклонение от формулы: 0,000

Рис. 2.6. Предварительный план продаж на март 2017 года

Информацию о свободных остатках продукции на складах сотрудник ПДО может получить из информационной системы непосредственно на своем рабочем месте, например в рамках отчета **Остатки и доступность товаров** (рис. 2.7).

Представленные в информационной системе планы продаж и информация о свободных остатках продукции доступны не только для визуального ознакомления, но могут быть использованы как источники данных для составления зависимых планов. В примере таким зависимым планом является объемно-календарный план производства, который может быть сформирован автоматически после настройки необходимой формулы преобразования данных плана продаж (рис. 2.8).

Остатки и доступность товаров

Склад	Артикул	Номенклатура. Характеристика	Ед. изм.	Сейчас			
				В наличии	Отгружается	В резерве	Доступно
Склад коммерческой службы				100,000			100,000
8800002	Верстак TM500,	шт		50,000			50,000
8800003	Стол инструментальный СИ1000,	шт		50,000			50,000
Итого				100,000			100,000

Рис. 2.7. Информация о свободных остатках продукции на складах

Заполнение плана

Заполнить документ Отмена Еще - ?

Заполнять состав номенклатуры по:

- Производимой продукции Позволяет заполнить номенклатуру, которая когда-либо производилась.
- Признаку наличия спецификации Номенклатура, которая имеет хотя бы одну спецификацию.
- Формуле Номенклатура будет получена из операндов (источников) указанных в формуле ниже.
- Отбор Позволяет заполнить номенклатуру по произвольным отборам, установленным в документе.

Заполнять количество по формуле:
[\[ПланыПродаж\]-\[СвободныеОстатки\]](#)

Использовать накопленные данные из базы за: 6 марта 2017 г. - 9 апреля 2017 г.

- Предыдущий период
- Аналогичный период предыдущего года
- Период смещенный на неделя назад вперед

Устанавливает, с каким смещением относительно периода планирования будет производиться выборка данных из базы для источников, указанных в формуле.

Рис. 2.8. Пример простой формулы преобразования данных плана продаж в план производства

Результат автоматического формирования плана производства на основании данных плана продаж и информации о свободных остатках продукции на складе представлен на рисунке 2.9.

Представленный на рисунке 2.9 план совпадает с планом в таблице 2.2. Это показывает, что поведение системы соответствует рассмотренному ранее порядку формирования объемно-календарного плана производства.

План производства 00-00000003 от 15.02.2017 15:57:24

Статус: **Утвержден**

Основное | Продукция (4)

Добавить | Заполнить продукцию | Перезаполнить исходные данные

Номенклатура	Коллич...	Спецификация	Периоды планирования			
			06.03 - 12.03	13.03 - 19.03	20.03 - 26.03	27.03 - 02.04
Верстак ТМ500	150,000	ТМ500_ПФ			150,000	
Стол инструментальный СИ800	250,000	СИ1000_К_800		100,000	150,000	
Стол инструментальный СИ1000	300,000	СИ1000_К_1000	150,000	50,000	100,000	
Стол инструментальный СИ1200	250,000	СИ1000_К_1200	150,000	100,000		

Комментарий: [Выберите ячейку плана и введите ко. ...] Формула: [Выберите колонку количества] Отклонение от формулы: [0,000]

Ответственный: Орлов Александр Владимирович

Рис. 2.9. Базовый объемно-календарный план производства на основании предварительного плана продаж

Следующим шагом происходит дополнение плана стандартизованными деталями. В зависимости от параметров планирования дополнение плана деталями происходит автоматически или по команде **Еще – Запланировать полуфабрикаты**. Система анализирует структуру изделия для планируемой продукции, представленную в ресурсных спецификациях. Ресурсная спецификация описывает производственный процесс изготовления продукции и необходимые для его выполнения материальные и трудовые ресурсы. Используемые при выпуске продукции материалы и полуфабрикаты указываются на закладке **Материалы и работы** в привязке к этапам производства, на которых будут задействованы. Состав материалов и стандартизованных деталей для выпуска продукции **Стол инструментальный СИ800** показан на рисунке 2.10.

В параметрах обеспечения для номенклатурных позиций **У.000.001 Опора** и **У.000.002 Пятка** выбран вариант обеспечения посредством производства и назначены основные спецификации для выпуска. Указанные стандартизованные детали используются в составе каждой продукции, указанной в плане. Необходимо запланировать количество таких деталей для выпуска всего объема продукции плана. С учетом заданного для каждой детали гарантированного срока изготовления план дополняется новыми строками (рис. 2.11).

СИ1000_K_800 (Ресурсная спецификация)

Основное | Плановые калькуляции | Дерево спецификации | Применение в заказах | Разрешения на замену материалов | Файлы | Мои заметки

Записать и закрыть | Записать | Назначить основной | Сравнить спецификации | Создать на основании | Еще ?

Группа: Продукция: Серии СИ и Т | Код: 00-000073 | Статус: Действует | Установить статус

Наименование: СИ1000_K_800 | Действует с: 01.01.2017 | по: ..

Выходные изделия (1) | **Материалы и работы (14)** | Трудозатраты (9) | Производственный процесс | Дополнительно | Описание

Добавить | Подобрать | Автовыбор материала | Настроить потребление | Еще ?

N	Номенклатура	Коли...	Е...	Этап	Способ получения ...	Статья калькуляции
1	У.000.001 Опора	4,000	шт	Сварка основания СИ1000	Обеспечивать	Полуфабрикаты
2	У.000.002 Пятка	4,000	шт	Сварка основания СИ1000	Обеспечивать	Полуфабрикаты
3	Труба квадратная 50х50х4 ...	44,100	кг	Изготовление комплекту...	Обеспечивать	Материалы основные
4	Лист 6 СтЗпс5	0,800	кг	Изготовление комплекту...	Обеспечивать	Материалы основные
5	Проволока электродная СВ...	0,300	кг	Сварка основания СИ1000	Обеспечивать	Материалы прочие
6	Лист 6 СтЗпс5	32,300	кг	Изготовление верхней ст...	Обеспечивать	Материалы основные
7	Фанера берёзовая ФК 21 м...	0,015	м3	Изготовление нижней сто...	Обеспечивать	Материалы основные
8	Винт М12х100.56 ZN DIN7991	8,000	шт	Окраска стола СИ1000	Обеспечивать	Материалы основные
9	Гайка М12.8 ZN DIN6927	8,000	шт	Окраска стола СИ1000	Обеспечивать	Материалы основные
10	Эмаль ПФ-115 (эмаль) ГОС...	0,300	кг	Окраска стола СИ1000	Обеспечивать	Материалы основные
11	Эмаль ПФ-115 (эмаль) ГОС...	0,300	кг	Окраска стола СИ1000	Обеспечивать	Материалы основные
12	Сольвент ГОСТ 10214-78	0,300	кг	Окраска стола СИ1000	Обеспечивать	Материалы прочие
13	Комплект упаковочный СИ1...	1,000	шт	Упаковка стола СИ1000	Обеспечивать	Материалы прочие
14	Инструкция эксплуатацион...	1,000	шт	Упаковка стола СИ1000	Обеспечивать	Материалы прочие

Рис. 2.10. Материальные ресурсы для выпуска продукции «Стол инструментальный СИ800»

План производства 00-00000003 от 15.02.2017 15:57:24

Главное | Файлы | Задачи | Мои заметки

Провести и закрыть | Задание | План производства | Отчеты | Еще ?

Статус: Утвержден

Основное | **Продукция (6)**

Добавить | Заполнить продукцию | Перезаполнить исходные данные | Еще ?

Номенклатура	Количе...	Специфик...	Периоды планирования			
			27.02 - 05.03	06.03 - 12.03	13.03 - 19.03	20.03 - 26.03
Верстак ТМ500	150,000	ТМ500_ПФ				150,000
Стол инструментальный СИ800	250,000	СИ1000_K...			100,000	150,000
Стол инструментальный СИ1000	300,000	СИ1000_K...		150,000	50,000	100,000
Стол инструментальный СИ1200	250,000	СИ1000_K...		150,000	100,000	
У.000.001 Опора	3 800,000	У.000.001	1 200,000	1 000,000	1 600,000	
У.000.002 Пятка	3 800,000	У.000.002	1 200,000	1 000,000	1 600,000	

Комментарий: Выберите ячейку плана и введите ко... | Формула: Выберите колонку количества | Отклонение от формулы: 0,000

Ответственный: Орлов Александр Владимирович

Рис. 2.11. Расширенный объемно-календарный план производства на основании предварительного плана продаж

Мы рассмотрели логику формирования объемно-календарного плана производства на основании плана продаж и вариант исполнения этой задачи сотрудником ПДО в рамках информационной системы. Теперь можно перейти к следующему шагу и оценить исполнимость сформированного плана по ключевым ресурсам.

Шаг 2. Оценка исполнимости плана по ключевым ресурсам. Информационная система позволяет для созданного плана производства провести анализ потребности в трудовых ресурсах и оборудовании. Для этого используется нормативная информация, представленная в ресурсных спецификациях на продукцию. Рассчитывается потребность в производственных ресурсах на календарные периоды исполнения. На рисунке 2.12 показана плановая загрузка по видам оборудования.

Подразделение исполнитель	Требуется, ч	27.02.2017 0:00:00	06.03.2017 0:00:00	13.03.2017 0:00:00
Цех металлообработки	895,000	355,000	290,000	250,000
Ленточнопильные машины	447,500	177,500	145,000	125,000
Машины плазменной резки	447,500	177,500	145,000	125,000
Цех сборо-сварки	425,000	120,000	100,000	205,000
Полуавтоматы сварочные	425,000	120,000	100,000	205,000
Цех упаковки	395,000	120,000	100,000	175,000
Упаковщики	395,000	120,000	100,000	175,000

Рис. 2.12. Плановая загрузка оборудования для объемно-календарного плана производства

Следующий отчет показывает потребность плана в трудовых ресурсах в разрезе выполняемых видов работ (рис. 2.13).

Располагая парком оборудования и рабочими с различными навыками, диспетчер цеха может оперативно перераспределить сотрудников по рабочим местам в зависимости от сложившейся загрузки. Такая возможность учитывается сотрудниками ПДО при разработке объемно-календарного плана производства и помогает принять решение об исполнимости конкретного варианта плана.

Плановая потребность в трудовых ресурсах

Подразделение-исполнитель	27.02.2017 0:00:00	06.03.2017 0:00:00	13.03.2017 0:00:00	
Вид работ	Человеко-часы			
Цех малярных работ				
Малярные работы, 3 разряд	550	150	125	275
Слесарные: Сборка, 3 разряд	190	60	50	80
Цех металлообработки				
Слесарные: Резка металла, 4 разряд	1 560	740	570	250
Фрезерные работы, 3 разряд	640	240	200	200
Цех сборо-сварки				
Сварочные работы, 3 разряд	425	120	100	205
Цех столярных работ				
Столярные работы, 3 разряд	560	210	175	175
Цех упаковки				
Упаковка	380	120	100	160

Рис. 2.13. Плановая потребность в трудовых ресурсах

Шаг 3. Уточнение плана производства после изменений плана продаж.

В середине февраля из коммерческой службы в ПДО поступил уточненный план продаж: объем отгрузки в период с 20.03.2017 по 26.03.2017 для изделия **Стол инструментальный СИ800** увеличился на 100 штук и составил 200 единиц (рис. 2.14).

План продаж 00-00000038 от 15.02.2017 15:34:15

Статус: Утвержден

Основное: Товары (4)

Номенклатура	Ед. изм.	Количество	Периоды планирования			
			06.03 - 12.03	13.03 - 19.03	20.03 - 26.03	27.03 - 02.04
Верстак ТМ500	шт	200,000			50,000	150,000
Стол инструментальный СИ800	шт	350,000			200,000	150,000
Стол инструментальный СИ1000	шт	350,000		200,000	50,000	100,000
Стол инструментальный СИ1200	шт	250,000		150,000	100,000	

Комментарий: Увеличился план на отгрузку ... Формула: [Задать формулу](#) Отклонение от формулы: 0,000

Рис. 2.14. Уточненный план продаж на март 2018 года

Требуется внести изменения в ранее сформированный план производства. Изменения можно отразить корректировкой существующего плана или через создание отдельного документа с плановыми данными. При совпадении основных параметров планирования (сценарий, период планирования) данные нескольких планов в системе будут автоматически складываться и автоматически рассматриваться как единый план.

При увеличении объема продаж удобно воспользоваться вторым вариантом, так как внесенные изменения будут представлены обособленно в отдельном документе. Создание дополняющего плана производства (фактически это операция «допланирования») выполняется аналогично описанному ранее порядку, только для расчета необходимо задействовать дополнительный источник данных – информацию из уже существующих планов производства. Применяется правило заполнения, обеспечивающее доступ к произвольным источникам данных (рис. 2.15).

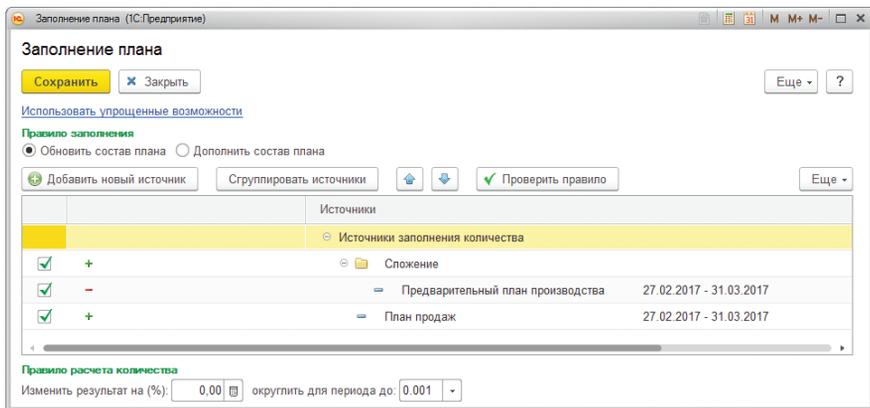


Рис. 2.15. Пример выбора произвольных источников данных для заполнения плана производства

Данный вариант позволяет использовать для планирования большой состав исходных данных. В рассматриваемом примере источниками данных выступают уточненный план продаж и предварительный объемно-календарный план производства. Вносимые в план производства изменения отражаются отдельным документом (рис. 2.16).

План производства 00-00000004 от 27.02.2017 18:42:54

Статус: Утвержден

Основное | Продукция (1)

Номенклатура	Количество	Спецификация	Периоды планирования		
			27.02 - 05.03	06.03 - 12.03	13.03 - 19.03
Стоп инструментальный СИ800	100,000	СИ1000_К_800			100,000

Комментарий: Выберите ячейку плана и введите комментарий ...

Ответственный: Орлов Александр Владимирович

Рис. 2.16. Результат расчета вносимых в план производства изменений

Так же как и при расчете плана производства на основании предварительного плана продаж, в дополняющий план требуется включить выпуск всех необходимых стандартизованных деталей (комплектующих). Результат представлен на рисунке 2.17.

План производства 00-00000004 от 27.02.2017 18:42:54

Статус: Утвержден

Основное | Продукция (3)

Номенклатура	Количество	Спецификация	Периоды планирования		
			27.02 - 05.03	06.03 - 12.03	13.03 - 19.03
Стоп инструментальный СИ800	250,000	СИ1000_К_800			100,000
У.000.001 Опора	1 000,000	У.000.001		400,000	
У.000.002 Пятка	1 000,000	У.000.002		400,000	

Комментарий: Выберите ячейку плана и введите комментарий ...

Ответственный: Орлов Александр Владимирович

Рис. 2.17. Дополняющий план производства

Объемно-календарный план производства отражает потребность в производстве продукции, составленную на основании прогнозов продаж, когда конечный покупатель на изделия еще окончательно не определен.

Использование информационной системы при составлении объемно-календарных планов производства позволяет использовать различные источники данных, существенно повышает скорость составления планов, позволяет дать предварительную оценку их исполнимости (по ключевым ресурсам).

Глава 3. Потребность к производству

В структуре спроса на товары и услуги различают запросы фактических и потенциальных покупателей. К первой категории относятся покупатели, окончательно определившиеся с выбором не только продукта, который хотят приобрести, но и конкретного поставщика. Они уже сделали определенные шаги в подтверждение своих намерений: подписали договор на поставку, внесли аванс. В такой ситуации производство продукции, по сути, является ответной реакцией предприятия на поступившие запросы потребителей. Параметры отгрузки отдельных партий изделий уточняются посредством клиентских заказов, а потребность в продукции известна с точностью до даты. Это наиболее детальная форма формирования потребностей в продукции.

В ряде случаев предприятию приходится ориентироваться на потенциальных покупателей. В момент принятия решения о производстве конкретной продукции ее потребитель еще неизвестен. Объем выпуска определяется на основании прогнозов на реализацию продукции. При этом сроки возможной реализации определяются укрупненно, с точностью до выбранного временного интервала (месяц, неделя). Как правило, производство должно обеспечить наличие определенного количества продукции на складе на начало выбранного интервала. При планировании легко ошибиться с составом выпускаемой продукции, объемом выпуска, датой, когда запасы продукции на складе необходимо пополнить. Результатом подобных ошибок могут стать репутационные и финансовые потери предприятия.

Рассмотрим более подробно разные варианты определения потребностей в продукции.

Планирование производства на основании прогноза спроса

Производство продукции определяется представлениями предприятия о том, какие изделия и в каком объеме будут востребованы покупателями в конкретный промежуток времени. В качестве основы для таких прогнозов могут выступать:

- маркетинговые исследования;
- данные по объемам продаж в предыдущие периоды.

При создании планов предполагается ожидаемый сбыт всей выпущенной продукции. Исходя из этого производство обеспечивает опережающее по отношению к спросу создание запасов изделий на складе. Данный способ изготовления продукции получил название **Производство на склад**.

Потребность в продукции определяет массовый спрос на приобретение изделий в стандартной комплектации (рис. 3.1). При этом продукция в процессе производства и продажи «обезличена»: не важно, кто из покупателей получит конкретный экземпляр.

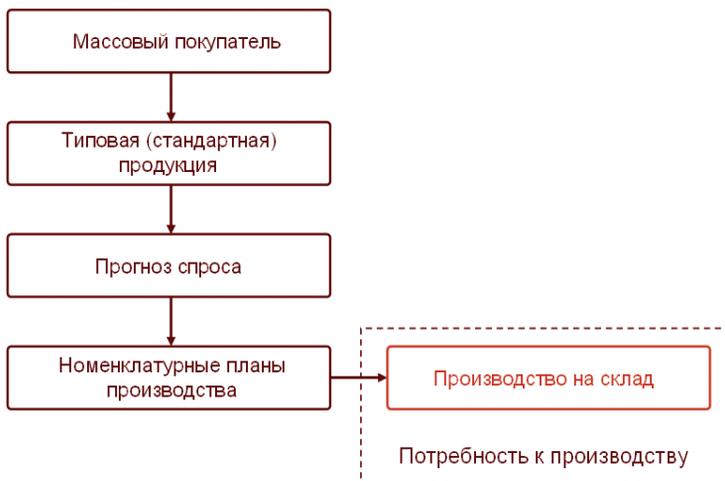


Рис. 3.1. Потребность в продукции на основе прогноза реализации

Наличие продукции на складе позволяет обработать все поступающие обращения покупателей максимально быстро. Время исполнения определяется только регламентом возможности отгрузки продукции со склада. Схематично время исполнения поступившего запроса на отгрузку продукции показано на рисунке 3.2.

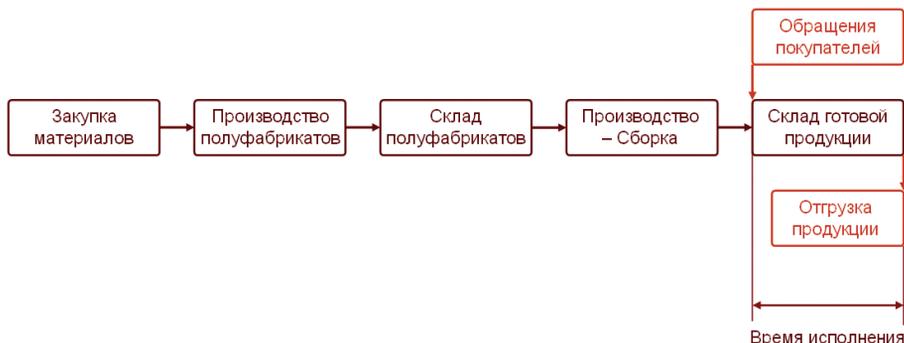


Рис. 3.2. Обработка обращений покупателей при использовании модели «Производство на склад»

Производство на склад характерно для массового производства типовой продукции, запасных частей и расходных материалов к ней. Выпуск продукции большими партиями позволяет существенно снизить размер накладных расходов, относимых на единицу продукции. Это дает предприятию дополнительные возможности для формирования конкурентоспособной цены на продукцию.

Преимущества использования модели **Производство на склад**:

- **обеспечение интенсивного спроса** – каждый покупатель получает товар максимально быстро;
- **построение «длинных» каналов распределения** – обеспечение объема запасов, достаточного для создания резервов продукции на всех этапах распределительной цепочки (например, производитель – дистрибьютор – дилер – региональный оптовый склад).

Наряду с сильными сторонами модель производства на склад способна создать для предприятия существенные финансовые сложности, обусловленные характером использования ресурсов:

- обеспечение производства преимущественно за счет собственных средств;
- большой объем и низкая оборачиваемость средств, вложенных в производственные запасы;
- существенные расходы на содержание складского хозяйства;
- риск невозврата вложенных в производство средств из-за изменения конъюнктуры спроса.

Устранить негативное влияние указанных факторов позволяет модель производства под заказ.

Планирование производства под заказы покупателей

Клиентские заказы подтверждают готовность к приобретению продукции со стороны внешних покупателей. Внутренними заказами оформляется запрос на изготовление изделий под собственные нужды предприятия. Например, выпуск спецоснастки. Заказы определяют состав, объем и желаемую дату изготовления изделий. Производственные процессы начинаются после подтверждения заказа, поэтому данный способ выпуска продукции получил название **Производство под заказ**.

Например, пластиковые окна изготавливаются строго под конкретного заказчика по предоставленным им размерам. Потребность в продукции всегда является адресной. Отдельные экземпляры изделий могут незначительно отличаться между собой и предназначены строго для «своего» потребителя (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Потребность в продукции, сформированная заказами покупателей (клиентов)

Преимущества производства под заказ:

- **эффективное использование оборотных средств** – необходимые для выпуска продукции материалы закупаются максимально близко к известной дате их переработки. В формировании оборотных средств участвуют денежные средства, полученные от покупателей в счет авансирования заказов;
- **экономный расход ресурсов** – все производственные затраты носят адресный характер;
- **наиболее полное удовлетворение потребностей покупателей** – согласование заказчиком всех параметров изготавливаемого изделия (цвет и оформление продукции, вид упаковки и т. д.);
- **отсутствие риска затоваривания** – покупатель на продукцию определен еще до начала ее фактического производства;
- **низкие складские расходы** – продукция производится к дате отгрузки и находится на складе минимальное время.

Особое внимание в модели **Производство под заказ** уделяется времени исполнения клиентского заказа – с момента его получения до отгрузки продукции. Оно определяется длительностью производственного цикла выпуска продукции (рис. 3.4). Дополнительно увеличивает срок выполнения заказа целевое, под заказ, приобретение материалов.



Рис. 3.4. Исполнение заказов покупателей по модели «Производство под заказ»

При сопоставимом качестве и цене на продукцию шансы на получение заказа выше у производителя, который может обеспечить отгрузку изделий в наиболее короткие сроки. Добиться сокращения сроков производства можно технологическими и/или организационными методами.

Совершенствование технологии изготовления способно дать выигрыш не только в сроках производства, но и повысить качество продукции. Организационные методы опираются на возможности существующего технологического процесса и позволяют сократить сроки изготовления за счет более рациональной организации работ. Объектом управления выступает время исполнения отдельных переделов выпуска продукции. Сравнивая сроки готовности продукции к отгрузке для моделей **Производство на склад** и **Производство под заказ** (ранее они были представлены на рисунках 3.2 и 3.4), можно определить область поиска оптимального решения для организации производства (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Возможность оптимизации модели «Производство под заказ»

Фактически идет поиск рационального компромисса между сроками исполнения заказов **T**, **Срок отгрузки продукции** и, например, размером оборотных средств, вложенных в производство **V**, **Объем оборотных средств, вложенных в производство**. Область решений указанной задачи можно представить графически в виде некой кривой, каждая точка которой соответствует сочетанию приведенных выше показателей (рис. 3.6).

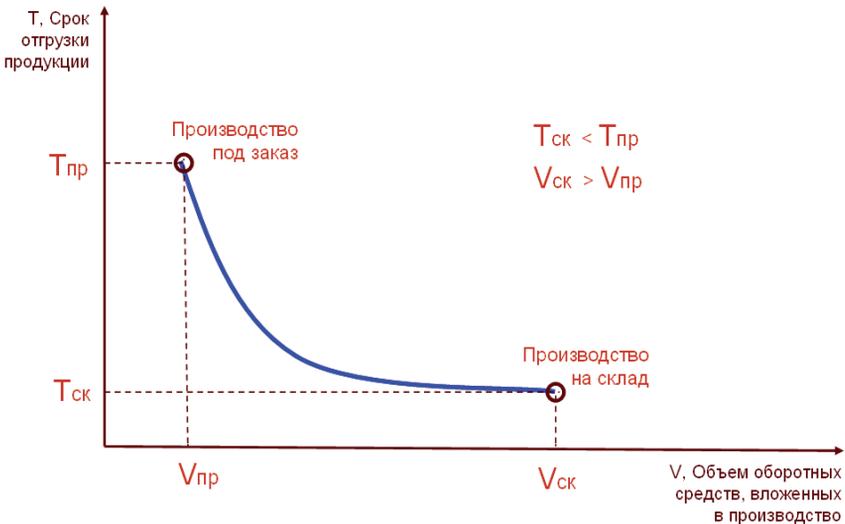


Рис. 3.6. Область возможных сочетаний оценочных показателей производства (приведенная форма кривой и углы ее наклона носят условный характер)

Точки на графике (рис. 3.6) определяют границы поиска решения. Нижняя точка соответствует модели **Производство на склад**: в производстве задействованы значительные оборотные средства $V_{ск}$, а относительно быстрый срок отгрузки $T_{ск}$ достигается наличием продукции на складе в момент обращения покупателя. Верхняя точка отражает модель **Производство под заказ**: после получения заказа требуется время на производство и отгрузку продукции $T_{пр}$, при этом оборотные средства $V_{пр}$ используются целевым образом и задействованы на меньший срок.

Поиск решения – это движение вдоль кривой графика от одной точки к другой. Начнем движение из верхней точки, соответствующей модели **Производство под заказ**, в сторону сокращения сроков готовности продукции к отгрузке. Производитель может опережающим образом выпустить часть комплектующих, необходимых для сборки конечного изделия, чтобы сократить длительность исполнения клиентского заказа после его получения. Это означает, что предприятие готово принять на себя определенный финансовый риск и вложить часть имеющихся в его распоряжении оборотных средств в производственные запасы. Данный подход наиболее эффективен для производства продукции, имеющей большое количество вариантов исполнения на базе ограниченного состава типовых комплектующих. Например, насосные станции для дачи при одинаковой мощности могут иметь разный объем расширительного бака и различные блоки управления. Покупатель выбирает конфигурацию станции по индивидуальным условиям эксплуатации. При этом станция собирается из унифицированных блоков: двигатель, несколько видов расширительных баков, несколько видов блоков управления. Все эти блоки можно изготовить до получения клиентского заказа и разместить на складе. После получения клиентского заказа происходит сборка и отгрузка конкретного экземпляра насосной станции. В приведенном примере производство типовых комплектующих, унифицированных узлов позволяет выпускать только реально требующиеся комплектации продукции. Минимизирован риск затоваривания складов слабо востребованными комплектациями готовой продукции. Непосредственно процесс сборки, формирующий основную рыночную стоимость продукта, обычно занимает непродолжительное время, и к его исполнению можно приступить только после получения конкретного заказа клиента. Данная модель организации производства получила название **Сборка под заказ**.

Модель **Сборка под заказ** является разновидностью модели **Производство под заказ**, оптимизированной по срокам поставки готовой продукции. Переход от модели **Производство под заказ** к модели **Сборка под заказ** графически показан на рисунке 3.7. Использование модели **Сборка под заказ** дает предприятию дополнительное преимущество в конкурентной борьбе за покупателя в виде более короткого срока отгрузки продукции после получения заказа.

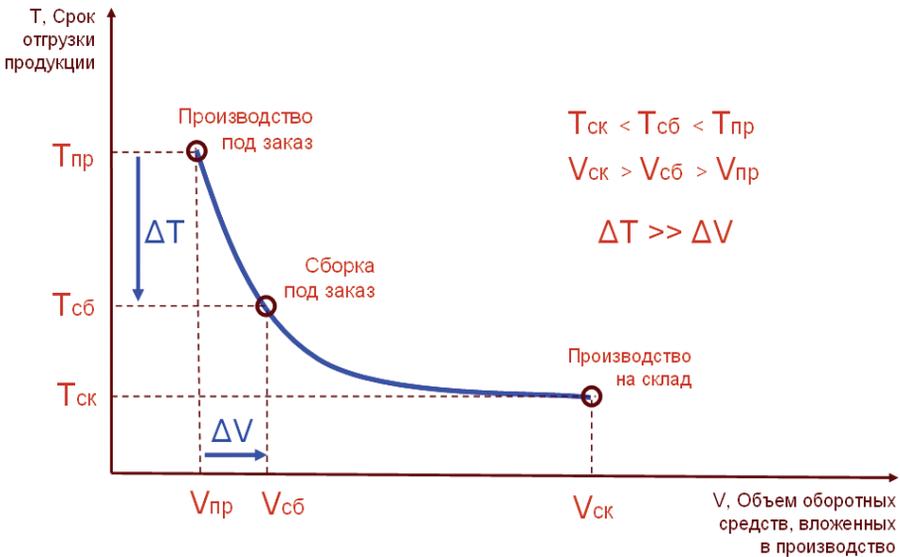


Рис. 3.7. Сокращение сроков исполнения заказов при использовании модели «Сборка под заказ»

Срок исполнения заказов клиентов $T_{сб}$ (рис. 3.7) в модели **Сборка под заказ** определяется по длительности сборочного производства и времени отгрузки, которое аналогично продолжительности таких же операций при отгрузке по модели **Производство на склад** ($T_{ск}$, рис. 3.7). Выигрыш в сроках исполнения ΔT достигается за счет досрочного изготовления части типовых комплектующих. В ожидании применения они определенное время проведут на складе. Предприятию потребуется больше оборотных средств ΔV , чтобы поддерживать складские запасы комплектующих. Тем не менее выигрыш в сроках исполнения обращений клиентов оценивается как более существенное достижение, чем рост потребности в оборотных средствах $\Delta T \gg \Delta V$.

Располагая статистическими данными об объемах реализации продукции, можно рассчитать потребность в типовых комплектующих и поддерживать их запас на складе.

Производство комплектующих для создания складских запасов (заделов) выполняется по модели «Производство на склад».

Типовые комплектующие, стандартизованные изделия обладают альтернативностью использования. Она сохраняется до момента их применения в процессе изготовления конкретной продукции. Чтобы подчеркнуть альтернативность дальнейшего применения стандартизованных деталей, для склада их хранения можно использовать понятие «магазин полуфабрикатов» (рис. 3.8). В качестве «покупателей» в нем выступают поступившие заказы клиентов.

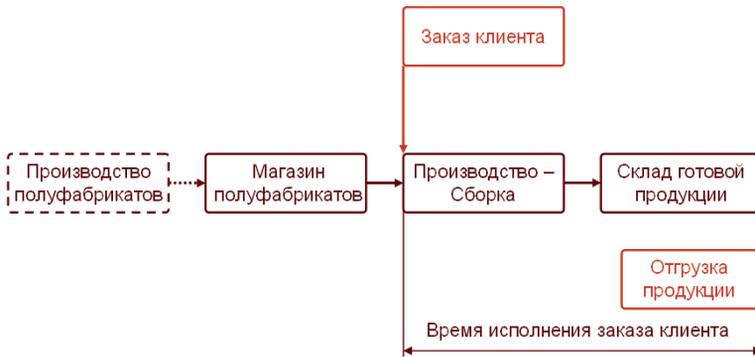


Рис. 3.8. Исполнение заказа клиента при производстве по модели «Сборка под заказ»

Клиентские заказы определяют конкретный вариант продукции, который требуется изготовить. Располагая данными о структуре изделий, после получения заказа можно зарезервировать под его выполнение в «магазине полуфабрикатов» необходимый состав типовых комплектующих и стандартизованных деталей. Они будут передаваться в производство по мере необходимости, но готовность к применению для деталей определяется заранее. Это дает определенные гарантии соблюдения установленных сроков сборки продукции и исключения неожиданного дефицита деталей. «Магазин полуфабрикатов» выступает буфером

между двумя разнородными в части оптимального управления процессами производства: изготовлением комплектующих и сборкой готовой продукции. Преимущества использования «магазина полуфабрикатов»:

- **высокая готовность к выпуску затребованной конфигурации продукции** – наиболее длительная по времени исполнения часть производства – выпуск комплектующих – выполнена заранее;
- **гарантия отдачи от уже вложенных в производство ресурсов** – позволяет безболезненно реагировать на незначительные колебания потребительских предпочтений, используя комплектующие для сборки только востребованных видов продукции.

Понятие «магазин полуфабрикатов» можно использовать для всех видов комплектующих, изготавливаемых в расчете на исполнение будущих заказов клиентов. По своей сути комплектующие, представленные в «магазине полуфабрикатов», являются частью производственных заделов. При этом четкое их выделение позволяет подчеркнуть высокую готовность таких заделов к использованию и альтернативность применения (помимо участия в производстве детали могут отгружаться сторонним потребителям как запасные части).

Планирование производства по точке заказа

Рассмотрим спрос на продукцию с точки зрения управления товарными запасами:

- в системе продаж, ориентированной на высокий уровень обслуживания покупателей, продукция должна быть готова к отгрузке в любой момент времени;
- детали для «магазина полуфабрикатов» должны передаваться в производство сразу после возникновения потребности в них.

Достаточно простым способом своевременного пополнения запасов на складе является производство по точке заказа. Для принятия решения о выпуске необходимо контролировать остатки и знать темп расхода изделий (продукции, полуфабрикатов). В условиях относительно стабильного, но неравномерного по времени спроса использование данного метода позволяет:

- избежать затоваривания склада;
- снизить объем «замороженных» в продукции оборотных средств;
- минимизировать расходы на хранение продукции на складе.

В простом варианте применения заказ на производство формируется, когда изделия заканчиваются на складе. Но такой подход не обеспечивает постоянную готовность продукции к отгрузке по запросу.

Более сложный вариант учитывает прогнозный темп отгрузки изделий. Заказ на производство продукции формируется по достижении определенного минимального уровня складских запасов: за время производства новой партии остатки на складе не должны достигнуть нуля. Минимальный уровень запаса изделий можно рассчитать, умножив размер предполагаемого среднедневного спроса на продукцию на количество дней, необходимое для изготовления новой партии. Момент времени, когда на складе останется только указанное количество продукции, определяет точку заказа. При этом обычно считается, что предприятие способно обеспечить одинаковую длительность производства новых партий продукции.

Для компенсации колебаний спроса на продукцию, выходящих за рамки среднестатистических ожиданий, и отклонений в длительности производства используется, в дополнение к минимальному запасу, страховой запас. Он определяется на основе статистических и экономических показателей. При нормальном развитии событий страховой запас не имеет оборота, его можно рассматривать как особую разновидность затрат на ведение бизнеса: создание условий для обслуживания покупателей. Вложенные в страховой запас средства не могут обеспечить предприятию прямую финансовую отдачу. Графически схему управления по точке заказа можно представить следующим образом (рис. 3.9).

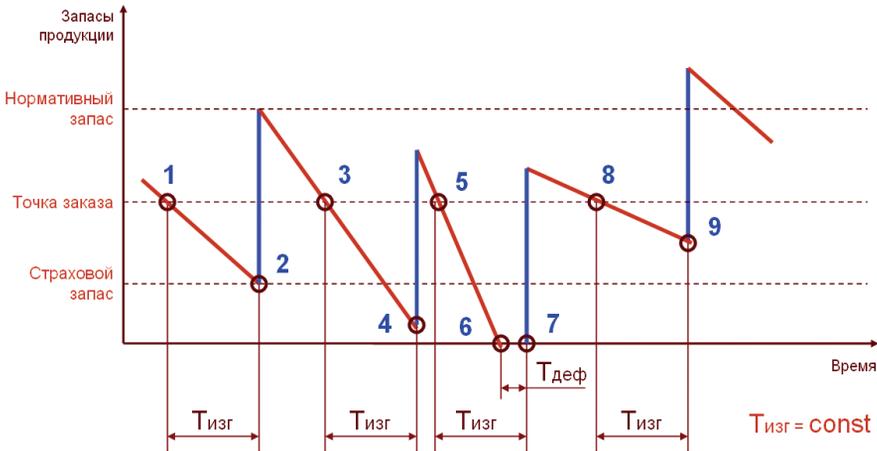


Рис. 3.9. Движение запасов при планировании по точке заказа в условиях неравномерного спроса на продукцию

На рисунке 3.9 интенсивность спроса на продукцию показана наклонными линиями: повышенный среднесуточный спрос отражает линия, имеющая сильный наклон к горизонтальной оси времени, более низкий спрос — пологая линия. В примере, представленном на рисунке 3.9, для пополнения запасов используются фиксированные по объему и времени исполнения партии выпуска. Поступление продукции на склад задано вертикальными линиями.

Для разных номенклатурных позиций могут применяться различные методы поддержания запасов:

- **min-max** — при каждом снижении остатка до заданного минимума происходит пополнение до фиксированной максимальной величины запасов;
- **расчет по статистике** — выполняется прогноз расхода товаров согласно статистике потребления: в расчет берется среднее значение за выбранный интервал детализации (например, среднесуточное потребление, среднемесячное потребление). При снижении остатка до уровня, необходимого на время пополнения запаса, формируется требование на пополнение, исходя из предполагаемого среднего потребления.

Рассмотрим формирование потребностей к производству при разной интенсивности спроса (см. рис. 3.9).

Фактический спрос на продукцию соответствует прогнозу. Точка 1 графика является точкой заказа для некой продукции. При ее достижении был сделан заказ на производство новой партии изделий. За время выполнения заказа **Тизг** (период между точками 1 и 2) среднесуточный спрос оставался в рамках прогнозных значений, и до момента поступления новой партии (синяя линия из точки 2 графика) на складе всегда был остаток продукции, доступной к отгрузке.

Фактический спрос на продукцию превысил прогноз. После заказа на производство очередной партии в точке 3 графика среднесуточный спрос оказался чуть выше прогнозных величин, что привело к необходимости воспользоваться для отгрузки продукции частью страхового запаса. Время изготовления новой партии продукции отражает график между точками 3 и 4. Страховой запас в этой ситуации сыграл свою роль буфера спроса и обеспечил ключевое требование по уровню обслуживания всех обратившихся клиентов – возможность отгрузки продукции. В то время, когда для отгрузки уже использовался страховой запас, поступила новая партия продукции (синяя линия из точки 4 графика). Она восстановила страховой запас и обеспечила свободные остатки на складе для текущих отгрузок.

Фактический спрос на продукцию «пробил» страховой запас. После заказа в производство новой партии в точке 5 графика спрос на продукцию нарастал. Он оказался настолько большим, что в точке 6 графика образовался дефицит продукции на складе, так как весь страховой запас оказался исчерпан, а производство новой партии продукции еще не было завершено (время изготовления новой партии показано периодом между точками 5 и 7). В интервале **Тдеф** (период между точками 6 и 7) остатки продукции на складе отсутствуют и отгрузка невозможна – ключевое требование по организации продаж не соблюдается. Повторение подобных случаев является основанием для пересмотра объемов страхового запаса.

Фактический спрос на продукцию ниже прогноза. После заказа в производство очередной партии продукции в точке 8 графика спрос на изделие упал. За время изготовления новой партии (период между точками 8 и 9) отгрузка продукции производилась из свободного остатка склада, страховой запас не был задействован. После поступления

на склад новой партии (синяя линия из точки 9 графика) общие остатки продукции оказались наибольшими из всех рассмотренных случаев. При сохранении тенденции более низкого спроса на продукцию в дальнейшем следует рассмотреть вопрос о снижении объема заказываемой партии, чтобы поддерживать остатки на уровне, оптимальном с финансовой точки зрения. В общем случае объем партии выпуска должен обеспечивать низкие суммарные затраты на исполнение заказа и хранение продукции на складе.

Во всех рассмотренных случаях при достижении остатками продукции на складе точки заказа (минимального количества, обеспечивающего требования по качеству обслуживания покупателей) происходил заказ на производство фиксированной по объему партии. При простоте данного метода формирования потребности к производству результат сильно зависит от исходных статистических данных и не позволяет оптимально сбалансировать спрос и запасы продукции. Его применение оправданно:

- при возможности установления высокого уровня страховых запасов (например, для продукции с невысокой ценой);
- в отсутствие явно выраженных сезонных колебаний спроса на продукцию (планирование выпуска изделий, имеющих сезонный характер потребления, ведется по отдельным правилам).

Обособленная потребность

Потребность в продукции, требующая отдельного производственного процесса выпуска, называется обособленной потребностью. Необходимость обособления потребности в продукции, как правило, обусловлена уникальными условиями исполнения и отгрузки конкретного заказа:

- **законодательные нормы раздельного учета затрат** – производитель должен подтвердить обоснованность понесенных в процессе производства продукции затрат (например, при исполнении государственных заказов);
- **индивидуальное исполнение и/или условия поставки** – продукция для конкретного покупателя имеет физические отличия, например уникальный размер;

- **особые требования к технологии изготовления** – регистрация результатов контрольных процедур в процессе изготовления, например для выдачи сертификата качества;
- **использование выделенных материалов** – при переработке давальческого сырья право собственности на производимую продукцию принадлежит давальцу.

Уникальные требования к условиям выпуска могут быть заданы конкретным заказом (заказы покупателей, заказы давальцев) или выбором направления деятельности. Под направлением деятельности понимается разновидность аналитики результатов финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Например, в качестве отдельных направлений можно выделить производство (реализацию) приборов персонального и профессионального применения. При обособленном выпуске продукции заказы и направления деятельности выступают объектами обособления (целевыми назначениями выполнения) производственных процессов. Термин «назначение» удобно использовать как обобщающее понятие для всех объектов, под которые возможно обособленное производство и обеспечение продукцией.

Назначение как аналитический разрез используется:

- **в финансовом учете** – обособленный расчет себестоимости партии выпускаемой продукции, формирование финансового результата по реализации продукции;
- **для обеспечения потребностей** – в производстве формируются отдельные партии выпуска, необходимые для них материалы закупаются обособленно;
- **в складском учете** – обеспечение на складах раздельного учета материалов, закупленных целевым образом под направление деятельности или заказ, и продукции, произведенной обособленно, вплоть до ее отгрузки покупателю.

При ведении учетных действий на складах и в производстве назначение позволяет выделить отдельные материальные потоки.

Через обособленную потребность организуется производство особой продукции, выпускаемой индивидуально под покупателя. На открытом

рынке спрос на такую продукцию может быть очень низким, и производитель в случае отмены заказа рискует остаться с низколиквидным товаром на своих складах. Детальный контроль процессов обособленного обеспечения материалами и производства из них затребованной продукции позволяет снизить риск финансовых потерь, своевременно остановив или перенаправив процессы обособленного производства. Формирование обособленной потребности к производству неоправданно в следующих случаях:

- **для обычной, но редко заказываемой продукции** – производственный процесс изготовления сам по себе индивидуален для продукции, а дополнительные особые экономические и технологические условия изготовления отсутствуют;
- **обеспечения всех заказов без разбора** – продукция, указанная в заказах разных покупателей, может повторяться, и ее удобно изготавливать объединенными партиями. Обособление может затруднять такое производство.

Создание планов закупок под планы производства

План закупок под объемный план производства

Объемный план производства в натуральных показателях создается на основании детализированного до видов продукции плана продаж. В рамках объемно-календарного планирования такой вариант применяется в условиях:

- **стабильного спроса на производимую продукцию** – малый риск возникновения низколиквидных запасов;
- **длительных сроков поставки материалов или подготовки производства** – закупка материалов по времени сопоставима или превышает длительность собственно производства; ограниченный состав поставщиков и/или редкий график торгов;
- **большой инерционности производства по объему выпуска** – характер производства по технологическим

или экономическим нормам не позволяет оперативно изменять объем производства в широком диапазоне значений. Например, длительная переналадка основной производственной линии.

Процедуры обеспечения материальными ресурсами запускаются одновременно с формированием планов производства. Схема обеспечения материальными ресурсами объемного плана производства показана на рисунке 3.10.



Рис. 3.10. Схема обеспечения материальными ресурсами объемного плана производства

Наличие данных о структуре изделия (задаются ресурсными спецификациями) позволяет рассчитать состав необходимых для выпуска продукции материалов. Полученная информация сразу же используется сотрудниками отдела снабжения для организации закупки, согласования графиков поставки материалов с поставщиками. Это особенно актуально для серийного и массового производства продукции. Процедура приобретения материалов начинается еще до определения календарных сроков производства, которые будут известны только после расчета графика производства. Какие бы ни были сроки, материальные ресурсы будут гарантированно (с запасом по времени) обеспечены к началу производства.

В условиях мелкосерийного и единичного производства такая схема приобретения материалов используется реже и обычно применяется не для всех видов требующихся материалов. Выделяются несколько групп материалов, имеющих наиболее длительные сроки поставки или особые условия приобретения. Как правило, такие материалы имеют определяющее значение для общей возможности выпуска продукции.

Данный вариант планирования закупок материалов под производство продукции оправдан для выпуска изделий с устойчивым объемом продаж. Он обладает высокой статичностью и плохо адаптирован под частые колебания спроса (например, когда частота изменений сопоставима с основным периодом планирования).

План закупок под календарный план производства

Выпуск продукции под заказы конкретных покупателей позволяет организовать производство только востребованных изделий. Дата потребности в материалах определяется на основании результатов расчета графика производства, который задает время запуска материалов в обработку. Таким образом, график закупки материалов основан на данных календарного планирования производства (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Схема обеспечения материальными ресурсами адресной потребности в продукции (по результатам календарного планирования производства)

Как и в случае формирования объемных планов производства, состав требующихся для производства материалов определяется данными ресурсных спецификаций, раскрывающих структуру изделия. А возможные даты начала обработки являются отправными точками для определения сроков приобретения материалов. Материальные ресурсы обеспечиваются целевым образом к моменту запланированного потребления. График закупки материалов подчинен графику производства.

Данный вариант зачастую применяется для обеспечения материальными ресурсами единичного или мелкосерийного производства. Он также широко используется при обеспечении любого типа производства легкодоступными материалами, имеющими относительно короткие сроки поставки.

Выбор варианта планирования по статистике продаж продукции

Спрос на продукцию, выпускаемую предприятием, может сильно различаться по отдельным позициям. Часто предприятие вынуждено поддерживать определенный товарный ассортимент, выбор «правильной» модели планирования производства для каждого вида выпускаемой продукции позволяет предприятию оптимальным образом распорядиться имеющимися в его распоряжении ресурсами.

В решении данной задачи можно отталкиваться от статистики продаж, классифицировав продукцию по методу ABC/XYZ-анализа. ABC-анализ позволяет оценить финансовый вклад каждого продукта в структуру сбыта. XYZ-анализ позволяет разделить продукцию по степени стабильности продаж. Оба метода дополняют друг друга. Например, ABC-анализ продукции можно выполнить по сумме полученного дохода за выбранный период времени, а XYZ-анализ – по количеству реализованной продукции по интервалам в рамках того же периода. Использование XYZ-анализа позволяет точнее настроить систему управления товарными ресурсами и за счет этого снизить суммарный запас продукции на складе.

При совмещенном ABC/XYZ-анализе можно выделить девять групп продукции (таблица 3.1).

Таблица 3.1. Девять групп продукции (AX–CZ)
при совмещенном ABC/XYZ-анализе

Периодичность продаж		Товарооборот (выручка)		
		Высокий	Средний	Низкий
		A	B	C
Регулярная	X	AX	BX	CX
Нерегулярная	Y	AY	BY	CY
Только под заказ	Z	AZ	BZ	CZ

Продукция групп **A** и **B** обеспечивает основной доход предприятия, необходимо обеспечить ее постоянное наличие на складе.

Продукцию групп **AX** и **BX** отличает стабильность продаж. Объем продаж хорошо прогнозируются. Размер страхового запаса может быть небольшим.

Продукция групп **AY** и **BY** при высоком товарообороте отличается нестабильностью продаж, готовность такой продукции к отгрузке поддерживается большим страховым запасом.

Продукция групп **AZ** и **BZ** при высоком товарообороте имеет низкую прогнозируемость продаж. Желание обеспечить гарантированное наличие продукции данной группы только за счет страхового запаса приведет к тому, что средний товарный запас предприятия значительно увеличится. Здесь удобно применить систему заказов, обеспечивающую более частое и адресное производство небольшими партиями.

Продукция группы **C** может составлять до 80 % ассортимента компании.

Для продукции группы **CX** можно использовать систему заказов на производство с постоянной периодичностью, размер страхового запаса может быть небольшим.

По продукции группы **СУ** можно перейти на систему с постоянным объемом заказов на производство, страховой запас формируется исходя из финансовых возможностей, имеющихся у предприятия.

В группу **СЗ** попадают новые виды продукции и продукция, поставляемая под заказ. Реализацию такой продукции нужно регулярно контролировать, так как именно из нее возникают неликвидные или труднореализуемые товарные запасы, от которых предприятие несет потери.

С учетом указанных особенностей реализации продукции для каждой группы можно дать общие рекомендации по выбору варианта планирования производства (таблица 3.2).

Таблица 3.2. Выбор модели планирования производства в зависимости от параметров спроса на продукцию

Периодичность продаж		Товарооборот (выручка)		
		Высокий	Средний	Низкий
		А	В	С
Регулярная	X	Производство на склад		
Нерегулярная	Y	Производство на склад	Производство по точке заказа	
Только под заказ	Z	Производство под заказ		

Для выпуска продукции групп **АХ**, **ВХ** и **СХ** целесообразно планирование производства выполнять по модели **Производство на склад**, так как есть уверенность, что вся выпущенная продукция будет реализована в разумные сроки.

Аналогичный подход справедлив для продукции группы **АУ**.

Для продукции групп **ВУ** и **СУ** планирование производства по модели **Производство по точке заказа** позволяет избежать излишних остатков на складе.

Выпуск продукции групп **AZ**, **BZ** и **CZ** непосредственно определяется вариантом организации продаж, которому соответствует планирование в рамках модели **Производство под заказ**.

Рассмотренный метод не является единственным, он может рассматриваться как ориентир для выбора оптимального подхода к планированию производства конкретной продукции.

Практикум главы «Потребность к производству»

Уважаемый читатель, вы по-прежнему исполняете роль сотрудника ПДО, и перед вами стоит новая задача: принять к производству потребность в продукции, сформированную несколькими заказами клиентов. Для решения поставленной задачи необходимо определить количество партий выпуска и объем производства для каждой из них. Рассматриваемый вид продукции – **Пролет лестничный 4 м**.

Каждый из клиентских заказов отражает потребность отдельного покупателя, их совокупность дает суммарную потребность в продукции. Выделим два критерия классификации потребностей в продукции, призванной обеспечить отгрузку продукции по заказам клиентов:

- **приоритет исполнения** – полученные клиентские заказы могут иметь для предприятия (даже по одной продукции) различную важность исполнения. Количество продукции, требующееся для обеспечения заказов с высоким приоритетом, целесообразно запускать в производство отдельными партиями. Также отдельной партией выпуска можно выделить производство продукции для конкретного заказа покупателя;
- **заявленная дата отгрузки** – заказы покупателей одного приоритета исполнения и с близкими датами отгрузки можно рассматривать как одну потребность к производству. В процессе производства продукция будет обезличена по отношению к заказам покупателей. Важно, чтобы к установленной дате отгрузки по каждому клиентскому заказу продукция в необходимом количестве была доступна на складе.

Рассмотрим более подробно вариант объединения потребностей заказов, имеющих близкие даты отгрузки. Четких критериев выбора размеров временного периода, за который можно объединить заказы клиентов в единую группу рассмотрения, не существует. Точнее, они очень специфичны для каждого вида продукции, отрасли производства, условий формирования спроса. Собирая потребность заказов за большой период времени, предприятие будет вынуждено обеспечить выпуск к дате самой ранней отгрузки, чтобы не сорвать выполнение первого заказа из группы, тем самым создавая себе заведомо «напряженные» по срокам условия производства. Пример объединения потребностей к производству показан на рисунке 3.12.

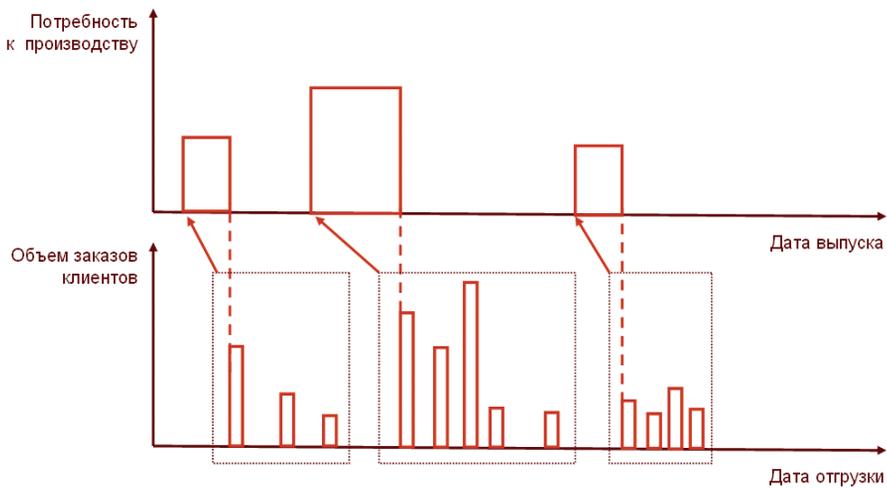


Рис. 3.12. Формирование групповой потребности к производству по дате отгрузки продукции

Раннее начало производства большой партии продукции требует отвлечения на нее большого количества оборотных средств, вернуть которые в полном объеме удастся только после выполнения отгрузки последнего заказа из группы. Такая модель действий предполагает более длительные сроки пролеживания готовой продукции на складе и худшие показатели по оборачиваемости запасов в производстве.

Некоторые подходы к объединению заказов:

- **по фиксированному периоду** – выбирается календарный период времени, за который все заказы клиентов объединяются. Для организации производства рассматривается общая потребность в продукции за период. Таким периодом может быть месяц, неделя, день. После определения общей потребности в продукции полученное значение сравнивается с размером оптимальной партии выпуска для продукции, и может быть принято решение о производстве несколькими партиями, но к установленной дате отгрузки;
- **фиксированному объему** – устанавливается оптимальный объем партии выпуска. Как только суммарная потребность заказов достигает установленной величины, оформляется заказ на производство.

В решении «1С:ERP Управление предприятием 2» решение о запуске в производство оформляется документами **Заказ на производство**, в которых каждая строка соответствует отдельной партии выпуска. Допустим, что необходимо сформировать заказы на производство для заказов покупателей с отгрузкой продукции **Пролет лестничный 4 м** в период 16–20.05.2016:

- Заказ ПР00-000003 от 01.04.2016 на 10 шт. с датой отгрузки 18.05.2016.
- Заказ ПР00-000004 от 05.04.2016 на 60 шт. с датой отгрузки 17.05.2016.
- Заказ ПР00-000005 от 07.04.2016 на 100 шт. с датой отгрузки 16.05.2016 – заказу был установлен высокий приоритет исполнения, так как выполнение данного заказа позволит производителю представить свою продукцию на новом региональном рынке (рис. 3.13).

Главная | Файлы | Мои заметки
 Провести и закрыть | Печать | ЭДО | Отчеты | Еще | ?
 Статус: К выполнению | Приоритет: Высокий | Готов к обеспечению
 Основное | Товары (1) | Доставка | Дополнительно
 Номер: ПР00-000005 от: 07.04.2016 0:00:00 Операция: Реализация
 Клиент: ИнноТрейд Организация: Промресурс
 Контрагент: ИнноТрейд Договор: Пр1003
 Соглашение: Оптовые продажи (Промресурс) Склад: Склад коммерческой службы
 Оплата: По накладным | Оплачено по заказу: 0.00 RUB 0% | Зачет оплаты
 Комментарий:
 Подключить "Промресурс" к ЭДО | Скидка: 0,00 | НДС: 274 576,27 | Заказано с НДС: 1 800 000,00 RUB

Рис. 3.13. Пример регистрации заказа клиента ПР00-000005 от 07.04.2016 с высоким приоритетом исполнения

Заказ ПР00-000005 имеет для предприятия более высокий приоритет исполнения по сравнению с заказами ПР00-000003, ПР00-000004. Чтобы исключить возможное ограничение в ресурсах (производственных и материальных) для одновременного выпуска всего объема продукции, планируемой к отгрузке в период 16.05–20.05.2016, целесообразно количество, требующееся заказу ПР00-000005, запустить в производство отдельной партией. Оставшаяся потребность в продукции (заказы ПР00-000003, ПР00-000004) будет обеспечена путем выпуска одной партии, которая будет принята к производству после выделения необходимых ресурсов для производства первой партии. Таким образом, мы объединили потребность в продукции по заказам по фиксированному периоду (неделя отгрузки).

Заявленная клиентскими заказами потребность в продукции **Пролет лестничный 4 м** показывается в рабочем месте **Формирование заказов по потребностям**. Для формирования заказов на производство необходимо выполнить несколько последовательных действий (шагов).

Запасы товаров на складе перед отгрузкой покупателям могут пополняться разными способами. Для продукции используется тип обеспечения **Собственное производство** (еще одним вариантом производства является изготовление продукции из давальческих материалов силами переработчика). При использовании универсального рабочего места формирования заказов по потребностям на первом шаге необходимо выделить состав рассматриваемых номенклатурных позиций продукции.

Отбор выполняется посредством наложения одного или нескольких фильтров, учитывающих условия обеспечения товаров **Собственное производство** (рис. 3.14).

Формирование заказов по потребностям

Шаг 1 из 5. Отбор потребностей

Еще - ?

Отборы по свойствам потребности

Склад: Склад коммерческой служб

Назначение:

Сегмент номенклатуры:

Номенклатура: Продукция

Марка:

Категория:

Отборы по параметрам способа обеспечения

Подразделение:

Тип обеспечения: Собственное производство

Источник обеспечения:

[Произвольные отборы](#)

[Установить параметры обеспечения потребностей](#)

Далее > Закрыть

Рис. 3.14. Первый шаг: отбор продукции по параметрам

На втором шаге выполняется выбор конкретного способа обеспечения по ранее заданному типу обеспечения потребностей. Способ обеспечения **Производство, 4 дня** предполагает, что для формирования заказов на производство будет отобрана продукция с гарантированным сроком производства в течение 4 рабочих дней (рис. 3.15).

Формирование заказов по потребностям

Шаг 2 из 5. Настройка способов обеспечения

Заполнить "К заказу товары"

Еще - ?

	Способ обеспечения	До заказа по графи...	К заказу товары	Дата поставки	Дата следующей поставки
<input type="checkbox"/>	МС Производство - Срок: 2 дн.	<только для поста...	Достижение точки заказа	13.04.2016	<только при плановом форми
<input type="checkbox"/>	МС Производство - Срок: 3 дн.	<только для поста...	Достижение точки заказа	13.04.2016	<только при плановом форми
<input checked="" type="checkbox"/>	Производство, 4 дня	29 дн	Достижение точки заказа	16.05.2016	<только при плановом форми

< Назад Далее > Закрыть

Рис. 3.15. Второй шаг: отбор заказов по способу обеспечения продукции

На третьем шаге отображается список товаров, для которых установлены параметры поддержания запаса на складах. Данный вариант находится за рамками рассматриваемого примера, и система данный шаг пропустит автоматически.

На четвертом шаге показываются все зарегистрированные заказами (и не только клиентов) потребности в номенклатуре с выбранным способом обеспечения. В примере этому условию соответствует потребность к обеспечению по номенклатурной позиции **Пролет лестничный 4 м** (рис. 3.16).

Шаг 4 из 5. Обеспечение заказов к отгрузке

Только отмеченные Приоритет: К отгрузке с: 16.05.2016 по: 20.05.2016 Только необеспеченные Еще ?

Заказ	Номенклатура, Характеристика	Ед. изм.	Требуется	Дата отгру...	К заказу
Заказ клиента ПР00-000005 от 07.04.2016 ...	Пролет лестничный 4 м	шт	100,000	16.05.2016	<input type="checkbox"/> 100,000
Заказ клиента ПР00-000004 от 05.04.2016 ...	Пролет лестничный 4 м	шт	60,000	17.05.2016	<input type="checkbox"/> 60,000
Заказ клиента ПР00-000003 от 01.04.2016 ...	Пролет лестничный 4 м	шт	5,000	18.05.2016	<input type="checkbox"/> 5,000

Пролет лестничный 4 м. Склад коммерческой службы. Всего к заказу: 0 шт. На сумму: 0 USD

Заказы к оформлению

Источник обеспечения	Способ обеспечения	Дата поступле...	Соглаше...	В...	Сумма (USD)	Строк в заказе	Вес (кг)
					0.00		0 0.000

< Назад Далее > Закрыть

Рис. 3.16. Четвертый шаг: обеспечение заказов к отгрузке

На список можно наложить фильтры по приоритету исполнения и временному периоду отгрузки. Отбор по приоритету позволяет выделить потребности с одинаковым уровнем приоритета для формирования под них отдельных партий выпуска (рис. 3.17).

Даты отгрузки заказов ПР00-000003 от 01.04.2016 и ПР00-000004 от 05.04.2016, указанные в верхней табличной части в поле **Дата отгрузки**, разные: 18.05.2016 и 17.05.2016 соответственно – см. рисунок 3.18.

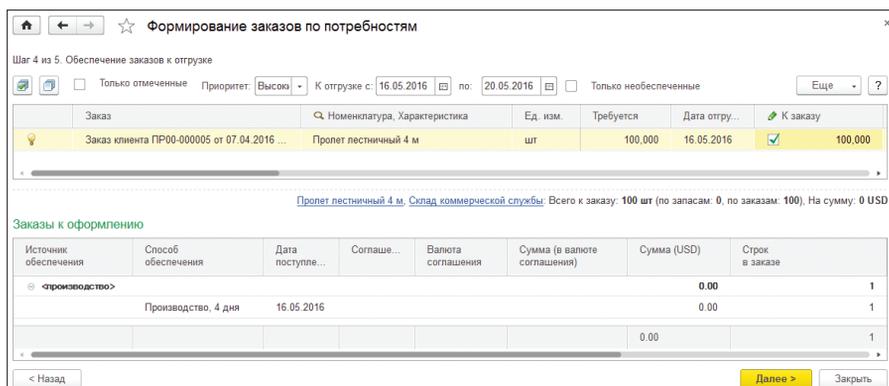


Рис. 3.17. Четвертый шаг: выделение потребностей выбранного периода отгрузки с заданным значением приоритета для формирования отдельной партии выпуска

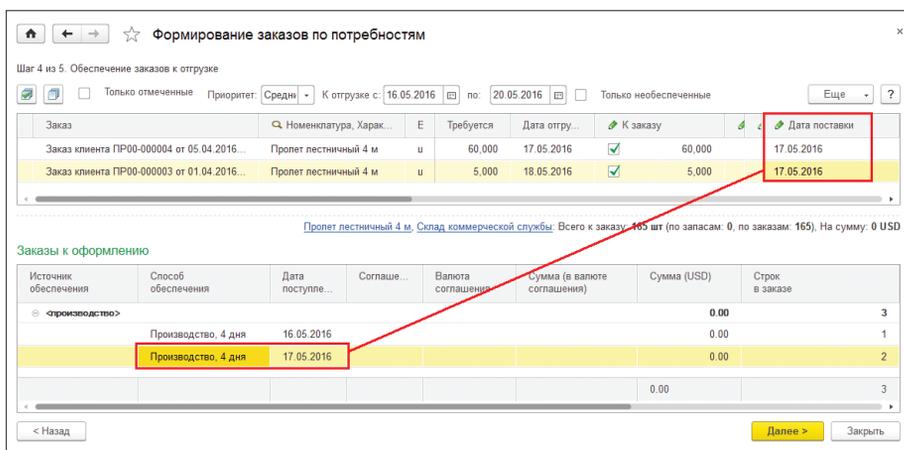


Рис. 3.18. Четвертый шаг: группировка потребностей нескольких заказов по дате отгрузки

Даты отгрузки заказов расположены в пределах одной недели, что позволяет обеспечить потребности в продукции обоих заказов одной партией выпуска. Для группировки потребностей нескольких заказов для них должна быть выбрана одинаковая дата в поле **Дата поставки**. Значение даты выбирается по сроку наиболее ранней отгрузки: это дата отгрузки 17.05.2016 из заказа ПР00-000004 от 05.04.2016.

На пятом шаге предлагается заполненный шаблон заказа на производство для выпуска выбранной партии продукции (рис. 3.19).

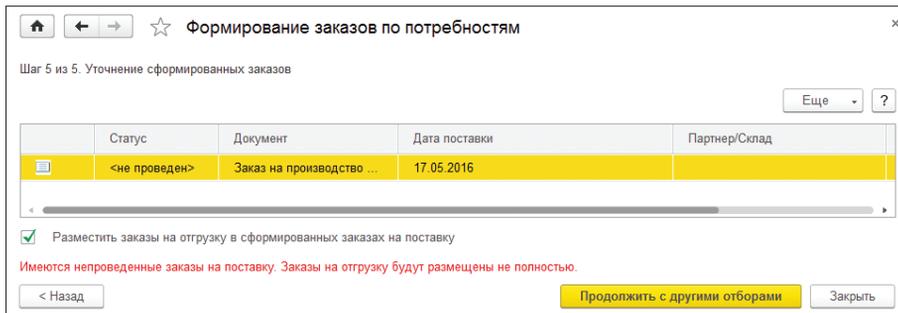


Рис. 3.19. Пятый шаг: уточнение сформированных заказов на производство

На пятом шаге можно уточнить параметры заказа на производство перед началом его исполнения. Созданный заказ на производство обеспечивает выпуск продукции для нескольких заказов клиентов, отгрузка по которым планируется в течение рассматриваемой недели и для которых мы выбрали дату обеспечения потребностей 17.05.2016. «Зарезервировать» партию выпуска к указанной дате позволяет установка флажка **Разместить заказы на отгрузку в сформированных заказах на поставку**.

Если флажок **Разместить заказы на отгрузку в сформированных заказах на поставку** установлен не будет, то сформированный заказ на производство вне зависимости от установленной в нем даты потребности будет рассматриваться для обеспечения всех возможных потребностей существующих заказов в порядке календарного следования их дат отгрузки. Например, после формирования заказа на производство появился новый заказ клиента с более ранней датой отгрузки относительно части заказов, которые сформировали потребность в продукции. Такой заказ «заберет» на себя часть уже сформированной партии выпуска, и для обеспечения более поздних по дате отгрузки заказов клиентов потребуется запланировать дополнительный выпуск. Дата выпуска для дополнительного заказа на производство может быть определена со сдвигом на более позднее исполнение относительно уже сформированных заказов на производство. Траектория использования уже запланированного к производству количества изделий может быть разной для различных видов продукции.

Рабочее место **Формирование заказов по потребностям** позволяет максимально упростить процедуру создания заказов на производство продукции, затребованной к отгрузке клиентскими заказами. При этом

учитываются все условия для определения состава формируемых заказов на производство.

Таким образом, для выпуска продукции **Пролет лестничный 4 м** сформированы две партии:

- 100 шт. со сроком выпуска 16.05.2016 – обеспечивается приоритетный заказ (ПР00-000005);
- 70 шт. со сроком выпуска 17.05.2016 – обеспечивается суммарная потребность группы клиентских заказов, имеющих близкие даты отгрузки (ПР00-000003, ПР00-000004).

Высокая значимость заказа ПР00-000005 может стать основанием для его обособленного обеспечения. Необходимость обособленного обеспечения задается в клиентском заказе (рис. 3.20).

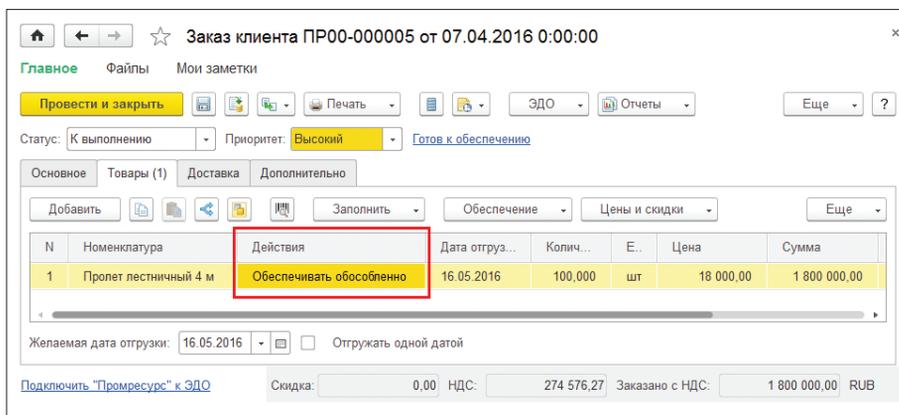


Рис. 3.20. Установка обособленного обеспечения для приоритетного клиентского заказа

Выбор обособленного обеспечения для продукции позволяет проследить весь ход ее производства, организовать обособленное обеспечение выпуска материалами. В заказе на производство будет явно указано назначение выпуска – клиентский заказ (рис. 3.21).

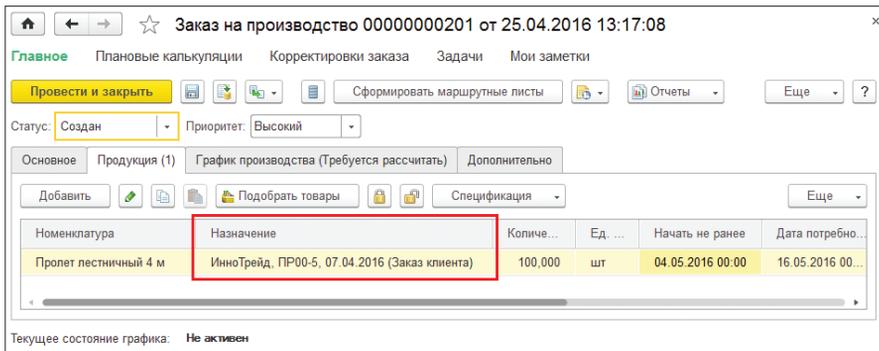


Рис. 3.21. Потребность в обособленном производстве под заказ клиента

В рассмотренном примере полная информация о потребностях в продукции была получена сотрудником ПДО от службы сбыта в рамках информационной системы. Использование такого регламента снижает вероятность ошибок при обмене данными между различными службами предприятия, повышает оперативность принимаемых решений.

Глава 4. Межцеховое планирование

Запуск процедуры календарного планирования

Расчет исполнимости объемно-календарных планов носит предварительный характер. После возможных уточнений структуры изделий и технологии их производства, необходимо составить новое представление о возможности выпуска продукции в заданные сроки – уже в привязке к календарным датам исполнения производственных процессов. Решить такую задачу позволяет календарное планирование. Можно выделить два возможных вида календарных планов производства, различающихся степенью детализации данных:

- **график (межцеховой) производства** – отвечает за организацию согласованного взаимодействия подразделений в процессе производства;
- **расписание выполнения технологических операций (цеховой уровень)** – обеспечивает управление непосредственными исполнителями операций.

В данной главе рассматриваются условия и регламент создания межцехового графика производства. В нашем случае исполнителями данного процесса выступают сотрудники централизованной производственной службы предприятия (ПДО). Создание графика производства направлено на решение следующих задач:

- поиск варианта исполнения производственных процессов, при котором будут соблюдены запланированные сроки выпуска продукции;
- определение сроков выполнения производственных переделов и выпуска полуфабрикатов;
- передача в подразделения для исполнения только обеспеченных ресурсами производственных заданий (этапов производства);
- сбалансированное использование оборудования и материальных ресурсов.

Процедуру межцехового планирования можно представить в виде классической модели системы управления (рис. 4.1).

С помощью графика производства достигается согласованное выполнение производственных процессов на межцеховом уровне.

Условия, в которых рассчитывается график производства, определяются имеющимися на момент планирования нормативно-справочными данными, представлениями о возможных вариантах обеспечения ресурсов и доступных вариантах выпуска. Совокупность указанных параметров формирует рабочую среду календарного планирования.

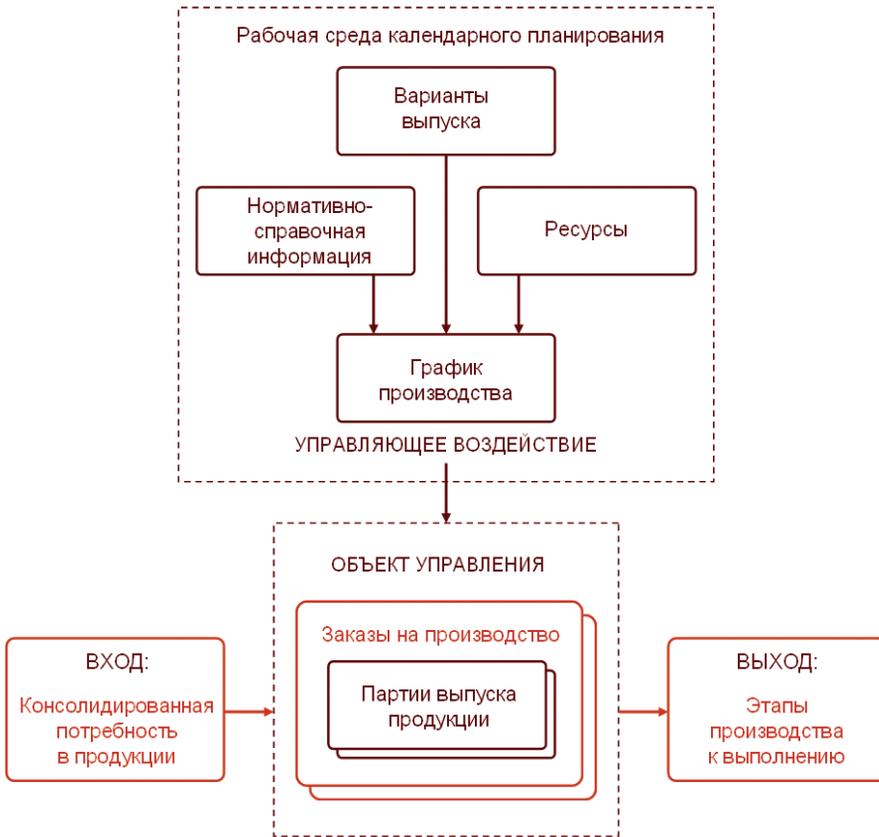


Рис. 4.1. Модель управления для процедуры межцехового планирования

Существенные изменения начальных условий составления планов, а также отклонения в ходе их выполнения являются возможным основанием для последующего перепланирования графика. Процесс перепланирования отражает адаптацию календарных планов под изменившиеся условия выполнения и является неотъемлемой частью оперативного управления производством. Возможны следующие причины перепланирования:

- внесение в производственную программу более приоритетных относительно исполняемых заданий заказов на производство;
- приостановка или отказ от выпуска отдельных видов продукции;
- несвоевременное обеспечение материалами и инструментом;

- непредвиденные отказы оборудования;
- существенная задержка в выполнении отдельных технологических операций, влияющая на сроки исполнения заказов в целом.

Рабочая среда календарного планирования

Конкурентная борьба за покупателя заставляет предприятия расширять состав изготавливаемых изделий, выпускать разнородную продукцию небольшими партиями. Это определяет смещение внимания от управления технологическими процессами (оно в большей степени характерно для массового производства) к диспетчеризации заказов на производство (позаказный тип производства), которые определяют выпуск отдельных партий продукции. Исполнение заказов на производство идет по технологическим маршрутам с использованием оборудования разных цехов. Последнее предложение дает самое общее описание начальных условий, в которых необходимо выполнить календарное планирование производства.

Условия планирования: изготовление продукции партиями. Продукция изготавливается партиями. При формировании партий учитываются размеры и сроки отгрузки продукции по заказам, полученным от покупателей (см. практикум предыдущей главы), или сроки выпуска продукции на склад из ранее составленных объемно-календарных планов производства.

При этом в производстве всегда присутствует большое количество обрабатываемых партий деталей, претендующих на одни и те же производственные ресурсы. А в разных стадиях обработки могут одновременно находиться несколько партий похожих или одинаковых изделий. Наибольшую ценность для управления представляет комплексная система мониторинга хода выполнения производственных процессов, опирающаяся на календарные планы и регистрирующая отклонения от их исполнения. Это одна из ключевых задач при построении информационных систем управления производством.

Условия планирования: использование универсального оборудования. Оборудование, позволяющее выполнять несколько видов операций

в зависимости от вариантов наладки, можно назвать универсальным оборудованием. Способность универсального оборудования к выполнению нескольких операций повышает конкуренцию за его использование.

Разные варианты использования универсального оборудования определяют необходимость учитывать при планировании время на его переналадку. Чем больше требуемое на переналадку время, тем сильнее влияние на определение сроков выполнения этапов производства.

Отдельное внимание при составлении календарных планов производства необходимо уделить оборудованию, допускающему совместную обработку партий деталей (так называемая «параллельная загрузка»). В этом случае разные варианты наладки могут применяться реже, основная задача – это выбор наборов совместно обрабатываемых деталей/партий.

Условия планирования: разная производительность оборудования.

В общем случае, оборудование, задействованное в рамках технологического маршрута, обладает разной производительностью. Зачастую нет возможности поддержать единый ритм обработки партии деталей внутри одного подразделения, между подразделениями. Возникает ограничение на продолжение обработки партии сразу же после завершения предыдущей стадии обработки.

Чаще всего указанная ситуация возникает перед оборудованием, имеющим большую относительную загрузку. Относительная загрузка определяется как отношение суммарного времени операций, планируемых к выполнению на данном виде оборудования, к доступности оборудования в интервале планирования. Это могут быть станки с низкой производительностью или оборудование, наиболее востребованное для выполнения технологических операций. Без формирования на таком оборудовании порядка выполнения операций поступающие партии будут конфликтовать по срокам обработки. При этом состав обрабатываемых партий деталей уникален для разных периодов планирования, поэтому необходимая для выпуска продукции совокупность технологических маршрутов создает пиковые нагрузки на различные виды оборудования. Как следствие, очереди из партий деталей, ожидающих обработки, в разные периоды планирования могут возникать перед различными видами оборудования.

Пролеживание (временное хранение в составе незавершенного производства) деталей в ожидании обработки наряду с обеспечивающими

технологический процесс операциями (подготовительно-заключительные операции, перемещение деталей между оборудованием и т. д.) приводит к существенному увеличению длительности производственного цикла выпуска продукции. В ходе календарного планирования требуется выбрать вариант с минимальными сроками пролеживания деталей в незавершенном производстве. В первую очередь нужно обратить внимание на расписание использования оборудования, определяющего ритм прохождения производственных процессов. Чем меньше перед ним будет очередей ожидания, тем больший объем деталей успеет обработать цех за рассматриваемый период времени.

Описанные ситуации учитываются в различных методологиях управления. Например, это теория ограничений (ТО, англ. Theory of Constraints, ТОС): эффективность всего процесса зависит от умения находить ограничения – «узкие места» системы, ее слабые стороны – и управлять ими. В одной из трактовкой ТО – это метод фокусировки ресурсов на решении одной задачи, что позволяет достичь большего эффекта, чем при одновременной работе над несколькими проблемами. Управление расписанием одного вида оборудования, являющегося «узким местом» прохождения производственных процессов в цехе, может обеспечить выпуск большего количества продукции, чем попытки максимально загрузить все доступное оборудование цеха.

Условия планирования: обеспечение производства материальными ресурсами. Заказы на производство также конкурируют за материальные ресурсы. Источник обеспечения заказа материалами должен быть определен до момента передачи партии в производство. Передача в производство частично обеспеченного материалами заказа создает угрозу его «зависания» в незавершенном производстве в ожидании недостающих комплектующих. Такие остановки в исполнении производственного процесса несут для предприятия негативные экономические последствия:

- требуется организовать места временного хранения обрабатываемых деталей внутри подразделений;
- увеличиваются транспортные расходы на временное складирование обрабатываемых деталей и их последующую передачу в производство;
- растет объем незавершенного производства.

В ряде случаев как отдельный объект управления из состава материальных ресурсов выделяется инструментальное обеспечение (инструмент, спецодежда).

Условия планирования: трудовые ресурсы. Функционирование оборудования обеспечивается наличием квалифицированного персонала. Использование унифицированных квалификационных требований к персоналу позволяет в большинстве случаев исключить при межцеховом планировании привязку выполнения операций к конкретному исполнителю и рассматривать производственный процесс исключительно по используемому оборудованию. Исключениями являются случаи, когда уникальным набором возможностей, необходимых для выпуска, обладает не единица оборудования, а исполнитель в силу своих профессиональных навыков. В этом случае границы привлечения трудового ресурса можно оценить аналогично доступности производственных мощностей – по графику работы.

Объекты планирования

Объектами планирования при создании межцехового графика производства являются партии выпуска продукции, оформленные заказами на производство. Оформление потребностей в продукции заказами на производство отражает решение о начале производства конкретных партий продукции (рис. 4.2). Решение принимается производственной службой предприятия. Например, это могут сделать сотрудники ПДО.

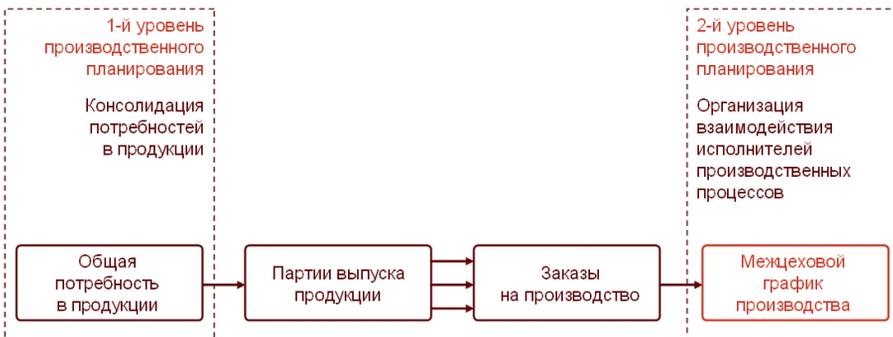


Рис. 4.2. Заказы на производство выступают в качестве отправной точки календарного планирования

Для разных видов продукции, имеющих общие изготавливаемые комплектующие или родственные технологические процессы, несколько партий могут быть объединены одним заказом на производство. Для заказов на производство устанавливаются приоритет исполнения и срок поступления готовой продукции на склад.

Ранжирование потребностей в продукции. Приоритет исполнения задается при принятии решения о начале производства конкретной партии продукции. Он определяет, насколько важен для предприятия выпуск именно этой партии продукции относительно других видов продукции. Существующие ограничения в ресурсах порой не позволяют удовлетворить всю заявленную потребность в продукции в установленные сроки. Выбор приоритетов исполнения позволяет минимизировать для предприятия негативные финансовые и репутационные последствия таких ситуаций. Наиболее часто приоритет исполнения партии определяется следующим образом:

- наследуется от источника потребностей в продукции, например от заказов клиентов;
- задается по группам выпускаемой продукции. Например, производство продукции из первой группы всегда имеет высокий приоритет, а для изготовления изделий из второй группы устанавливается низкий приоритет исполнения.

Заказом на производство можно объединить только партии изделий с одинаковым приоритетом исполнения. Приоритет заказа определяет его преимущество в конкурентной борьбе за ресурсы со стороны других заказов на производство. Производство менее приоритетной продукции рассматривается после выделения ресурсов на выпуск более приоритетных изделий. Управляя приоритетом заказа в процессе планирования, можно оптимизировать загрузку производственных мощностей в отдельные календарные периоды. В ходе производства повышение приоритета заказа позволяет наверстать наметившееся отставание в его выполнении.

Установка сроков поступления продукции на склад. Вторым по значимости (после приоритета исполнения) параметром принятого решения о начале производства является желаемый срок поступления готовой продукции на склад. Он наследуется из планов и заказов, зарегистрировавших потребность в продукции.

Обеспечение сроков выпуска продукции является основной целью календарного планирования производства.

Соотнося календарную удаленность сроков выпуска продукции и приоритета исполнения между собой, следует отметить, что более длительные, но приоритетные заказы получают доступ к ресурсам в первую очередь. Считается, что предприятие не может ставить под угрозу исполнение будущих важных обязательств, решая текущие низкоприоритетные задачи.

Условия выпуска отдельных партий продукции. Технологические условия производства разных партий одной продукции могут различаться. Изменения могут вноситься как на этапе подготовки заказа к запуску в производство, так и непосредственно в ходе его выполнения. Изменения требуются вследствие следующих причин:

- отказ от выполнения ряда переделов из-за применения полуфабрикатов из состава свободных остатков на складе (использование ранее созданных заделов комплектующих);
- применение аналогов материалов;
- расширение состава технологических операций:
 - доработка заменяющих материалов;
 - устранение исправимого брака;
- корректировка технологического маршрута при временной замене (например, вследствие отказа) части используемого оборудования;
- передача выполнения отдельных стадий производственного процесса стороннему переработчику из-за нехватки собственных мощностей в рассматриваемом периоде планирования.

В рамках оперативного управления производством должно быть обеспечено принятие всех необходимых решений для завершения производственных процессов в установленные сроки. Оценка финансовых последствий внесенных изменений дается в рамках всестороннего экономического анализа производства.

НСИ для календарного планирования

С точки зрения структуры изделия, представленной в конструкторской документации, процесс производства может рассматриваться как движение от исходного материала через переделы обработки (с выпуском деталей и сборочных узлов, которые можно объединить общим термином «полуфабрикаты») к сборке продукции. Комплект конструкторских спецификаций для выпуска продукции представлен на рисунке 4.3.

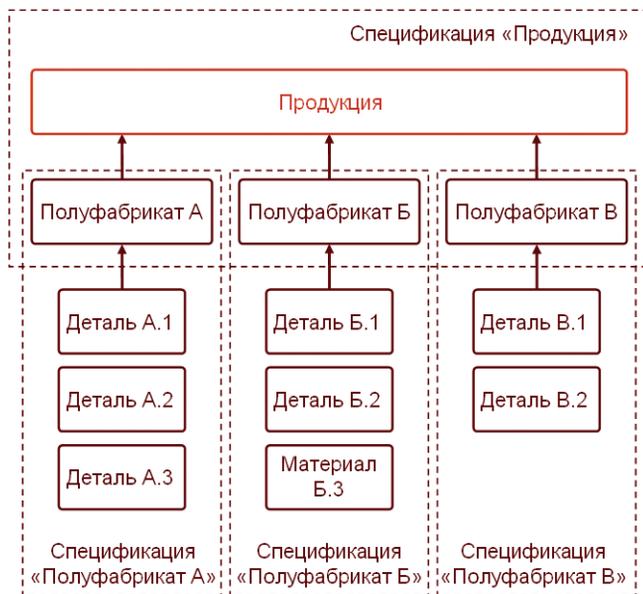


Рис. 4.3. Комплект конструкторских спецификаций для выпуска продукции (для упрощения схемы спецификации на детали не показаны)

Выпуск продукции обеспечивается сборкой из узлов **Полуфабрикат А**, **Полуфабрикат Б** и **Полуфабрикат В**. До начала сборочных операций продукции необходимо спланировать опережающее производство указанных узлов. Изготовление производимых в процессе выпуска продукции полуфабрикатов можно рассматривать как ключевые вехи графика производства, по ним в дальнейшем можно будет оценить ход производства.

Классическое представление структуры изделия не всегда оптимально для решения задач планирования производства.

При сборке технически сложных видов продукции, например автомобилей, порядок сборки организуется не по вхождению деталей в конкретные узлы, а по удобству монтажа комплектующих друг относительно друга. На каждый пост сборки (этап сборки) подаются детали и материалы, относящиеся к разным ответвлениям структуры изделия. После установки комплектующих на любом из этапов получившееся промежуточное состояние изделия не соответствует ни одному из представленных в конструкторской документации узлов (полуфабрикатов). Описанный порядок производства определяет не структура изделия, а технология сборки продукции. В таких случаях для начала планирования требуется изменить представление структуры изделия, описав процесс производства через последовательность этапов сборки, как это показано на рисунке 4.4.

В основе трансформации конструкторской и технологической документации как классической нормативно-справочной информации (НСИ) лежит технология сборки продукции. Из описания структуры изделия исключается указание переделов в виде изготовления узлов **Полуфабрикат А**, **Полуфабрикат Б** и **Полуфабрикат В** (см. рис. 4.4). Регистрация их выпуска не дает полезной информации для управления ходом производства, так как признать их сборку полностью состоявшейся можно только после фактической сборки конечной продукции. Детали и материалы, входящие в разные узлы **Полуфабрикат А**, **Полуфабрикат Б** и **Полуфабрикат В**, подаются на этапы сборки, на которых будет происходить их фактическая установка. Например, детали **А.3** из **В.2** устанавливаются в ходе этапа **Этап 3**.

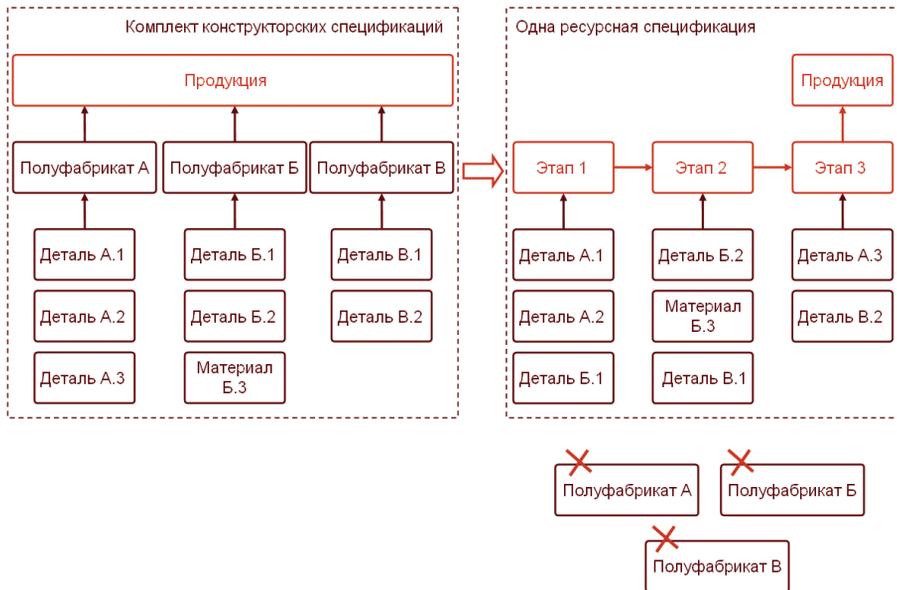


Рис. 4.4. Трансформация комплекта конструкторских спецификаций в одну ресурсную спецификацию для планирования производства по технологии сборки изделия

Полученная в ходе трансформации ресурсная спецификация объединяет данные о комплектующих из конструкторских спецификаций и сведения о технологическом процессе, задающие порядок производства.

Этап производственного процесса объединяет несколько технологических операций.

Представленный формат описания производственных процессов ресурсной спецификацией позволяет выделить этапы производства, которыми удобно управлять. Принципы выделения отдельных этапов могут быть различными.

Технологический принцип выделения этапов. Каждый этап отражает технологически завершённую часть обработки. В рамках одного подразделения-исполнителя может быть выделено несколько таких стадий обработки. Можно сказать, что конкретный производственный процесс «собирается»

из блоков унифицированных групп технологических операций. Это позволяет в отсутствие детального технологического процесса, расписанного до технологических операций, дать достаточно достоверное описание структуры изготовления и оценить срок выполнения.

Организационный принцип выделения этапов. Производственный процесс описывается как последовательность работ отдельных производственных подразделений. Этап выделяет непрерывную часть производственного процесса, находящуюся в ведении конкретного подразделения-исполнителя. Статистика времени исполнения каждым подразделением своей части процесса позволяет определить ожидаемую длительность всего производственного цикла. Важно подчеркнуть, что речь идет именно об общей длительности производственных процессов, а не о суммарном времени исполнения технологических операций. Например, в продолжительности производственных процессов учитывается статистическое время транспортировки и пролеживания изделий в процессе изготовления.

Представление производственного цикла в виде набора укрупненных этапов позволяет приступить к календарному планированию производства при отсутствии детальных данных о технологических операциях.

Структуру любого изделия можно описать ресурсными спецификациями с выделением полуфабрикатов как материального результата выполнения отдельных переделов. Такое представление близко к «классическому» представлению структуры изделия в рамках конструкторской документации (рис. 4.5). Исполнителями отдельных этапов в составе передела могут быть разные производственные подразделения.

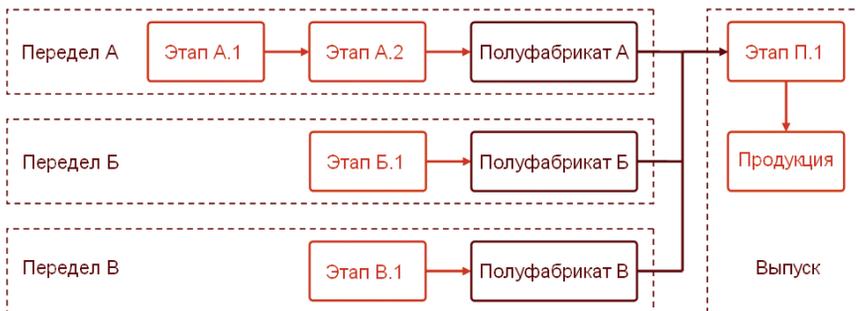


Рис. 4.5. Пример описания выпуска продукции ресурсными спецификациями

Продукция (см. рис. 4.5) получается путем одноэтапной сборки (**Этап П.1**) из деталей **Полуфабрикат А**, **Полуфабрикат Б** и **Полуфабрикат В**. Изготовление самой продукции и каждой ее детали соответствует исполнению выделенных переделов (стадий обработки и сборки) производственного процесса выпуска продукции **Выпуск**, **Передел А**, **Передел Б** и **Передел В**.

Для деталей **Полуфабрикат А**, **Полуфабрикат Б** и **Полуфабрикат В**, производимых непосредственно в процессе выпуска продукции, при календарном планировании происходит раскрытие структуры изделия. Это позволяет определить потребность в материалах для их изготовления. Необходимые для обработки деталей этапы производства дополняют производственный процесс выпуска продукции.

При календарном планировании требуется определить последовательность и непосредственное время исполнения всех процессов. Соответственно, для временного расчета межцехового графика производства удобно воспользоваться представлением процесса выпуска продукции в виде набора логически связанных этапов (рис. 4.6).

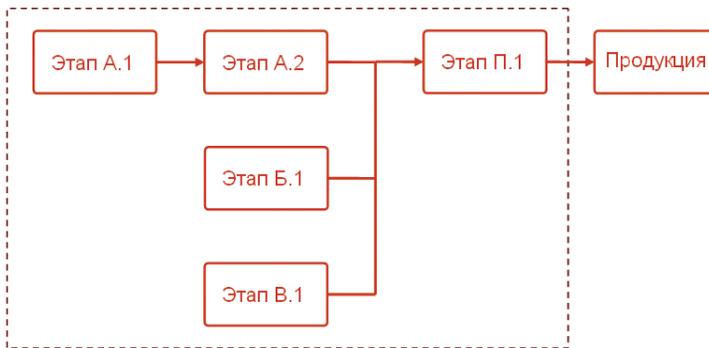


Рис. 4.6. Пример описания производственного процесса выпуска продукции для расчета графика производства

Этап П.1 (см. рис. 4.6) завершается выпуском продукции на склад. Он должен быть выполнен не позднее той даты, когда продукцию требуется отгрузить клиенту. Указанная дата является одним из начальных условий для планирования и часто определяется полученными заказами клиентов. Перед началом выполнения этапа сборки продукции **Этап П.1** необходимо обеспечить изготовление всех деталей, входящих

в ее состав, что является результатом исполнения этапов **Этап А.2**, **Этап Б.1** и **Этап В.1**.

Приступить к выполнению этапа **Этап А.2** можно только после завершения этапа **Этап А.1**, так как технологический маршрут изготовления детали **Полуфабрикат А** подразумевает их последовательное исполнение. В то же время группа этапов **Этап А.1 – Этап А.2** и отдельные этапы **Этап Б.1** и **Этап В.1** могут выполняться параллельно друг относительно друга. Их объединяет общая дата, к которой они должны быть завершены (начало выполнения **Этапа П.1**). При этом время исполнения каждого этапа определяется независимо. Оптимальным вариантом для организации выпуска продукции является возможность начать исполнение этапов **Этап А.1**, **Этап Б.1** и **Этап В.1** как можно ближе к дате начала сборки продукции на этапе **Этап П.1**. Календарные даты выполнения всех этапов, необходимых для выпуска продукции, будут определены по результатам расчета межцехового графика производства.

Поэтапное описание производственного процесса представляет укрупненную форму технологического процесса выпуска продукции, ориентированную на решение задач календарного планирования.

Каждый этап отражает определенную стадию обработки или сборки в привязке к выполняющему ее подразделению. Подразделение приступает к исполнению своего этапа при условии выполнения всех этапов-предшественников. Через зависимое планирование сроков исполнения этапов решается задача организации взаимодействия между подразделениями-исполнителями.

Использование полуфабрикатов

В процессе производства регистрируется выпуск полуфабрикатов (изготавливаемые детали, узлы, сборки). Использование полуфабрикатов позволяет контролировать ход производства через движение материального потока: очередная стадия (передел) производственного процесса считается выполненной, если оформлен выпуск соответствующего ей полуфабриката. Производственный процесс завершается выпуском продукции. Это один из традиционных методов мониторинга хода производства.

Передача полуфабрикатов для дальнейшей обработки через склад. Рассмотрим выпуск полуфабрикатов на склад. Время нахождения полуфабрикатов на складе позволяет выравнять сроки готовности разных комплектующих для дальнейшей совместной обработки или сборки (рис. 4.7).

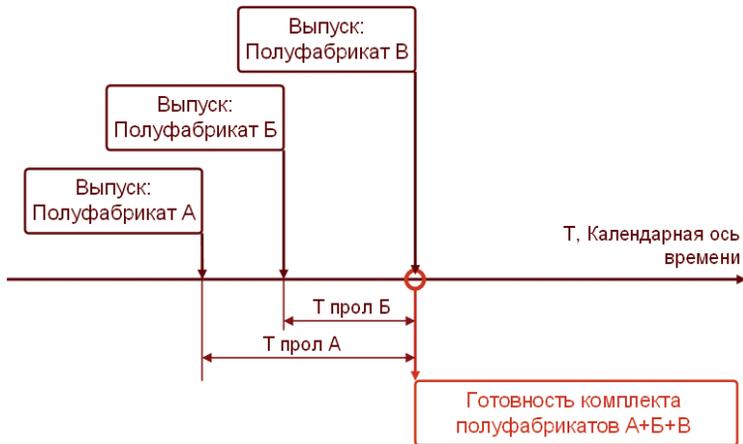


Рис. 4.7. Выравнивание сроков готовности полуфабрикатов на складе для дальнейшего совместного использования

Время нахождения полуфабрикатов на складе (время пролеживания **Т_{пролА}**, **Т_{пролБ}**) определяется по результатам планирования сроков их изготовления и является уникальным в каждом производственном цикле. Используемые склады называются складами полуфабрикатов или внутренними складами комплектации (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Использование в производственном процессе складов полуфабрикатов

Факт передачи полуфабрикатов на склад отражается для целей оперативного и бухгалтерского учета.

Регистрация перехода материальной ответственности за изделия между подразделениями. В этом случае склады полуфабрикатов не используются. Выпущенные полуфабрикаты передаются непосредственно в подразделение, следующее по производственному процессу (рис. 4.9).

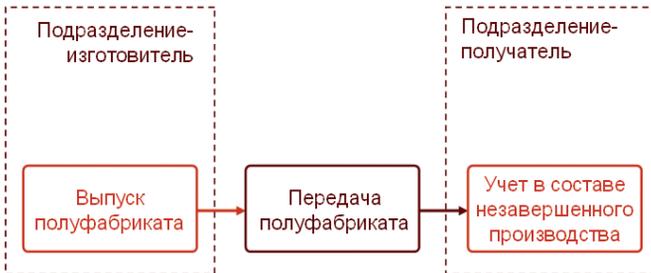


Рис. 4.9. Схема движения полуфабрикатов без использования складов полуфабрикатов

Факт передачи полуфабрикатов между подразделениями отражается для целей оперативного и бухгалтерского учета.

Использование промежуточных полуфабрикатов. Иногда в процессе производства возникает необходимость зафиксировать некое промежуточное состояние обрабатываемой детали. Для этого в учет вводятся отдельные номенклатурные позиции, получившие название промежуточных полуфабрикатов. Их отличает от «настоящих» полуфабрикатов одна особенность: выпуск и потребление промежуточных полуфабрикатов оформляются строго в рамках одного передела. Промежуточные полуфабрикаты выполняют вспомогательные функции в производственном учете. Их использование не оказывает непосредственного влияния на сроки выполнения производственных процессов.

Можно выделить несколько случаев использования промежуточных полуфабрикатов.

Временное хранение обрабатываемых деталей на складе – в ходе длительных производственных процессов на время ожидания очередной операции (этапа) обработки детали могут размещаться на складе.

Это позволяет не загромождать производственные помещения. Выделение необходимой для склада учетной единицы оформляется выпуском промежуточного полуфабриката. При наступлении срока следующей операции обработки промежуточные полуфабрикаты возвращаются со склада в подразделение (рис. 4.10).

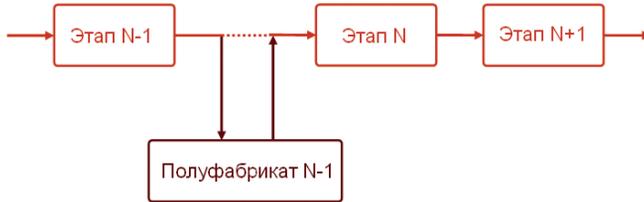


Рис. 4.10. Введение промежуточного полуфабриката при пролеживании деталей в процессе обработки

Выполнение операции этапа производства (этапа в составе передела) сторонним переработчиком – одна из операций этапа (или этап целиком) может передаваться для выполнения стороннему переработчику. После ее исполнения обработка детали продолжается собственными силами. Например, сторонний исполнитель привлекается для нанесения защитных покрытий, окраски. Для корректного оформления давальческой схемы требуется указать наименование передаваемых переработчику материалов и принимаемое от него изделие. В конструкторской документации такие позиции отсутствуют. Их можно ввести в производственный учет в виде промежуточных полуфабрикатов (рис. 4.11).

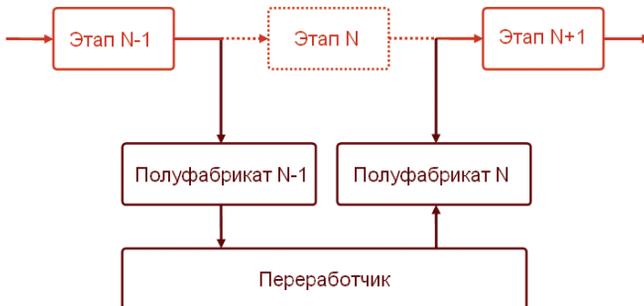


Рис. 4.11. Введение промежуточных полуфабрикатов для оформления исполнения этапа силами стороннего переработчика

Регламент материального учета – на ряде предприятий используется учетная схема, обязывающая сопровождать передачу обрабатываемых деталей между цехами даже в рамках одного технологического маршрута документами материального учета. Детали, прошедшие разный объем обработки, регистрируются как отдельные учетные единицы в виде промежуточных полуфабрикатов.

Варианты размещения выпуска

Временной период производства наиболее часто рассчитывается по одному из двух вариантов размещения выпуска:

- **«как можно быстрее»** (другое название – **прямое планирование**);
- **«точно к сроку»** (другое название – **обратное планирование**).

Вариант выпуска «как можно быстрее»

Планирование идет от этапов первичной обработки материалов к этапу сборки продукции. Позволяет максимально использовать ресурсы, которыми предприятие располагает в ближайшей перспективе.

Одним из исходных условий планирования является дата начала производства, с которой подразделения фактически готовы приступить к обработке материалов. При составлении календарных планов дата желаемого начала производства устанавливается с временным лагом к дате составления планов. Это время отводится для оповещения и подготовки подразделений для реализации назначенных им заданий на производство. В ходе планирования определяется дата выпуска продукции.

Вариант выпуска «точно к сроку»

Планирование выполняется от этапа сборки продукции к этапам первичной обработки материалов. Одним из исходных условий планирования является дата выпуска продукции. Например, сборка завершается непосредственно к установленной дате отгрузки продукции

покупателям. Чаще всего вариант используется для позаказного производства. При календарном планировании необходимо определить дату начала производства. В случае нехватки доступных ресурсов рассчитанная дата начала производства может оказаться меньше той даты, когда производство можно начать с учетом регламента оповещения подразделений о новых заданиях на исполнение, или даже меньше текущей даты составления планов, то есть «уйти в прошлое». Существует несколько вариантов выхода из создавшейся ситуации:

- определить ресурсы, из-за которых длительность изготовления оказалась недопустимо большой, и расширить их доступность;
- выбрать более позднюю дату поступления продукции на склад, выполнить расчет графика производства до получения исполнимого результата. Новая дата выпуска требует согласования с покупателями продукции;
- изменить вариант размещения выпуска (использовать «как можно быстрее») и рассчитать возможную дату поступления продукции на склад. Полученная дата будет наиболее быстрым сроком выпуска продукции в рассматриваемых условиях. Новая дата выпуска также требует согласования с покупателями продукции.

Вариант планирования «точно к сроку» более выгоден экономически (по критерию оборачиваемости запасов), но более чувствителен к отклонениям в процессе производства. Любая задержка в выполнении этапов является критической для соблюдения сроков реализации продукции покупателям, так как отсутствует запас времени между датой окончания производства и датой отгрузки продукции.

Комплексное использование вариантов размещения выпуска

При календарном планировании для переделов производственных процессов изготовления продукции могут быть использованы разные варианты размещения выпуска. Например, требуется запланировать выпуск продукции, сборка которой осуществляется из стандартизованных комплектующих. Производство продукции ведется строго

под заказы покупателей и не начинается при их отсутствии. Каждый заказ на производство (сборку) продукции планируется таким образом, чтобы обеспечить выпуск на склад к определенной дате, для снижения времени хранения продукции на складе.

Стандартизованные детали изготавливаются из ограниченного состава материалов, в этом случае экономически оправданно группировать задания на изготовление деталей по используемому материалу. Для устранения рассогласования по времени выпуска отдельных партий деталей используется своеобразный буфер – склад полуфабрикатов (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Комплексное использование различных вариантов размещения выпуска

Календарное планирование в данном случае предусматривает несколько последовательных действий:

- заказами на производство (сборка) оформляется решение о производстве готовой продукции;
- рассчитывается график выполнения этапов сборки с использованием стандартизованных комплектующих – при расчете используется вариант размещения выпуска «точно к сроку»;
- на основании графика определяются даты, в которые детали должны быть отгружены со склада комплектующих в подразделения, выполняющие операции сборки;
- потребность в деталях анализируется совместно – заказы на производство (механическая обработка) формируются с учетом идентичности используемого для изготовления деталей материала;

- график производства дополняется этапами, необходимыми для выпуска деталей – при расчете используется вариант размещения выпуска «как можно быстрее».

При наличии данных о статистике использования стандартизованных деталей заказы на их производство могут оформляться опережающим порядком. В этом случае заказы на сборку могут быть частично или полностью укомплектованы из уже имеющихся остатков склада комплектующих.

Планирование на дискретной оси времени

Дискретизация оси времени

Планирование и управление исполнением дискретных технологических процессов удобно рассматривать на дискретной оси времени.

Перейти к использованию для целей календарного планирования дискретной оси времени можно следующим образом. На временной оси выбирается точка начала планирования, от которой последовательно выделяются равные промежутки времени – интервалы планирования. Это бесконечное множество временных периодов, каждый из которых имеет свои границы и может рассматриваться отдельно от других. Длительность интервала может быть любой, удобной для восприятия. Например, точкой начала планирования можно выбрать первый день календарного года, а длительность интервала задать периодом, привычным для восприятия: день, неделя, месяц.

Использование дискретной оси времени в ходе планирования и управления ходом производства дает следующие преимущества:

- в рамках границ каждого интервала четко определяется доступность производственных мощностей;
- в ходе календарного планирования задается конечный список заданий на производство, подлежащих выполнению за интервал, которыми потом легко управлять;
- есть возможность контролировать ход выполнения производственного процесса по границам интервалов.

Выбор интервалов планирования

На выбор интервала планирования влияют следующие требования:

- **периодичность регистрации результатов выполнения производственных процессов** – определяется, как часто на межцеховом уровне должно фиксироваться исполнение определенной стадии обработки. Например, длительность интервала планирования в один день отражает требование о ежедневной фиксации результатов выполнения производственных процессов;
- **существенное превышение продолжительности исполнения наиболее характерных групп технологических операций** – полученное подразделением задание на обработку должно быть планомерно исполнимым в течение интервала. У производственного персонала в рамках временных границ интервала может быть предусмотрена возможность влияния на выполнение полученных заданий, определяя удобный порядок их исполнения.

Последовательное исполнение производственного процесса несколькими подразделениями не ограничивает возможности выбрать для управления каждым из них свою уникальную дискретность оси времени и использовать разные интервалы планирования.

Интервал планирования отражает цикличность решения управленческих задач в подразделении. Взаимодействие между подразделениями организуется на границе выбранных для них интервалов планирования.

В рамках каждого интервала анализируются полученные задания на обработку, определяется порядок их исполнения, организуется выполнение, регистрируются результаты и отклонения. На данный процесс не влияет длительность аналогичных циклов в соседних подразделениях. Для согласования циклов разных подразделений удобно использовать интервалы, имеющие кратную длительность. Рассмотрим простой пример, представленный на рисунке 4.13. Производственный

процесс содержит два этапа обработки: сначала в цехе **А**, для которого выбран интервал планирования длительностью в один день, а затем в цехе **Б**, для которого используется интервал планирования, равный одной неделе (в расчет возьмем пятидневную рабочую неделю).

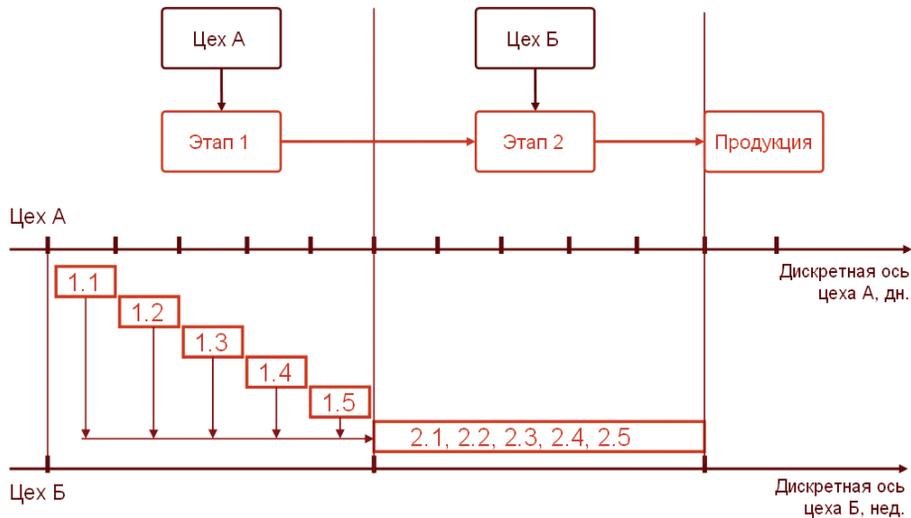


Рис. 4.13. Пример использования разных интервалов планирования в подразделениях, выполняющих последовательный производственный процесс

Общее время исполнения этапов определяется с точностью до одного интервала. Для очередного недельного интервала в цехе **Б** будут сформированы задания **2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5** на обработку пяти партий деталей, прошедших предварительную обработку в цехе **А** в течение пяти интервалов планирования: этапы **1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5** (рис. 4.13).

Стабилизирующий эффект планирования по интервалам

В последовательной цепочке технологических операций с увеличением числа операций снижается вероятность синхронной обработки количества деталей, изначально поступивших на ее вход. Часть деталей «задерживаются» в ожидании обработки перед разными операциями, и к плановой дате выпуска количество готовой продукции оказывается меньше ожидаемого. Требуется дополнительное время на завершение обработки всей партии. Причиной такой ситуации являются откло-

нения в сроках достижения результата каждой операции, возникающие случайным образом в процессе производства. Очередная операция не может быть начата в запланированное время, например, в силу следующих причин:

- предшествующая операция не началась в назначенный срок, и даже при соблюдении нормативного времени исполнения она закончится с опозданием;
- предшествующая операция началась в назначенное время, но ее фактическая длительность превысила установленное нормативное время исполнения.

Причины таких ситуаций могут быть разнообразны, но для целей оперативного управления производством важен результат: оборудование сначала простаивает в ожидании завершения предыдущей стадии обработки опаздывающей партии деталей, а потом, приступив со сдвигом по времени к ее обработке, уже само заставляет ждать следующую партию деталей. Время – ресурс, который нельзя компенсировать.

Использованный ранее термин «случайным образом» отражает непредсказуемый характер возникновения отклонений (отказ оборудования, инструмента, человеческий фактор). Чтобы снизить их влияние при планировании производства, используются организационные методы. Например, с учетом данных статистических наблюдений о фактической длительности исполнения для операции задается нормативное время исполнения, превышающее технологические нормы. Это повышает исполнимость рассчитанных планов (меньшее число отклонений влияет на конечный результат), но приводит к формированию скрытых резервов времени доступности оборудования, которыми трудно управлять.

В ряде случаев применяется условное занижение доступности оборудования в смену. Это своего рода временной буфер, способный противостоять нарастанию пиковых нагрузок и снижающий влияние отклонений, полученных или непосредственно возникших на одном виде оборудования, на последующие рабочие центры. Для наглядного представления описанной ситуации рассмотрим простой пример.

Деталь **А** последовательно обрабатывается на двух участках одного цеха. На каждом из участков выполняется несколько технологических операций, неразрывно связанных порядком исполнения (каждую группу таких операций будем считать отдельным этапом производства). Передача деталей между участками происходит единичными партиями, продолжительность обработки партии на каждом участке одинакова и составляет 1 час. Требуется обработать шесть партий деталей. Примем, что заготовки всегда есть в наличии, временем транспортировки между участками можно пренебречь, для участков установлен односменный 8-часовой график работы. План производства, соответствующий описанным условиям, представлен на рисунке 4.14.

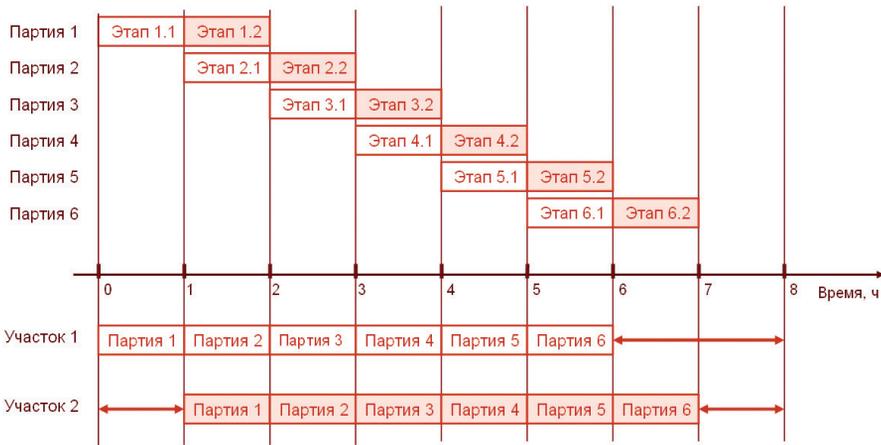


Рис. 4.14. План производства для шести партий деталей

В соответствии с построенным планом партия деталей **Партия 1** в течение первого часа будет обрабатываться на первом участке – **Этап 1.1**, в течение второго часа – на втором участке – **Этап 1.2**. **Партия 2** в течение второго часа будет проходить обработку на **Участке 1**, а в течение третьего часа – на **Участке 2**, и т. д.

Для обработки всех партий **Участок 1** будет задействован с начала смены на протяжении 6 часов, оставшиеся 2 часа в конце дня могут быть задействованы для обработки партий других деталей. **Участок 2** в первый час смены не может приступить к обработке указанных партий. И если нет других заданий, то он будет находиться в режиме ожидания (простоя). В конце дня у него есть 1 час для выполнения

других операций. Двусторонними стрелками на рисунке 4.14 показано время, в течение которого оборудование участков не задействовано в обработке рассматриваемых партий деталей. Согласно плану обработка всех партий завершается в течение одной смены. Это желаемый вариант исполнения. Предположим, что в ходе производства возникли следующие отклонения:

- **Этап 1.1** для партии 1 выполнялся 2 часа вместо 1 часа (потребовалась дополнительная настройка оборудования);
- **Этап 4.1** для партии 4 начался с опозданием на 0,5 часа (рабочий с опозданием вернулся с обеда);
- после выполнения этапа **Этап 4.2** для партии 4 **Участок 2** один час не мог работать (оборудование было обесточено из-за аварийного отключения электричества).

График обработки партий с учетом указанных отклонений представлен на рисунке 4.15.

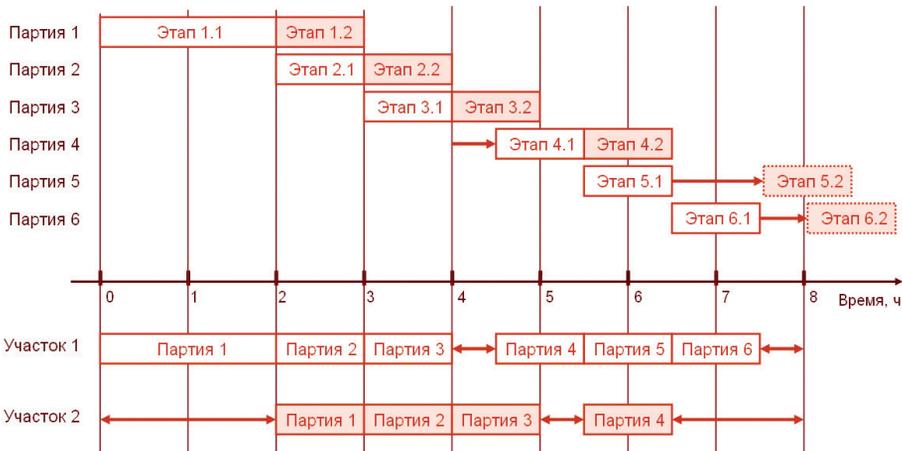


Рис. 4.15. График фактического выполнения обработки шести партий деталей

Указанные отклонения не позволили выполнить полную обработку всех партий в течение одной смены, как это предполагалось по плану производства, и два этапа: **Этап 5.2** для партии 5 и **Этап 6.2** для партии 6 – предстоит выполнить на следующий день. Из-за этого есть угроза сдвига

операций, запланированных к выполнению на следующую смену. В результате отклонений существенным образом поменялась схема времени, которое может быть задействовано на каждом из участков для обработки других партий деталей (двусторонние стрелки на рис. 4.15). Единый временной отрезок (удобный для планирования) в 2 часа на **Участке 1** разбился на два отрезка меньшего размера. Использовать их для обработки других партий деталей будет сложно, особенно если для этого требуется переналадка оборудования. Скорее всего, они так и останутся незадействованными.

Более сложная ситуация сложилась на **Участке 2**:

- увеличилось время ожидания начала обработки рассматриваемых партий в начале смены с 1 часа до 2 часов;
- появился простой между обработкой партий 3 и 4;
- появился простой в конце смены длительностью 0,5 часа. После восстановления на **Участке 2** энергоснабжения оборудования **Этап 5.2** для партии 5 нельзя начать, так как он не успеет завершиться до конца смены. Его исполнение переносится на следующий день, как и этапа **Этап 6.2** для партии 6.

Частично исправить ситуацию с загрузкой оборудования на **Участке 2** может использование заделов незавершенного производства. Суть данного метода заключается в следующем: по данным статистических наблюдений определяется размер запасов деталей, которые опережающим образом проходят предшествующие стадии обработки и ожидают на **Участке 2** своей очереди на обработку. В этом случае рабочие на **Участке 2**, располагая информацией о задержке поступления рассматриваемых партий деталей от **Участка 1**, могут выполнить обработку заделов. Данный вариант не позволяет «использовать» небольшие по длительности временные отрезки, так как переналадка оборудования на обработку партий новых деталей, а потом возвращение в прежнее состояние может быть задачей, не только нецелесообразной с экономической точки зрения (по трудозатратам), но и трудновыполнимой по времени. При этом не решается главная проблема: снижение влияния отклонений, возникших на **Участке 1**. Возникшая «волна» временных сдвигов в сроках исполнения операций пойдет по всему производственному процессу вплоть до выпуска готовой продукции, постоянно нарастая.

Причиной является несоответствие реальных сроков исполнения стадий обработки (этапов производства, технологических операций) срокам, установленным в ходе планирования. Это временной показатель. Кажется вполне логичным управлять временем через соответствующие временные показатели.

Указанные ранее организационные методы (корректировка нормативов выполнения технологических операций, создание резервов доступности оборудования относительно графика работы) в той или иной мере являлись попытками создать временной буфер для преодоления отклонений. Допустим, что производство всегда идет в условиях высокой степени неопределенности (нет полного доверия к нормативным показателям, нет гарантий исполнения установленных планами сроков). Если отклонения все равно будут, то попробуем ими управлять. Для этого нужно при планировании предусмотреть время на их преодоление. Такой резерв времени целесообразно назначать не для каждой операции, а для групп операций, составляющих технологический маршрут. Не важно, на какой из операций маршрута произойдет задержка выполнения, резерв с определенной долей вероятности перекроет ее.

Выбрав для производственного подразделения интервал планирования, мы тем самым перешли от рассмотрения непрерывной временной оси времени к работе с ее дискретным представлением – по интервалам планирования. Универсальность такого подхода определяется следующим фактом: не важна причина возникновения отклонений (с этим можно разобраться позднее), важно максимально быстро снизить их влияние на последующие стадии производственного процесса. Это и достигается введением временной избыточности для сроков исполнения отдельных этапов производства. Рассмотрим описанный выше пример с указанных позиций: если статистика исполнения не соответствует рассчитанному плану, то следует доверять статистике.

В нашем случае план производства показывает возможность обработать все 6 партий деталей в одну смену, но статистика исполнения говорит о том, что с высокой долей вероятности для полной обработки всех партий будут задействованы две смены. Какое значение вероятности считать высоким показателем, каждое предприятие может определить индивидуально. Отклонения в исполнении этапов могут возникать на обоих участках, поэтому для каждого из них необходимо создать свой временной буфер для сглаживания последствий отклонений на сроки выпуска продукции.

Выберем для каждого участка интервал планирования 1 день (в примере соответствует одной смене) и будем выдавать задания участкам на интервалы. В этом случае в первый день **Участок 1** получит задание выполнить этапы **1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6** для всех шести партий. **Участок 2** заданий на этот день не получит и может быть полностью задействован в обработке партий других деталей. Все обработанные на **Участке 1** партии деталей **Участок 2** получит на второй день. При этом если на **Участке 1** и возникали какие-либо сложности с обработкой всех партий, то они могут быть компенсированы в течение того резерва времени, который предоставляет его интервал планирования (2 часа). Исполнение всех шести партий с учетом описанных ранее в примере отклонений показано на рисунке 4.16.

На рисунке 4.16 видно, что все сложности в обработке 6 партий деталей, возникшие на **Участке 1**, не изменили порядок выполнения этапов **2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6** всех партий деталей на **Участке 2**. Отклонения «поглотил» временной буфер, созданный за счет использования интервалов планирования. Отклонения локализованы на участке возникновения (**Участок 1**) в рамках интервала (**Первый день обработки**). На **Участке 2** появилась возможность лучшим образом распорядиться временем, оставшимся после обработки рассматриваемых партий деталей, так как оно теперь представлено единым временным отрезком (сравните рисунки 4.14, 4.15 и 4.16).

Рассмотренный пример показывает, что интервальное планирование способно обеспечить более реалистичные сроки производства. Использование части времени интервалов в роли временных буферов, препятствующих переносу отклонений по цепочке производства, существенно снижает количество ситуаций, когда придется корректировать планы по ходу производства, позволяет не держать большие заделы в незавершенном производстве.

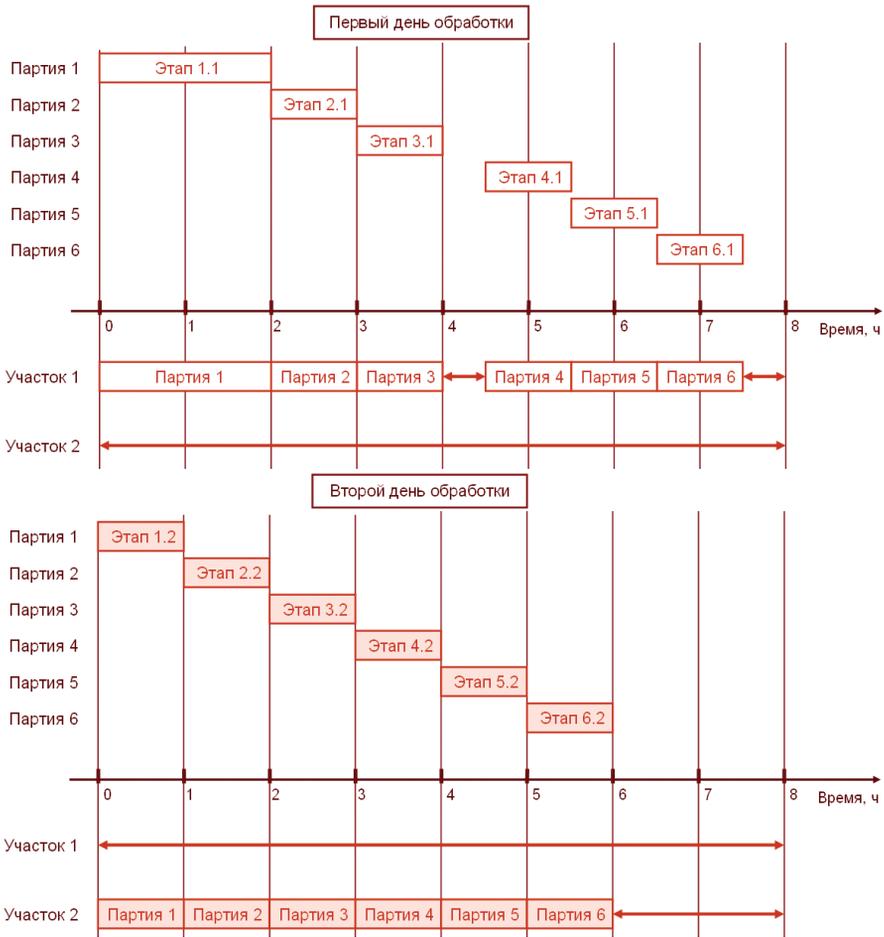


Рис. 4.16. График обработки шести партий деталей при интервальном планировании

Синхронизация исполнения этапов производства

Синхронизация исполнения этапов, размещаемых для выполнения в разные интервалы планирования, выполняется межцеховым графиком производства. График производства проецирует интервалы, задействованные для выполнения этапов в каждом подразделении, на общую календарную ось времени, что определяет длительность производственного цикла. Рассмотрим это на примере. Выпуск продукции предполагает последовательное исполнение четырех этапов, исполняемых тремя цехами (рис. 4.17).

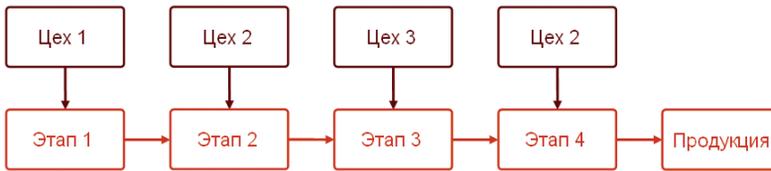


Рис. 4.17. Пример последовательного производственного процесса выпуска продукции

Все цеха работают по графику пятидневной рабочей недели. Условно считаем, что все необходимые материалы и оборудование доступны в полном объеме, и рассмотрим только последовательность исполнения производственного процесса выпуска продукции с учетом дискретности временной оси. Каждый из задействованных в производстве цехов имеет уникальную систему управления:

- **Цех 1** – технология предполагает фиксированное время обработки любой поступившей партии материала (не зависит от объема партии). Время исполнения всегда составляет 3 рабочих дня;
- **Цех 2** – длительность обработки любых этапов составляет не более 1 часа. В цех на исполнение передаются суточные задания. Особое внимание уделяется минимизации переналадок оборудования;
- **Цех 3** – располагает разнообразным оборудованием и выполняет этапы, состоящие из большого числа технологических операций. Средняя суммарная длительность технологических операций выполняемых этапов составляет 25 часов.

Особенности организации производства не позволяют выбрать для всех цехов единый оптимальный интервал планирования и диспетчеризации производства. Для каждого цеха нужно подобрать свой, наиболее подходящий вариант. Обработка в подразделении **Цех 1** может начаться в любой рабочий день и продлится заранее известное время. Это позволяет для планирования работ использовать обычную календарную ось времени с естественным периодом рассмотрения в один рабочий день (соответствует календарным суткам). Длительность исполнения этапа **Этап 1** задается целым количеством календарных дней. Приступить

к исполнению последующего этапа **Этап 2** можно на следующий день, после окончания этапа **Этап 1** (рис. 4.18).

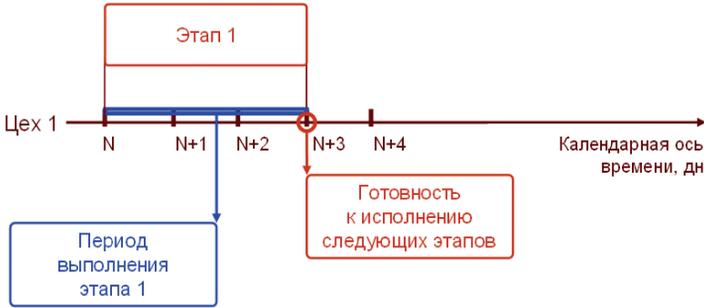


Рис. 4.18. Диспетчеризация работ в «Цехе 1» выполняется по календарным датам

Цех 2 получает к исполнению суточные задания. Даже при организации работы в три смены их общая длительность для единицы оборудования ограничена 24 часами (длительность суток). Расписание выполнения этапов определяется сотрудниками цеха по результатам анализа всех заданий, подлежащих выполнению в конкретный день, по критерию минимизации числа переналадок. Допустим, что интересующий нас **Этап 2** оказался в расписании во второй половине дня. В общем случае он может получить любое время выполнения в течение интервала (рабочего дня). Для планирования производства в цехе **Цех 2** можно применить дискретную ось времени с интервалом 1 рабочий день (календарные сутки). Приступить к исполнению последующего этапа **Этап 3** можно по окончании текущего интервала временной оси, выбранной для цеха **Цех 2** (рис. 4.19).

Разница между завершающей границей интервала и временем фактического окончания работ по этапу определяет время пролеживания заготовок **Тпрол** внутри интервала. **Цех 3** получает к исполнению недельные задания. Даже при организации работы в три смены их общая длительность для единицы оборудования ограничена 24 час. x 5 дн. = 120 часами (длительность пятидневной рабочей недели). Выполнение этапа **Этап 3** в интервале, равном одной рабочей неделе (5 календарных дней), показано на рисунке 4.20.

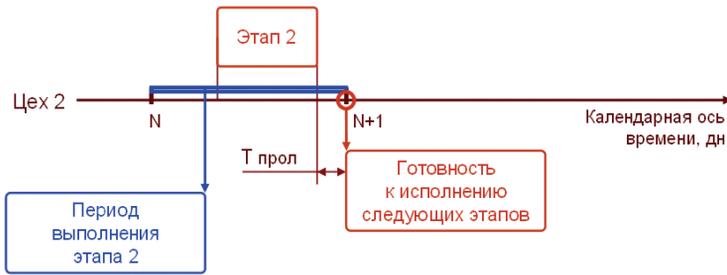


Рис. 4.19. Диспетчеризация работ в «Цехе 2» выполняется по интервалам на дискретной временной оси. Интервал – рабочий день (календарные сутки)

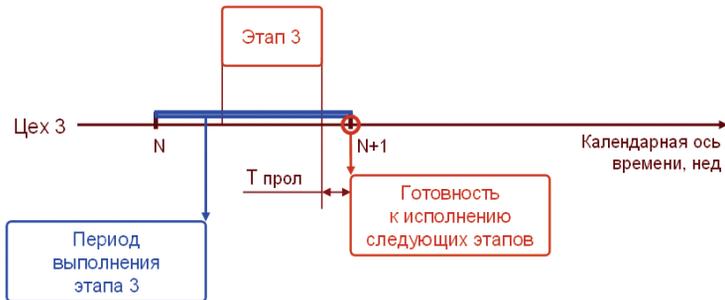


Рис. 4.20. Диспетчеризация работ в «Цехе 3» выполняется по интервалам на дискретной временной оси. Интервал – рабочая неделя (5 календарных суток)

Условия исполнения этапа **Этап 4** аналогичны выполнению этапа **Этап 2**, так как оба этапа выполняются в одном подразделении. Перенесем время исполнения каждого из этапов на единую календарную ось времени (рис. 4.21).

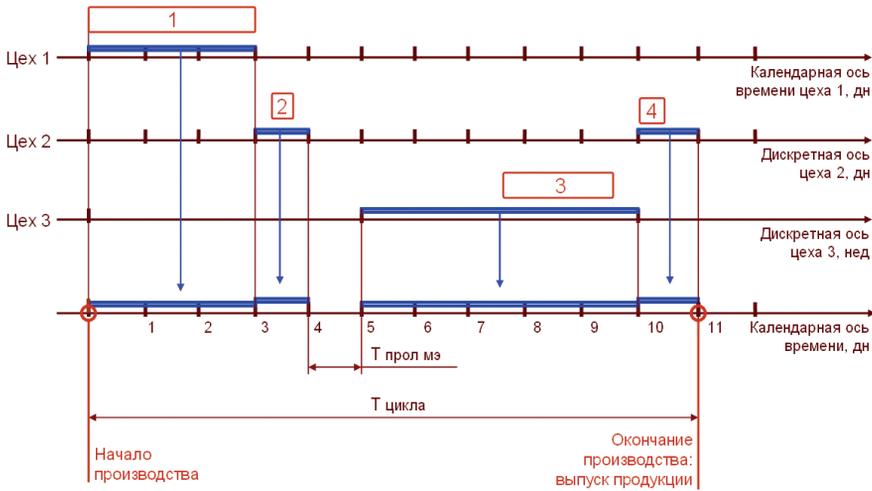


Рис. 4.21. Проекция дискретного времени исполнения этапов на единую календарную ось времени (при пятидневной рабочей неделе)

Календарная ось времени имеет традиционное для производства представление в рабочих днях исполнения:

- **Этап 1**, имеющий длительность в 3 рабочих дня, переносится один в один и занимает первые три календарных дня с момента начала производства;
- **Этап 2** переносится на календарную ось с длительностью в один день, равной интервалу планирования подразделения-исполнителя **Цех 2**. Конкретное время выполнения этапа в рамках дневного интервала значения не имеет, так как результат выполнения регистрируется только по границе интервала;
- межцеховое пролеживание длительностью в один день между этапами **Этап 2** и **Этап 3** возникает из-за готовности цеха **Цех 3** приступить к исполнению только в рамках очередного недельного интервала, который в рассматриваемом примере начинается на шестой рабочий день с момента начала производства в цехе **Цех 1**. Пролеживания могло не быть, если бы запуск в производство в цехе **Цех 1** произошел за четыре рабочих дня до начала любого интервала в цехе **Цех 3**. Время пролеживания могло быть больше одного дня – до четырех

дней, в случае если запуск в производство в цехе **Цех 1** произошел бы за шесть-восемь дней до начала любого интервала в цехе **Цех 3**;

- **Этап 3** переносится на календарную ось с длительностью в одну неделю (пять рабочих дней), равной интервалу планирования подразделения-исполнителя **Цех 3**. Конкретные дни выполнения этапа в рамках недельного интервала значения не имеют, так как результат выполнения регистрируется только по границе интервала;
- **Этап 4** переносится на календарную ось с длительностью в один день, равной интервалу планирования подразделения-исполнителя **Цех 2**. Конкретное время выполнения этапа в рамках дневного интервала значения не имеет, так как результат выполнения регистрируется только по границе интервала.

Таким образом, длительность производственного цикла в рассмотренном примере составляет 11 рабочих дней и является значением, средним по продолжительности из возможных вариантов. Рассчитанный результат существенно превышает длительность технологического процесса изготовления. Он отражает реальные условия производства исходя из принятых для каждого подразделения регламентов управления. Также через выбор размера интервала планирования для подразделений учитываются статистические данные о межоперационном и межцеховом времени пролеживания партий обработки.

Подразделения в рамках каждого интервала имеют возможность для оптимизации производства с использованием невременных критериев. Например, в рамках примера была определена задача оптимизации числа переналадок оборудования в цехе **Цех 2**. Экономический эффект от решения таких задач может быть весьма существенным. Это одно из направлений раскрытия внутренних резервов производства.

Внесенная использованием интервалов избыточность в плановое время исполнения этапов приводит к увеличению длительности производственного цикла, но делает его более устойчивым к отклонениям, что повышает вероятность выпуска продукции в рассчитанный срок.

Нормативное время выполнения этапов

Для составления графика производства по интервалам требуется корректно задать параметры производственного процесса и, прежде всего, указать нормативное время выполнения каждого его этапа. Этап охватывает выполнение нескольких технологических операций. Каждая из них может выполняться на своем оборудовании.

Предположим, что для оценки исполнимости межцехового графика производства по производственным ресурсам достаточно провести в интервале анализ загрузки ограниченного числа видов оборудования. Это оборудование имеет наиболее высокую (относительно своей доступности) загрузку и в силу этого может оказать существенное влияние на сроки выпуска продукции. Такой подход справедлив, если исполнение операций на оставшемся оборудовании не имеет задержек и может быть легко синхронизировано (подстроено) под работу контролируемых видов оборудования.

Для определения нормативных сроков начала и завершения выполнения этапа следует рассмотреть два случая выполнения операции(й) на контролируемом виде оборудования относительно других операций этапа.

1-й случай. Операция **Т04** является последней (завершает цепочку операций этапа) и может быть выполнена первой по графику работы контролируемого оборудования в интервале – в этом случае все предшествующие ей операции (**Т01**, **Т02**, **Т03**) должны быть выполнены ранее, за рамками выбранного для ее исполнения интервала планирования (рис. 4.22).

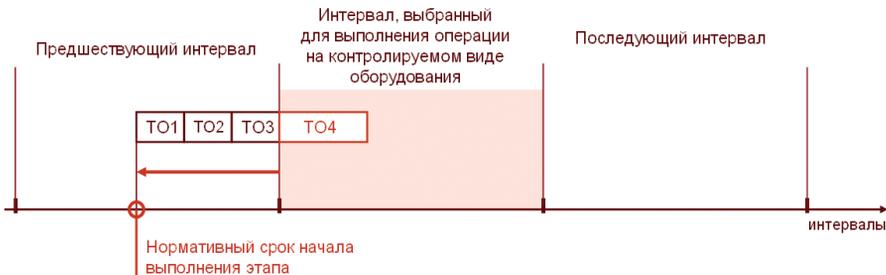


Рис. 4.22. Определение нормативного срока начала исполнения этапа

Длительность выполнения операций **TO1**, **TO2**, **TO3** определяется с учетом времени исполнения всех сопровождающих их процессов (например, времени перемещения партий деталей между операциями). Определяется (стрелка на рис. 4.22), когда должно быть начато исполнение этапа, чтобы операция **TO4** могла быть выполнена в выбранном для нее интервале. Это самая поздняя из возможных дат начала исполнения этапа, она определяет нормативный срок начала исполнения этапа. Организационно начало исполнения этапа может быть привязано к началу интервала, в течение которого будут выполняться операции **TO1**, **TO2**, **TO3**, или взято с опережением относительно его.

2-й случай. Операция **TO1** является первой (с нее начинается цепочка операций этапа) и может быть выполнена последней по графику работы оборудования в интервале – все последующие операции (**TO2**, **TO3**, **TO4**) могут быть выполнены только после ее завершения, за рамками выбранного для ее исполнения интервала планирования (рис. 4.23).

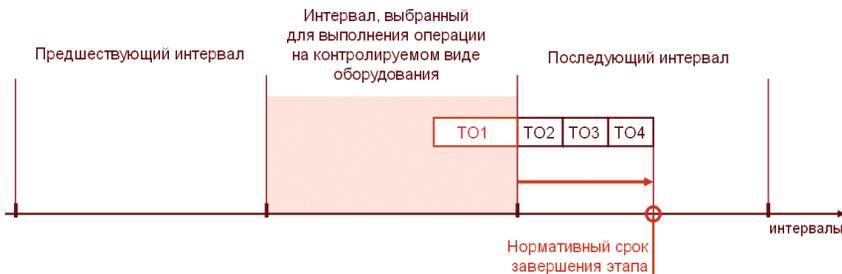


Рис. 4.23. Определение нормативного срока завершения исполнения этапа

Длительность выполнения операций **TO2**, **TO3**, **TO4** определяется с учетом времени исполнения всех сопровождающих их процессов (например, времени перемещения партий деталей между операциями). Стрелка на рисунке 4.23 показывает время завершения выполнения этапа, которое определяет возможность начать следующий этап. Это значение принимается за нормативный срок завершения этапа. Если технологическая операция **TO4**, выполняемая на контролируемом виде оборудования, находится в середине цепочки операций этапа (**TO1 – TO6**), то при определении времени начала и завершения этапа необходимо взять максимальные значения из возможных сроков выполнения предшествующих и завершающих операций (рис. 4.24).

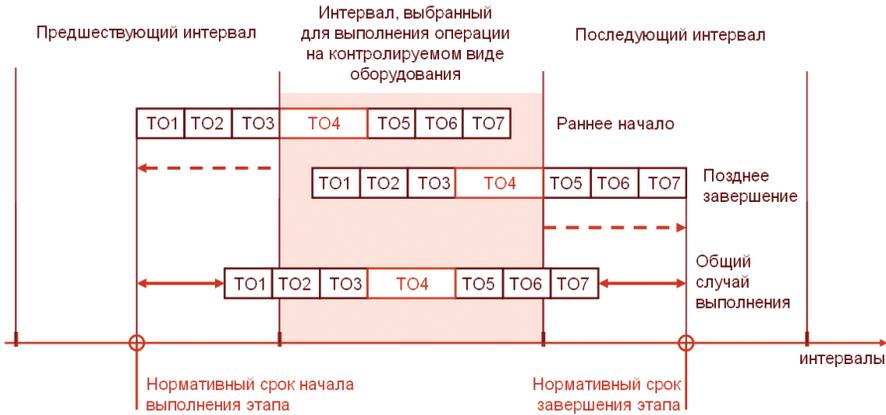


Рис. 4.24. Нормативное время исполнения этапа при анализе в интервале загрузки одного вида оборудования

Для целей календарного планирования время исполнения этапа определяется нормативными сроками начала и завершения выполнения этапа (это часть нормативной информации описания производственных процессов). Считается, что все операции этапа должны быть выполнены в указанных временных рамках.

Для оценки размещения этапа в интервале могут использоваться два (и более) вида оборудования, задействованных в разных концах цепочки технологических операций этапа. Каждый из них потенциально может иметь максимальную загрузку в рассматриваемом интервале и стать точкой отсчета для выполнения других операций технологического маршрута. Для выполнения всех операций этапа может потребоваться дополнительное время за рамками рассматриваемого интервала планирования: и до его начала, и по его завершении. До момента составления графика производства оценить такую потребность не представляется возможным. Но на этапе описания нормативных данных следует предусмотреть обе возможности, что приведет к следующей ситуации (рис. 4.25).

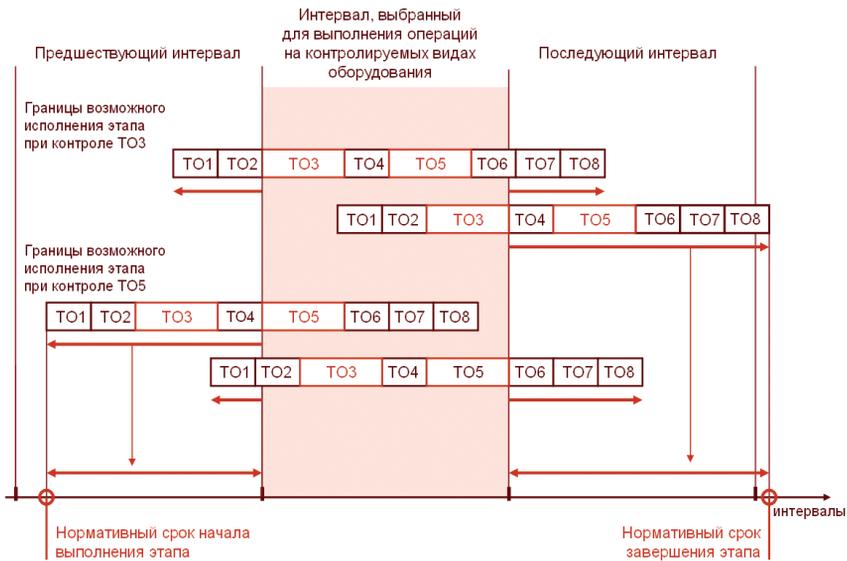


Рис. 4.25. Нормативное время исполнения этапа при анализе в интервале загрузки двух видов оборудования

В интервале на контролируемых видах оборудования возможно выполнение технологических операций **TO3** и **TO5**. Для каждой из них на рисунке 4.25 показаны граничные варианты исполнения. Из всех значений времени, требующегося для выполнения операций за рамками выбранного интервала, отбираются максимальные значения, которые определяют нормативные сроки начала и завершения этапа. Границы периода выполнения этапа показаны на рисунке 4.25 двусторонними стрелками. Нетрудно заметить, что они определяют для этапа больший период исполнения, чем в случае с контролем загрузки одного вида оборудования.

В решении «1С:ERP Управление предприятием 2» нормативный срок начала выполнения этапа описывает длительность предварительного буфера этапа, а нормативный срок завершения – завершающий буфер этапа. Если размер какого-либо буфера оказался сопоставим с длительностью интервала планирования, то при составлении графика производства под соответствующий буфер будет отведен отдельный интервал. Это «раздвигает» во времени последовательно выполняемые этапы производственного процесса. Такой подход оправдан, когда требуется обеспечить максимальную и бесперебойную загрузку контролируемого вида оборудования.

В ряде случаев отводить под буфер этапа отдельный интервал не требуется: размер буфера много меньше длительности интервала, а выполнение технологических операций может быть обеспечено организационными методами. Например, для этого часто применяется сдвиг графиков работы для разных производственных подразделений и обеспечивающих их складов. Это позволяет к началу работы наиболее загруженного оборудования на участке обеспечить выполнение предшествующих стадий обработки. В простых случаях нормативные сроки начала выполнения и завершения этапов определяются по границам интервала, в котором анализируется возможность выполнения операций этапа на контролируемых видах оборудования.

Виды контролируемых ресурсов

В условиях конкретного производства для контроля выбираются наиболее существенные виды ресурсов (определяются спецификой предприятия).

Оборудование

Изначально считается, что цех-исполнитель располагает оборудованием для выполнения каждой операции адресованных ему этапов производства. При календарном планировании состав этапов, подлежащих выполнению в конкретном интервале, определяется последовательно:

- сначала оценивается возможность исполнения этапов, относящихся к заказам на производство с высоким приоритетом исполнения, затем этапов заказов с более низким приоритетом;
- при размещении каждого последующего этапа из состава производственного процесса учитываются сроки исполнения предыдущих этапов (для варианта планирования «точно к сроку» – дата начала исполнения этапа определяет срок завершения предыдущих этапов).

Определить порядок взаимного исполнения операций внутри интервала возможно только после формирования полного набора этапов на интервал. В рамках построения межцехового графика производства достаточно получить подтверждение возможности исполнения этапа

в интервале планирования по ограниченному числу показателей. Например, проанализировать доступность не всех видов оборудования, а только тех, которые в большей степени способны оказать влияние на соблюдение сроков производства. Это оборудование, прогнозируемая совокупная загрузка которого в рамках интервала планирования близка к разрешенному времени работы (определяется выбранным графиком работы). В этом случае снижается вероятность начать на нем обработку партий деталей непосредственно по завершении предыдущих операций.

Указанное оборудование является потенциальным «узким местом» исполнения производственного процесса. В разных интервалах планирования «узким местом» могут стать различные виды оборудования, исходя из востребованности оборудования для выполнения конкретного набора этапов производства.

Статистические наблюдения позволяют выделить 1–2 наиболее загруженных вида оборудования и использовать оценку их доступности как показатель доступности всех производственных ресурсов в интервале.

При этом на первом этапе календарного планирования (при составлении межцехового графика производства) можно сделать допущение, что технологические маршруты проходят через все оставшиеся вне рассмотрения виды оборудования без существенной задержки (обработка начинается сразу же после поступления на них партий деталей). Допустима небольшая задержка начала выполнения операций, которая не оказывает значимого влияния на длительность исполнения этапа. Указанное допущение снимается на втором шаге календарного планирования при составлении пооперационного плана, в рамках которого рассчитывается четкое время выполнения операций на каждой единице оборудования, разрешаются конфликты в порядке их исполнения.

Рассмотренный подход к оценке производственных ресурсов в интервале по доступности наиболее загруженных видов оборудования можно рассматривать как оптимизационный механизм, позволяющий без существенной потери качества первого шага календарного планирования существенно снизить его трудоемкость.

Далее в текущем разделе будет рассматриваться доступность только контролируемых видов оборудования.

Доступность оборудования как управляемый ресурс. Общая доступность оборудования характеризует время, в течение которого на нем потенциально возможно выполнение технологических операций с нормативной производительностью. При расчете межцехового графика производства определяется, какая часть времени работы контролируемого оборудования в интервале планирования может быть задействована для выполнения операций конкретного этапа. Если времени достаточно, то принимается решение о выполнении этапа в рассматриваемом интервале планирования.

Длительность обработки одной партии деталей складывается из подготовительно-заключительного времени, которое необходимо, в том числе, для настройки оборудования, и основного времени выполнения технологической операции, зависящего от размера партии. В течение указанного времени используемая для выполнения операции единица оборудования будет недоступна для другого применения. Размещение очередного этапа в интервал планирования возможно, если время, требуемое для обработки партии деталей на контролируемом виде оборудования, не превышает его текущую доступность (рис. 4.26).

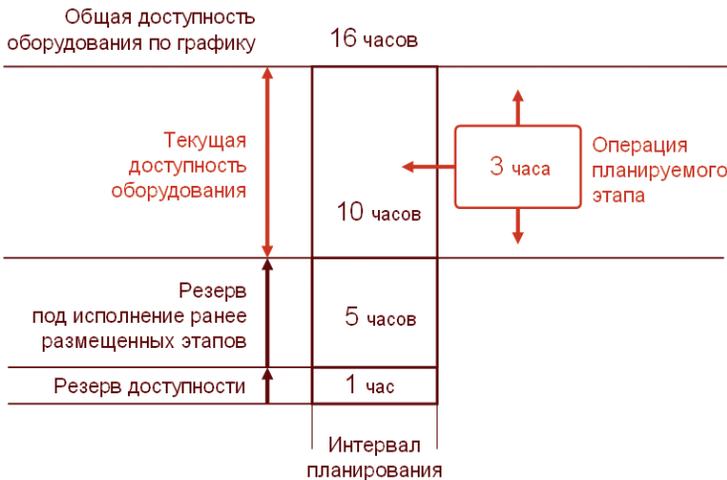


Рис. 4.26. Пример оценки текущей доступности оборудования для выполнения операции планируемого этапа (интервал планирования «день» – календарные сутки)

Пример на рисунке 4.26 показан для значения интервала планирования «день». Общая доступность единицы оборудования имеет естественный ограничитель в виде продолжительности календарных суток: 24 часа. Физическое время работы оборудования не может превышать этого значения. Для примера выбран двухсменный график работы, дающий общую доступность оборудования в размере 16 часов. Это время за вычетом всех регулярных технологических и обеденных перерывов. Из общего доступного времени выделен резерв доступности оборудования в размере 1 час. Это директивное занижение времени, доступного для выполнения операций. Основные варианты использования резерва:

- перекрыть прогнозируемые отклонения по времени исполнения операций;
- выделить время на типовые действия по настройке оборудования, исключив его из длительности обработки отдельных партий;
- предусмотреть время для нерегулярного технического обслуживания.

При необходимости резерв доступности может быть задействован для выполнения операций на общих основаниях. После исключения из общей доступности резерва текущая доступность единицы оборудования составила 15 часов. На момент планирования рассматриваемого этапа 5 часов из текущей доступности уже были зарезервированы этапами более приоритетных заказов на производство. Таким образом, текущая доступность оборудования для выполнения операции этапа составила 10 часов. Для выполнения операции планируемого этапа на данном виде оборудования требуется 3 часа, значит производственного ресурса для ее исполнения в данном интервале планирования достаточно. Этап может быть запланирован для выполнения в рассматриваемом интервале планирования.

При оценке доступности по нескольким видам оборудования для размещения этапа должна быть обеспечена доступность в интервале по каждому контролируемому виду оборудования.

Особенности определения доступного времени работы оборудования. Как правило, выполнение одной технологической операции возможно на разных экземплярах оборудования. Это может быть выбранный

станок из группы станков одной марки или родственные станки разных марок, обеспечивающие требующуюся точность обработки. Располагая парком однотипных станков, подразделение может выполнять производственные задания, исходя из их общей доступности.

Для дальнейшего рассмотрения уместно перейти от использования термина «оборудование» к более общему понятию «рабочий центр». Описываемые подходы могут применяться в условиях любой организации рабочих мест, в том числе и при минимальном использовании технологического оборудования, а также для рабочих мест, основанных исключительно на деятельности персонала предприятия.

Каждый рабочий центр характеризуется производительностью и графиком работы. Данные параметры позволяют определить время, доступное для выполнения операций. При составлении календарных планов параметр производительности применяется для сопоставления доступности разных рабочих центров. Он задается опосредованно, через нормативы выполнения технологических операций.

Принцип сопоставления позволяет задавать производительность рабочих центров в относительных безразмерных единицах от установленной нормативной производительности. Этот параметр отсутствует в паспорте оборудования. Его необходимо определить опытным путем и уже в дальнейшем использовать в ходе планирования как исходное свойство рабочего центра. Указанная задача может быть решена следующим образом.

Использование оборудования конкретной марки создает набор технических условий, в которых выполнение операции будет занимать определенное время. Если указанные технические условия принимаются как основные, а время исполнения операции берется за норматив, то можно сказать, что рабочий центр обладает единичной (нормативной) производительностью. Относительно нормативного времени оценивается время выполнения операции на оборудовании другой марки или вида. Если при сохранении качества время обработки получается больше нормативного, то производительность рассматриваемого оборудования считается ниже единицы. Меньшее время исполнения характеризует более производительный рабочий центр (рис. 4.27).

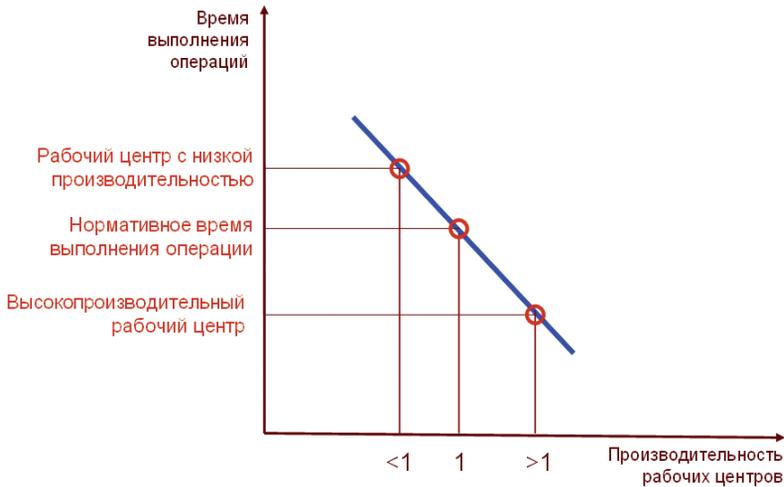


Рис. 4.27. Зависимость времени выполнения операций от производительности рабочих центров

Рабочий центр с единичной производительностью выполнит операцию за установленное для нее нормативное время. Общее время, доступное для исполнения операций, определяется графиком работы рабочего центра без поправочных коэффициентов.

Высокопроизводительный рабочий центр выполнит любую операцию быстрее, а в оставшееся время на нем можно запустить дополнительные операции. В этом случае общее время, доступное для исполнения операций, определяется графиком работы с повышающим коэффициентом, равным заданной производительности рабочего центра.

На рабочем центре, обладающем низкой производительностью, исполнение каждой операции будет более длительным и за сопоставимое с другими рабочими центрами время работы будет выполнено меньшее количество операций. Для него общее время, доступное для исполнения операций, определяется графиком работы с понижающим коэффициентом, равным заданной производительности рабочего центра (рис. 4.28).

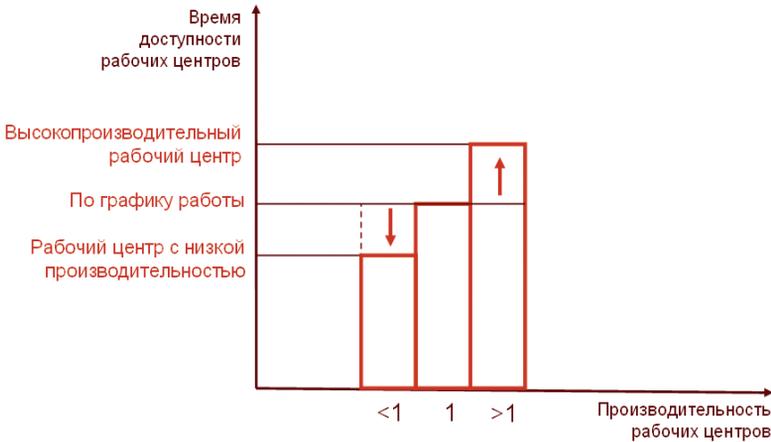


Рис. 4.28. Зависимость времени доступности рабочих центров для выполнения операций от их производительности

Общая доступность группы оборудования. В большинстве случаев при расчете графика производства анализируется доступность не отдельных рабочих центров, а групп взаимозаменяемого оборудования. Такие группы называют еще видами рабочих центров. Вид рабочих центров может объединять рабочие центры разной производительности. Применяются два варианта задания общей доступности вида рабочих центров:

- суммарная доступность входящих в него рабочих центров;
- директивное указание доступности одним значением.

В последнем случае значение отражает максимально возможную доступность производственных ресурсов в интервале планирования. Состав и графики работы отдельных рабочих центров, ее обеспечивающих, могут быть определены позднее, исходя из фактической востребованности в них. Например, данный вариант применяется на предприятиях, где организация производства позволяет оперативно перестраивать число рабочих мест под объемы производства и есть возможность перемещения персонала между различными рабочими местами.

Оценка размещения этапа в интервале только по времени обработки партии справедлива для случаев последовательной обработки деталей партии. Даже если оборудование позволяет за один проход обработать несколько деталей, это ситуации не меняет.

Для оборудования, реализующего «параллельную» обработку (галтовочные барабаны, термические печи, гальванические ванны и т. д.) время технологической операции не дает полного представления о количестве этапов, которые могут быть выполнены в интервале. Допустим, что термическая печь с синхронной загрузкой позволяет выполнить в течение календарных суток (интервал «день») 8 закладок. Физическим ограничением количества одновременно обрабатываемых деталей является объем печи. При этом время выполнения операции не зависит от наполненности печи и одинаково для каждой закладки.

Размеры деталей и объемы партий, требующих термической обработки, различны. В этом случае этап может быть выполнен в интервале, если объем деталей рассматриваемой партии с учетом объема деталей уже размещенных в интервале этапов не превышает величину, соответствующую восьмикратному объему печи. Порядок загрузки партий в печь на данном этапе планирования не рассматривается, оценивается потенциальная пропускная способность оборудования.

Инструмент и спецснастка

Инструмент. С точки зрения задач обеспечения можно выделить две группы инструмента:

- **быстроизнашивающийся инструмент** – принципы его обеспечения близки к удовлетворению потребностей в материалах для производства:
 - используется массово;
 - переносит свою стоимость целиком на конкретный вид обрабатываемой детали;
 - есть возможность рассчитать нормы расхода;
 - имеет короткие сроки обеспечения;
 - закупается партиями;

- **дорогостоящий инструмент длительного использования** – по правилам обеспечения близок к спецоснастке:
 - использование ограничено узким кругом операций;
 - ведется индивидуальный учет;
 - предполагает учет наработки;
 - длительные сроки обеспечения;
 - порядок переноса стоимости на готовую продукцию определяется в ходе производства.

В силу невысокой цены и массового использования для быстроизнашивающегося инструмента оправданно создание страховых запасов. Наличие норм расхода при выполнении производственных процессов дает право включить такой инструмент в ресурсные спецификации наравне с материалами и использовать для них единые механизмы обеспечения.

Спецоснастка. Спецоснастка при планировании производства выступает в качестве отдельного объекта рассмотрения. Можно выделить несколько стадий работы с ней:

- **оценка доступности для использования** – наравне с производственным оборудованием спецоснастка определяет технологическую возможность исполнения операции. Например, штамповка возможна только при одновременном использовании прессы (вид оборудования) и пресс-формы (спецоснастка);
- **восстановительное производство** – изготовление или приобретение новой спецоснастки на место изношенной, как правило, занимает длительное время, поэтому важно иметь прогноз ее использования, чтобы с учетом наработки вовремя сделать заказ на замену или восстановление.

При планировании спецоснастку можно условно приравнять к видам рабочих центров и использовать общие с ними правила оценки ее доступности для исполнения операций. Учет наработки спецоснастки аналогичен регистрации наработки оборудования.

Близость управленческих подходов и учетных действий для оборудования и спецодежды позволяет использовать для них единые механизмы планирования, рассматривая спецодежду как часть производственных ресурсов цеха. Окончательное решение о совместной или отдельной оценке указанных ресурсов при календарном планировании принимается исходя из особенностей конкретного производства.

Материальные ресурсы

Оценка доступности материалов является одной из ключевых в планировании производства. Первые автоматизированные системы планирования производства строились на модели планирования потребностей в материалах. Их задачей было рассчитать поставку всех комплектующих, исключая простои производства и минимизирующую запасы на складах. Применительно к рассматриваемой схеме планирования этапов производства данные требования преобразуются в условие определить исполнимые варианты обеспечения необходимыми материалами и комплектующими к началу этапа.

При календарном планировании достаточно определить именно вариант обеспечения. Также можно рассматривать возможность создания резерва из свободных остатков склада на дату планирования. Но с учетом хранения зарезервированных материалов до даты фактического использования такой способ обеспечения может оказаться не лучшим по экономическим показателям. Для полуфабрикатов, производимых в рамках единого с продукцией производственного процесса или независимо, вариантом обеспечения является выпуск к заданной дате. В ходе календарного планирования рассчитывается дата их опережающего запуска в производство. Для закупаемых комплектующих и материалов доступность к использованию определяется наличием свободных остатков на складе к дате начала этапа или сроками исполнения заказов поставщикам.

Трудовые ресурсы

Как было указано выше, доступность трудовых ресурсов можно оценить косвенными методами, считая, что оборудование готово к использованию только при условии его обеспеченности квалифицированными рабочими. Загрузку уникальных по навыкам рабочих и специалистов

можно рассматривать наравне с доступностью производственных ресурсов. Такое допущение позволяет выделить задачу управления трудовыми ресурсами из процесса межцехового планирования и решать ее организационными методами внутри цеха. Данный подход не противоречит сложившейся на производственных предприятиях практике формирования штатного расписания, задания коэффициента сменности работы оборудования.

Использование межцехового графика производства

Межцеховой график является одним из основных инструментов оперативного управления производством и предназначен для обеспечения запланированных сроков выпуска продукции в изменяющихся условиях производства. Укрупненная схема создания графика производства показана на рисунке 4.29.

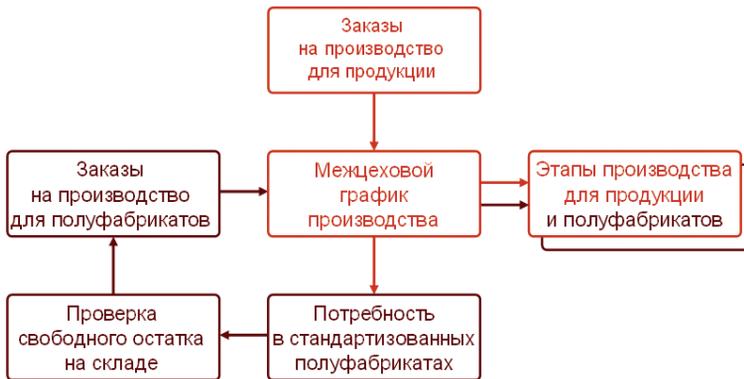


Рис. 4.29. Создание межцехового графика производства

Планирование продукции

Считается, что соблюдение рассчитанных сроков выполнения этапов гарантирует передачу продукции на склад не позднее установленной плановой даты. Простой производственный процесс выпуска продукции представлен на рисунке 4.30.

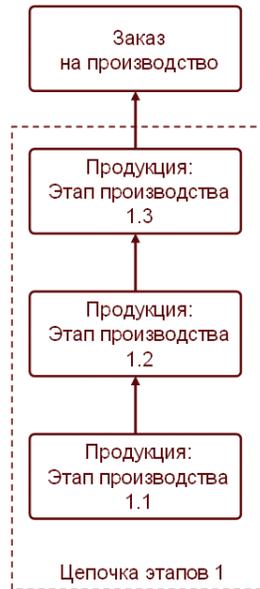


Рис. 4.30. Простой производственный процесс выпуска продукции

Как правило, состав этапов определяется нормативно-справочной информацией, представленной в ресурсной спецификации на продукцию. Особенности изготовления конкретной партии можно учесть путем корректировки состава выполняемых этапов.

Порядок размещения этапов разных заказов на производство определяется установленным приоритетом выпуска (см. раздел «Объекты планирования»).

Для каждой партии продукции может быть использован свой вариант выпуска (см. раздел «Варианты размещения выпуска»).

Расчет межцехового графика производства выполняется последовательным размещением этапов производства на интервалы планирования (см. раздел «Планирование на дискретной оси времени»).

Выбор интервалов для выполнения этапов производства производится на основании оценки доступности в них необходимых ресурсов (см. раздел «Виды контролируемых ресурсов»).

Планирование полуфабрикатов

Производственные процессы выпуска продукции охватывают изготовление всех необходимых полуфабрикатов, кроме стандартизованных деталей. Если производство полуфабрикатов является частью производственных процессов выпуска продукции, то состав этапов для продукции дополняется этапами, необходимыми для изготовления полуфабрикатов (рис. 4.31).

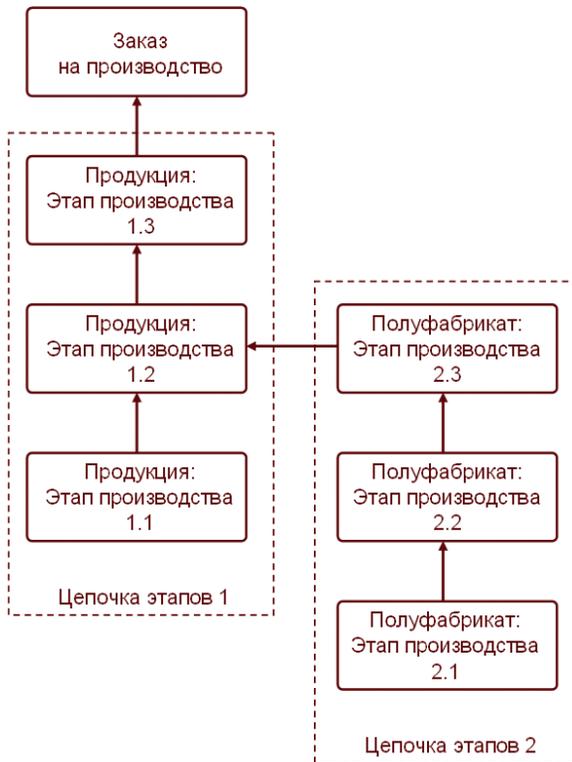


Рис. 4.31. Формирование производственных процессов выпуска продукции

«Цепочка этапов 1», сформированная по спецификации продукции, дополняется «Цепочкой этапов 2», созданной по спецификации полуфабриката.

Если заказ на производство объединяет несколько видов продукции, в изготовлении которых используются общие полуфабрикаты, то рационально организовать их консолидированное производство (рис. 4.32).

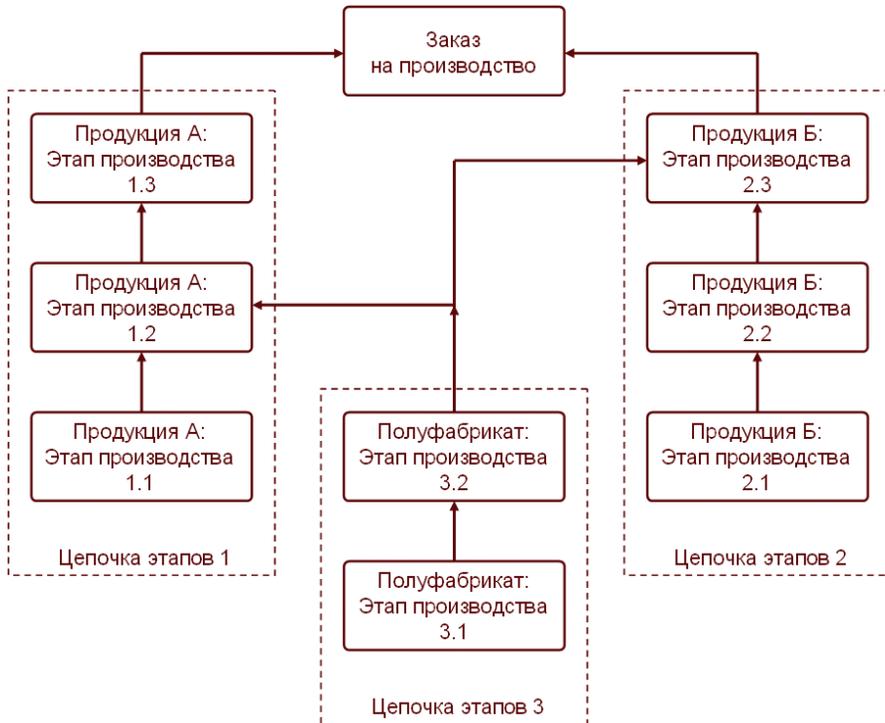


Рис. 4.32. Консолидированное производство полуфабрикатов для разных видов продукции одного заказа на производство

Например, для производства полуфабриката, входящего в состав **Продукция А** на этапе **Продукция А: Этап производства 1.2** и в состав **Продукция Б** на этапе **Продукция Б: Этап производства 2.3**, будет сформирована общая партия запуска полуфабриката **Цепочка этапов 3**.

Выпуск одной общей партии полуфабрикатов экономически более выгоден, так как позволяет минимизировать число переналадок (непроизводительных простоев оборудования) и снизить время на перемещение деталей в процессе изготовления.

Схожая ситуация возникает, когда общий полуфабрикат необходим для выпусков продукции, оформленных разными заказами на производство (рис. 4.33).

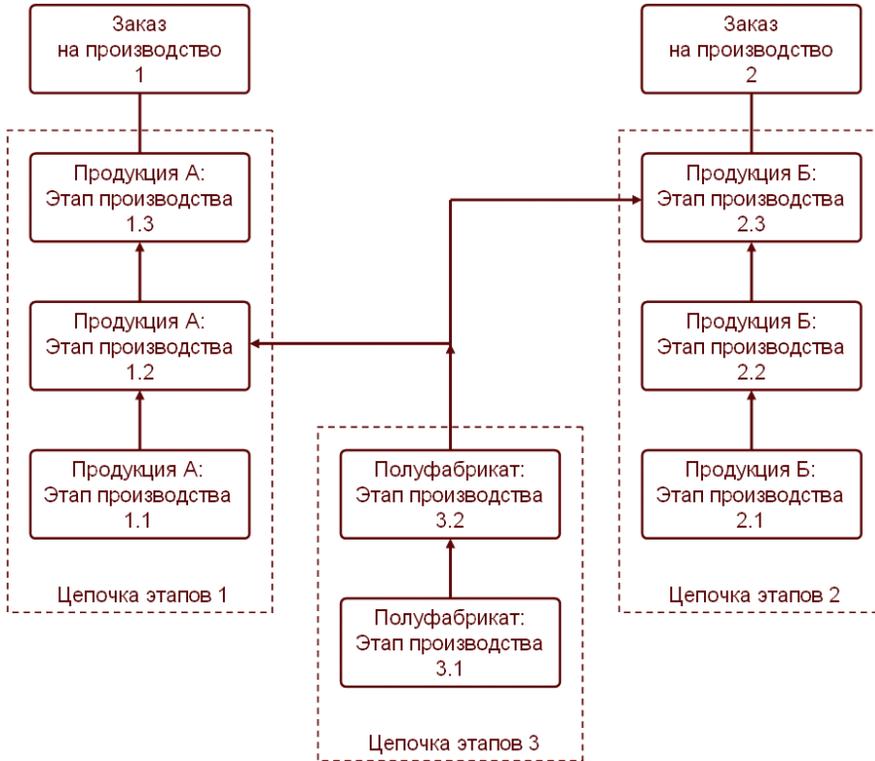


Рис. 4.33. Консолидированное производство полуфабрикатов для нескольких заказов

Если заказ на производство обеспечивает полуфабрикатами этапы других заказов, то в очереди исполнения он должен находиться раньше обеспечиваемых заказов. Мониторинг выполнения заказов на выпуск полуфабрикатов позволяет проследить, какие заказы на выпуск продукции подвергнутся воздействию при любых отклонениях в любом месте цепочки. Например, задержка в поставке материалов для изготовления полуфабриката на этапе **Полуфабрикат: Этап производства 3.1** может сдвинуть сроки исполнения заказов **Заказ на производство 1** (начиная с этапа **Продукция А: Этап производства 1.2**) и **Заказ на производство 2** (начиная с этапа **Продукция Б: Этап производства 2.3**).

Ограничениями на увеличение объема одной партии выпуска полуфабрикатов являются:

- превышение установленных размеров оптимальной партии обработки;
- разрешенное время хранения полуфабрикатов, произведенных одной партией, до начала их последующей обработки;
- возросшая длительность обработки, вызывающая нарушение сроков выполнения последующих этапов наиболее приоритетного заказа на производство, который использует эти полуфабрикаты.

Первичный расчет графика производства

В ходе первичного формирования графика производства решаются следующие задачи:

- обеспечение плановых сроков выпуска продукции. Например, с учетом текущей загрузки производственных мощностей и доступности материалов;
- при невозможности соблюдения плановых сроков выпуска – расчет возможных сроков производства продукции;
- оптимизация длительности производственных циклов (выбор наиболее экономичных вариантов производства);
- сбалансированное использование оборудования и материальных ресурсов (организация стабильной работы производства).

Цикличность расчета графика производства

Цикличность расчета межцехового графика производства показана на рисунке 4.34.



Рис. 4.34. Цикличность формирования межцехового графика производства

При мониторинге производства выполняется анализ влияния зарегистрированных отклонений в сроках исполнения отдельных этапов на рассчитанную ранее дату выпуска продукции. Данные о ходе фактического исполнения производственных процессов создают новые условия для дальнейшего производства. Они учитываются путем пересчета графика производства (процедура перепланирования – см. рис. 4.34). Регламент перепланирования определяется для каждого предприятия индивидуально в зависимости от частоты и тяжести последствий регистрируемых изменений.

Обеспечение плановой даты выпуска продукции

Если полученная при расчете графика производства дата превышает плановую (желаемую) дату выпуска продукции, то требуется определить стратегию дальнейших действий. Этот процесс можно назвать диагностикой графика производства. Первым шагом диагностики является определение основной причины неудовлетворительного результата:

- приоритет исполнения заказа на производство;
- ограничения в располагаемых предприятием производственных мощностях;
- длительные сроки обеспечения материалов.

Ответить на этот вопрос позволяет моделирование: возможно ли обеспечить соблюдение срока выпуска продукции при снятии указанных ограничений.

Моделирование условий планирования

Наиболее часто рассматриваются следующие модели условий планирования:

- планирование «на пустой завод»;
- планирование при полной доступности имеющегося оборудования;
- планирование в условиях неограниченного парка оборудования;
- все материалы в наличии.

Планирование «на пустой завод». Не учитываются ограничения доступности оборудования, вносимые изготовлением партий более приоритетных заказов на производство. Доступность контролируемого оборудования определяется только установленным графиком работы.

Данная модель отвечает на вопрос, возможно ли обеспечить выпуск продукции к заданной дате на имеющемся оборудовании и при существующих условиях обеспечения материалами. Если рассчитанная по модели дата выпуска укладывается в желаемые сроки, значит, обеспечить производство можно путем повышения приоритета рассматриваемого заказа на производство или оптимизации сроков исполнения отдельных этапов производственного процесса.

Планирование при полном использовании оборудования. В рамках данной модели доступность оборудования определяется не установленными графиками работы, а полной календарной доступностью в режиме работы «24/7» (24 часа, 7 дней в неделю). Модель позволяет оценить принципиальное наличие у предприятия производственных мощностей для выпуска продукции в желаемые сроки. Положительный результат, полученный по модели, является основанием для пересмотра существующей сменности работы оборудования. Если дата выпуска, рассчитанная в рамках модели, остается неприемлемой, необходимо рассмотреть вопрос о переносе части операций на менее загруженное оборудование (использование альтернативных видов рабочих центров). Еще одним вариантом решения является привлечение сторонних переработчиков для расширения производственных возможностей предприятия.

Планирование для неограниченного парка оборудования. По сравнению с двумя предыдущими моделями данная модель позволяет оценить сроки выпуска продукции при неограниченной доступности оборудования. Предполагается, что требуемое оборудование по количеству доступно при любом обращении и в необходимом объеме. Такой подход перекрывает ранее указанное условие первой модели – исключение из рассмотрения более приоритетных заказов. Ограничением здесь выступает только нормативная продолжительность обработки на любом типе оборудования. Если удастся достигнуть желаемого результата в рамках этой модели, то без привлечения сторонних дополнительных ресурсов не обойтись. Отсутствие положительного результата указывает, что ограничением являются не производственные мощности, а сроки обеспечения материальных ресурсов.

Все материалы в наличии. Модель снимает ограничения, вызванные сроками обеспечения материалов (например, из-за длительности закупки). Считается, что все материалы доступны для переработки к началу этапов, срок исполнения которых рассчитан по доступности оборудования. Если в рамках модели достигается желаемый результат,

то необходимо пересмотреть сроки поставки материалов (например, сменив поставщика) или использовать аналоги материалов, имеющиеся в наличии. Наряду с ресурсными ограничениями необходимо проанализировать и ограничения, наложенные организационно:

- использование резервов доступности оборудования;
- принудительная установка времени выполнения отдельных этапов производственного процесса;
- выбор регламента перепланирования.

Использование резервов доступности оборудования. Использование полного доступного по графику времени работы оборудования (без учета резерва доступности) позволяет в ряде случаев получить желаемый результат без расширения сменности работы оборудования. Это помогает преодолеть нерегулярные пиковые нагрузки на отдельные виды рабочих центров.

Отказ от принудительного задания времени выполнения этапов производства. В ходе планирования время исполнения отдельных этапов может быть определено директивно, путем ручного указания интервала исполнения. Такая ситуация возникает, когда планирование производства выполняется в рамках информационной системы, но некоторые начальные условия задаются вручную. С одной стороны, это позволяет учесть внесистемные представления сотрудников ПДО о сроках исполнения отдельных этапов производственных процессов. С другой стороны, при расчете графика такие точки привязки ограничивают возможность синхронного сдвига исполнения этапов производственных процессов по календарной оси времени. В зависимом положении оказываются все заказы на производство, имеющие более низкий приоритет относительно заказа, для партий которого был сделан принудительный выбор сроков исполнения этапов производственного процесса.

Выбор регламента перепланирования. Процедура перепланирования призвана восстановить актуальность календарного плана для заказов на производство, претерпевших изменения в объеме выпуска или имеющих отклонения в сроках выполнения. Такие заказы на производство признаются утратившими актуальность.

Используются следующие подходы:

- **перепланирование только этапов неактуальных заказов на производство** – пересматриваются сроки исполнения этапов отдельных заказов на производство. Данный вариант удобен для «неплотных» графиков и при условии небольших изменений. Он не затрагивает время исполнения других заказов на производство;
- **перепланирование всех неначавшихся этапов производства** – позволяет сделать график производства более «плотным», так как пересматриваются сроки исполнения всех не принятых к исполнению этапов незавершенных заказов на производство. Вариант применяется:
 - при исключении заказов из производственной программы (появляются «окна доступности», в которые можно перенести этапы, запланированные на более поздние сроки);
 - в случае изменения приоритетов заказов на производство (время, ранее занятое этапами одного заказа на производство, выделяется для исполнения этапов другого заказа);
 - при существенном изменении объема доступных ресурсов (неисправность оборудования вызывает пересмотр времени исполнения этапов всех зависимых от него производственных процессов).

Оптимизация длительности производственного цикла

Период времени между датой запуска материалов в обработку и датой выпуска продукции отражает длительность производственного цикла. Производственный цикл включает:

- время исполнения технологических операций;
- время протекания естественных процессов (например, сушка окрашенных поверхностей, в пищевой промышленности – созревание сыра);

- время перемещения деталей в процессе производства;
- время ожидания партий деталей в очереди на обработку.

Последний параметр является объектом оптимизации в рамках диагностики графика производства.

В совместной модели для сценариев «на пустой завод» и «все материалы в наличии» ничто не мешает приступить к выполнению очередного этапа сразу же после завершения предыдущего этапа – таким образом, время ожидания будет сведено к нулевому значению.

Минимальное значение длительности производственного цикла определяет суммарное время исполнения технологических операций наиболее продолжительной цепочки операций. В условиях реального производства оно часто недостижимо (исключения составляют случаи полной обработки на одном многооперационном обрабатывающем центре с ЧПУ) и может служить только ориентиром для оценки реального срока производства. Начало исполнения очередного этапа производства может быть сдвинуто в силу следующих причин:

- ограничена доступность оборудования из-за выполнения более приоритетных заказов;
- запаздывает обеспечение материалов, необходимых для выполнения этапа.

Ожидая своей очереди на обработку, партии деталей находятся в производстве без движения – срок выпуска продукции отодвигается. Необходимо максимально снизить количество и длительность таких ожиданий. Для анализа длительности производственного цикла можно воспользоваться методом критического пути.

На рисунке 4.35 критический путь определяет цепочка этапов **Этап 1 – Этап 2 – Этап 3 – Этап 6**. В рамках критического пути есть два периода ожидания (показаны двусторонними стрелками):

- между **Этапом 1** и **Этапом 2** – составляет 1 рабочий день (среда);

- между **Этапом 3** и **Этапом 6** – составляет 1 рабочий день (понедельник). Суббота и воскресенье недоступны для исполнения **Этапа 6**, так как работа в эти не предусмотрена графиком работы предприятия.

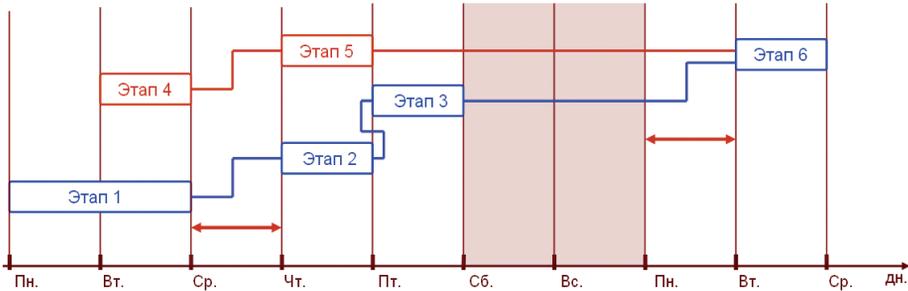


Рис. 4.35. Критический путь производственного процесса

Для сокращения общей длительности изготовления продукции необходимо минимизировать время ожиданий в последовательности этапов, составляющих критический путь. Данный процесс носит итерационный характер. Оптимизация длительности критического пути проводится до достижения заданных показателей по времени производства или до исчерпания возможностей оптимизации в рамках располагаемых ресурсов.

Схема размещения выпуска «как можно быстрее». Для схемы размещения выпуска «как можно быстрее» рассмотрение начинается с периодов ожидания, наиболее близких к началу обработки материалов, и происходит по направлению к завершающим этапам выпуска продукции. В рассматриваемом примере первым анализируется период ожидания перед этапом **Этап 2**. Анализ должен ответить на вопрос, чем вызвана задержка начала исполнения очередного этапа. Оценивается доступность производственных ресурсов (контролируемых видов оборудования) и материалов, необходимых для изготовления. Для расширения доступности оборудования применяются следующие методы:

- использование альтернативных видов рабочих центров для исполнения рассматриваемого заказа на производство;
- использование альтернативных видов рабочих центров для выполнения ранее запланированных заказов;

- расширение графика работы оборудования;
- передача исполнения этапа стороннему исполнителю (привлечение подрядчиков или переработчиков по давальческой схеме).

Своевременное наличие материалов достигается локальным изменением варианта обеспечения:

- смена поставщика для сокращения сроков закупки;
- закупка полуфабриката вместо его самостоятельного изготовления;
- использование ранее созданных заделов комплектующих;
- использование аналогов материалов, имеющихся в наличии.

В результате проведения комплекса оптимизационных мероприятий можно постараться добиться следующего порядка исполнения производственного процесса (рис. 4.36).

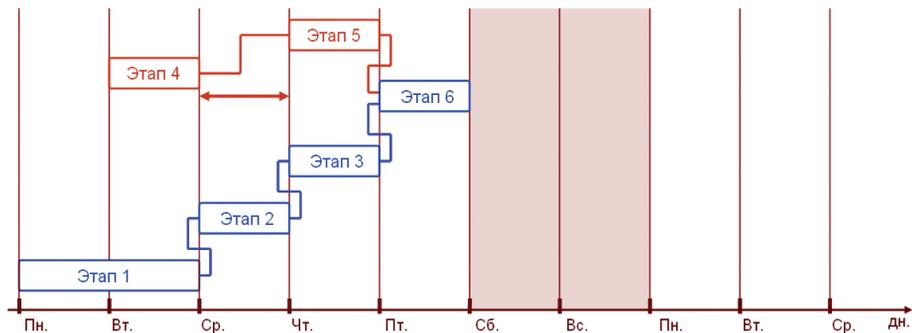


Рис. 4.36. Результат оптимизации производственного цикла для схемы размещения выпуска «как можно быстрее»

На рисунке 4.36 показана ситуация, когда удалось устранить все периоды ожидания перед этапами, составляющими критический путь. Это позволило сократить длительность исполнения производственного процесса с семи дней до пяти и, как следствие, добиться более быстрого

срока выпуска продукции – на два дня раньше по сравнению с первоначальным вариантом. Дальнейшее сокращение длительности изготовления уже невозможно, так как исчерпаны все временные резервы для исполнения этапов критического пути.

Сохраняется время ожидания перед выполнением этапа **Этап 5** (показано на рисунке 4.36 двусторонней стрелкой). Но так как этап не относится к критическому пути, то данный период ожидания на длительность производственного цикла не влияет. Аналогичное суждение справедливо для более позднего начала исполнения этапа **Этап 4** относительно начала исполнения этапа **Этап 1**.

Схема размещения выпуска «точно в срок». Для схемы размещения выпуска «точно в срок» рассмотрение начинается с этапов ожидания, наиболее близких к моменту выпуска продукции, и идет по направлению к этапам первичной обработки материалов. Дата выпуска определена как основной параметр, а процесс производства необходимо запустить как можно позднее. Выявив этап, перед которым есть ожидание исполнения, необходимо провести диагностику предшествующего ему этапа. Требуется выявить причины, приведшие к его более раннему выполнению, и изыскать возможность начать его как можно ближе к плановому сроку начала выполнения последующего этапа. При анализе основное внимание уделяется загрузке производственных ресурсов, так как в процессе оптимизации формируются более комфортные условия для обеспечения производства материалов (обеспечение на более поздние сроки). Один из возможных результатов оптимизации производственного цикла показан на рисунке 4.37.

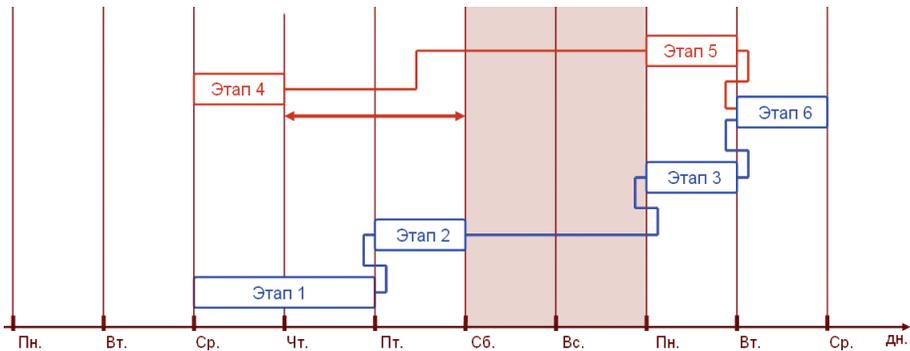


Рис. 4.37. Результат оптимизации производственного цикла для схемы размещения выпуска «точно в срок»

Удалось устранить периоды ожидания перед этапами, составляющими критический путь **Этап 1 – Этап 2 – Этап 3 – Этап 6**. Это позволило начать выполнение этапа **Этап 1** на два дня позже относительно первоначального варианта, сохранив желаемую дату выпуска продукции. Период ожидания перед этапом **Этап 5** остался и даже увеличился, но его длительность не привела к пересмотру критического пути.

Приемы оптимизации графика производства

График производства составляется последовательным размещением заказов на производство. Оценку исполнимости можно проводить после размещения каждого заказа в графике. Не имеет смысла переходить к планированию менее приоритетных заказов, если не обеспечена плановая дата выпуска рассматриваемой продукции.

Контроль равномерности загрузки оборудования

При размещении в графике производства приоритетных заказов важно обратить внимание на равномерность загрузки отдельных видов рабочих центров. В случае формирования пиковых нагрузок в интервалах для наиболее часто используемого оборудования может быть целесообразным рассмотреть варианты выполнения части операций на альтернативных видах рабочих центров. Эту работу можно сделать в опережающем режиме, до момента возникновения ограничений в ходе последующего планирования, когда даже небольшие партии деталей будут сдвигаться на более поздние сроки исполнения из-за загрузки одного вида оборудования в узком временном периоде. При этом часто наблюдается ситуация, когда до и после сформировавшегося пика этот вид рабочего центра может иметь низкую загрузку. Возникновение таких пиков при общей неравномерности загрузки объясняется совпадением технологических цепочек нескольких партий деталей, запускаемых в производство одновременно. Для заказов на производство, имеющих одинаковый приоритет исполнения, возможно выбирать последовательность их запуска в производство в порядке убывания объема партий обрабатываемых деталей. Это позволяет более гибко подойти к определению интервалов для этапов небольших партий, а заполнение самого графика сделать более плотным.

Использование альтернативных видов оборудования

Дефицит производственных ресурсов (недостаточная текущая доступность контролируемых видов рабочих центров) может быть восполнен использованием альтернативных видов оборудования. В технологическом маршруте обычно указывается вариант оборудования, наиболее целесообразный с экономической точки зрения (при безусловном соблюдении требований по качеству обработки). Тем не менее, часть операций может быть выполнена на сходном оборудовании, находящемся в распоряжении цеха-исполнителя, или аналогичном оборудовании, но расположенном в других цехах (например, в составе вспомогательного производства). Разрешение на использование альтернативных видов оборудования дается на этапе разработки технологической документации, в т. ч. временной. Но решение о фактическом переносе исполнения технологической операции на альтернативный вид оборудования принимается непосредственно в ходе диагностики графика производства – так же как и перенос выполнения операции в соседние цеха.

Выполнение операции по указанным переносам обычно заведомо является более дорогим и/или медленным. Но на фоне риска срыва сроков выпуска нескольких видов продукции данные решения позволяют минимизировать общие негативные последствия нехватки производственных ресурсов.

Привлечение внешних переработчиков

При временной нехватке собственных производственных ресурсов исполнение отдельных этапов из состава многоэтапного производственного процесса может быть передано стороннему переработчику. Решение о передаче может быть принято:

- **на этапе подготовки производства** – как правило, оно обусловлено отсутствием у предприятия необходимого технологического оборудования, способного обеспечить требуемую точность или полноту обработки деталей;
- **при составлении и диагностике графика производства** – для снижения загрузки имеющегося оборудования, как вариант ликвидации «узких мест» при прохождении технологического маршрута;

- **в процессе производства** – для преодоления форс-мажорных ситуаций, связанных с внезапным отказом оборудования, снижением точности обработки и т. п.

При передаче этапа стороннему переработчику устанавливается календарный срок выполнения, после которого предприятие продолжит обработку партии деталей на собственном оборудовании. На время исполнения такого этапа оценка собственных производственных ресурсов не производится.

Использование аналогов материалов

При невозможности обеспечить требуемые материалы в желаемый срок вместо них в производстве можно задействовать позиции, близкие им по свойствам. Использование аналогов включает два этапа:

- **Оформление разрешения на замену** – как правило, дается конструкторами (технологами) и определяет границы использования заменяемых позиций:
 - в любом случае;
 - для указанного вида продукции;
 - для указанной спецификации изготовления продукции;
 - для исполнения конкретного заказа на производство.
- **Применение замены материалов** – отражает принятое диспетчером решение по оптимизации графика производства в ходе его диагностики.

Также применяются групповые замены, когда материал или несколько материалов заменяются на несколько других материалов с указанием количества исходных материалов и материалов-замен. В ряде случаев использование аналогов материалов может вызывать необходимость их дополнительной обработки. Тогда в производственный процесс выпуска продукции добавляются этапы для ее выполнения.

Создание и использование заделов

Потребность в продукции в рассматриваемом периоде планирования может быть дополнена заказами на производство полуфабрикатов, на которые пока отсутствует конкретный спрос, но есть прогноз, что он может возникнуть в ближайшее время. Их выпуск можно рассматривать при наличии свободных производственных мощностей после расчета графика для существующей производственной программы.

Опережающий выпуск полуфабрикатов, имеющих наиболее длительный срок изготовления, позволяет предприятию быстрее исполнять поступающие клиентские заказы на продукцию, производимую с их использованием. Несоразмерный возможностям реализации продукции, безадресный выпуск полуфабрикатов способен свести на нет все достоинства использования заделов.

Практикум главы «Межцеховое планирование»

Рассмотрим порядок действий сотрудника ПДО при составлении межцехового графика производства в рамках информационной системы «1С:ERP Управление предприятием 2». В рамках практикума предыдущей главы были сформированы заказы на производство, определяющие партии выпуска продукции. Начнем с этого момента.

Формирование заказов на производство

Заказы на производство могут быть созданы следующим образом:

- автоматически на основании потребностей в продукции (см. предыдущий практикум), зарегистрированной:
 - планами производства;
 - клиентскими заказами;
 - внутренними заказами;

- вручную менеджерами отдела продаж при приеме заказов клиентов;
- вручную сотрудниками ПДО для обеспечения внесистемных запросов на продукцию.

В большинстве случаев менеджеры отдела продаж могут указать в заказах на производство только основные параметры принятого заказа (приоритет исполнения заказа, необходимость обособленного выпуска, номенклатуру продукции, ее количество, желаемую дату выпуска, склад отгрузки). Такие «заготовки» заказов перед формированием графика производства требуют уточнения со стороны сотрудника ПДО, который, в свою очередь, указывает вариант размещения выпуска и спецификацию для изготовления продукции, при необходимости выделяет отдельные партии выпуска.

Спецификация не только определяет для продукции структуру изделия, но и дает полное описание производственного процесса ее выпуска. Для выпуска продукции могут быть доступны несколько вариантов изготовления, отличающиеся технологическим процессом, задействованным оборудованием, используемыми материалами. Каждый такой вариант формализуется отдельной ресурсной спецификацией. Вариант спецификации, считающийся наиболее предпочтительным к использованию на определенный момент времени, получил наименование основной спецификации. В рамках информационной системы основная спецификация используется по умолчанию при планировании производства, для указания нормативного расхода ресурсов при выпуске продукции. На момент принятия заказа менеджером возможны следующие случаи:

- **есть несколько действующих вариантов спецификации** – сотрудник ПДО выбирает из возможных вариантов один, по его мнению, наиболее полно соответствующий возможностям предприятия для текущего выпуска продукции. По умолчанию в документ подставляется вариант спецификации, которая имеет статус **Основная**;
- **есть варианты спецификации в разработке** – сотрудник ПДО должен проконтролировать завершение разработки спецификации, указать в документе для продукции спецификацию в статусе **Действует**;

- **действующих спецификаций нет, их разработка не планируется** – в ряде случаев для простых видов продукции спецификации могут не создаваться. В этом случае с точки зрения принятия управленческих решений процедура выбора производственного процесса изготовления продукции переносится на следующий шаг, когда заказ будет размещаться в графике.

Заказы на производство в статусе **К производству** отражаются в рабочем месте **Управление очередью заказов на производство**. Рабочее место **Управление очередью заказов на производство** позволяет работать с заказами на производство на всех стадиях их исполнения.

Подготовка заказов к расчету графика производства

Сотрудник ПДО имеет возможность задать порядок запуска в производство заказов одного приоритета. На основании ранее указанных в заказах спецификаций формируются поэтапные производственные процессы. Если спецификация для выпуска продукции не была указана в заказе на производство, то предусмотрена возможность описать состав этапов, требующихся для выпуска продукции, и параметры их выполнения вручную. В рамках рабочего места **Управление очередью заказов на производство** сотрудник ПДО завершает подготовку заказов на производство к расчету графика производства:

- **корректирует состав этапов, сформированных на основании спецификации, например:**
 - при использовании для выпуска заделов полуфабрикатов исключаются этапы их изготовления;
 - добавляются этапы для доработки материалов перед использованием;
 - при разовом привлечении для выполнения этапов внешнего переработчика исключаются передаваемые ему этапы и т. д.;

- изменяет параметры выполнения отдельных этапов:
 - уточняются способы обеспечения и состав используемых материалов (применение аналогов);
 - выбирается вариант определения времени исполнения этапа (например, можно напрямую указать время исполнения этапа, такое задание будет считаться одним из начальных условий планирования).

Расчет графика производства. С помощью механизмов планирования информационной системы выполняется последовательное размещение в графике производства заказов в соответствии с установленным для них приоритетом и порядком запуска в производство. Можно запланировать отдельный заказ или последовательную группу заказов на производство (рис. 4.38).

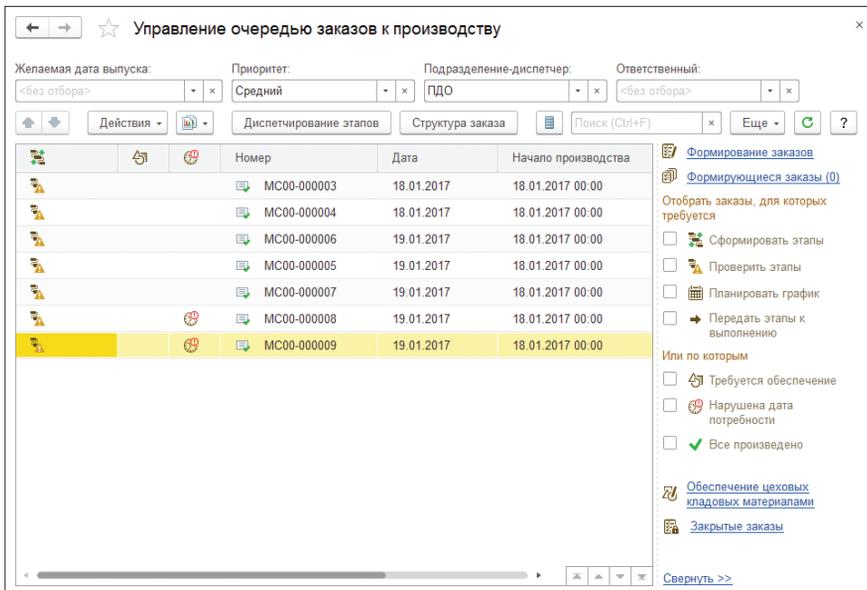


Рис. 4.38. Очередь заказов на производство

В результате расчета графика для каждого этапа определяется начало исполнения – по сути, это готовые задания производственным подразделениям на выполнение своей части работ по запуску конкретной продукции (рис. 4.39).

Этап	Подразделение	Дата начала ↓	Желаемая дата обеспечения
MS00-3.1.1, Изготовление комплектую...	Цех металлообработки	19.01.2017	18.01.2017
MS00-3.1.2, Сварка основания СИ1000	Цех сборо-сварки	20.01.2017	19.01.2017
MS00-3.1.3, Изготовление верхней стол...	Цех металлообработки	20.01.2017	19.01.2017
MS00-3.1.4, Изготовление нижней столе...	Цех столярных работ	20.01.2017	19.01.2017
MS00-3.1.5, Окраска стола СИ1000	Цех малярных работ	21.01.2017	20.01.2017
MS00-3.1.6, Упаковка стола СИ1000	Цех упаковки	23.01.2017	21.01.2017

Рис. 4.39. Этапы, размещенные в графике производства, определяют задания подразделениям на каждый интервал планирования

Заданный графиком производства порядок выполнения этапов заказа можно визуальнo проанализировать в виде диаграммы Ганта (рис. 4.40).

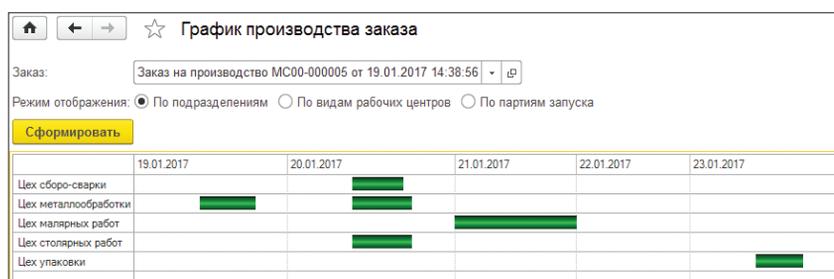


Рис. 4.40. Пример запланированного порядка выполнения этапов заказа на производство в виде диаграммы Ганта

В процессе формирования графика производства может возникнуть ситуация, когда рассчитанный вариант исполнения этапов приводит к нарушению плановой даты выпуска продукции (рис. 4.41).

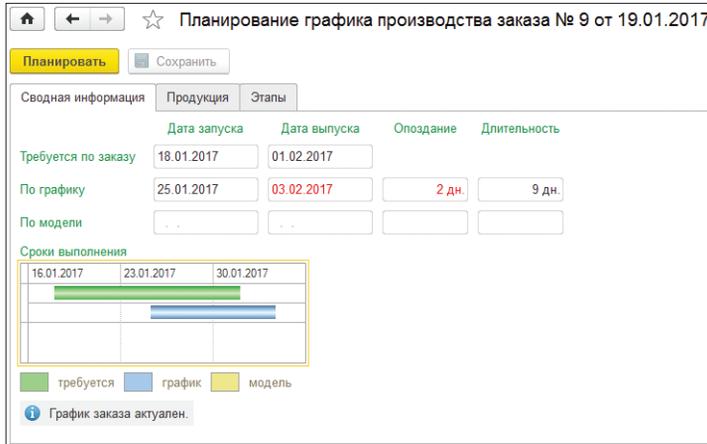


Рис. 4.41. Рассчитанный графиком вариант исполнения этапов заказа нарушает срок выпуска продукции (пример)

Достижение желаемых сроков выпуска продукции обеспечивается путем диагностики графика производства и устранения выявленных задержек в исполнении производственных процессов. Анализируется доступность оборудования и материалов (рис. 4.42).

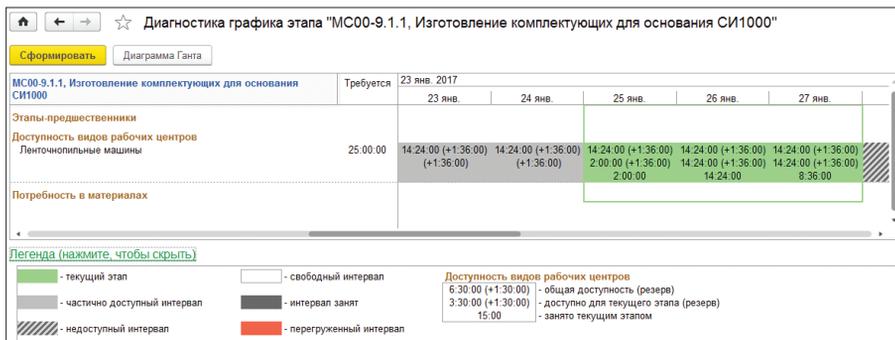


Рис. 4.42. Анализ выбора интервалов для исполнения этапа по доступности оборудования в ходе диагностики графика производства

Принципы диагностики графика и подходы к оптимизации длительности производственных циклов были описаны выше. График производства позволяет сформировать для каждого производственного подразделения четкий список производственных заданий (этапов) к исполнению на каждый интервал планирования. Эти задания согласованы по ресурсам, что повышает вероятность их выполнения в рассчитанные графиком сроки. Производственные задания (этапы) передаются в подразделения для выполнения.

Мониторинг хода производства. После начала производства заказов сотрудник ПДО осуществляет общий контроль за ходом выполнения этапов. Текущую ситуацию об исполнении заказа представляет специальный отчет (рис. 4.43).

Заказ, номенклатура, этап	Порядок	Подразделение	Ед. изм.	Количество			Дата по графику	Дата выполнения
				План	Факт	Дефицит		
Заказ № 3 от 18.01.2017, дата потребности 01.02.2017								
Стол инструментальный СИ1000		Цех упаковки	шт	10,000		10,000	23.01.2017	
Упаковка стола СИ1000	4	Цех упаковки	еди...	10,000		10,000	23.01.2017	
Окраска стола СИ1000	3	4 Цех малярных работ	еди...	10,000		10,000	21.01.2017	
Сварка основания СИ1000	2	3 Цех сборо-сварки	еди...	10,000		10,000	20.01.2017	
Изготовление верхней столешницы СИ1000	2	3 Цех металлообработки	еди...	10,000	10,000	0,000	20.01.2017	19.01.2017
Изготовление нижней столешницы СИ1000	2	3 Цех столярных работ	еди...	10,000		10,000	20.01.2017	20.01.2017
Изготовление комплектующих для осн...	1	2 Цех металлообработки	еди...	10,000	10,000	0,000	19.01.2017	19.01.2017
Изготовление комплектующих для осн...	1	2 Цех металлообработки	еди...	10,000	10,000	0,000	19.01.2017	19.01.2017
Изготовление комплектующих для осн...	1	2 Цех металлообработки	еди...	10,000	10,000	0,000	19.01.2017	19.01.2017

Рис. 4.43. Мониторинг хода выполнения заказа на производство

Актуальность данных для мониторинга хода производства, доступных для сотрудника ПДО, определяется принятым на предприятии регламентом регистрации выполнения отдельных технологических операций и этапов производства в целом. Без использования в подразделениях автоматических средств регистрации достичь фактической оперативности достаточно сложно. Снизить отрицательные последствия такой ситуации помогает следующая методика управления: сотрудник ПДО как регулятор производственных процессов высокого уровня работает только с отклонениями, которые были зарегистрированы в системе подразделениями-исполнителями. Если отклонение не зарегистрировано, то считается, что выполнение идет по графику даже в отсутствие в информационной системе данных об исполнении этапов.

Например, в ходе исполнения производственного задания (этапа) диспетчер цеха был вынужден зафиксировать задержку исполнения на 2 дня. Через систему индикаторов заказа отклонение в сроках исполнения этапа отражается у сотрудника ПДО, который анализирует влияние такой задержки на выполнение данного заказа. По результатам анализа принимается решение о необходимости перепланирования графика исполнения данного заказа или группы заказов, включая текущий заказ и заказы, которые имеют относительно него более низкий приоритет. Если этап, по которому зарегистрировано отклонение в сроках исполнения, не находится на критическом пути исполнения производственного процесса, то сама задержка может быть перекрыта исполнением других этапов и проводить перепланирование не потребуется.

Использование интервального планирования дает подразделениям запас времени для самостоятельного преодоления небольших задержек в выполнении этапов. Сотрудник ПДО разбирается только с действительно существенными отклонениями от графика.

Похожая ситуация возникает при возникновении брака. В ряде случаев исправимого брака вопрос исправления решается на уровне подразделения. Необходимость компенсировать неисправимый брак решается сотрудником ПДО, который после анализа ситуации размещает в график производства дополнительные этапы. Такие этапы планируются и исполняются по общим принципам составления графика производства, но их появление может изменить сроки выпуска продукции менее приоритетных заказов на производство.

Прохождение продукцией полного производственного цикла позволяет зарегистрировать факт выполнения заказа на производство. Сотрудник ПДО перед закрытием заказа на производство должен проверить отсутствие в незавершенном производстве материальных ресурсов, выделенных для выполнения заказа, но так и не использованных подразделениями. Такие материалы могут понадобиться ему для дальнейших выпусков продукции.

Глава 5. Внутрицеховая диспетчеризация производства

Особенности цехового управления

Межцеховой график производства позволяет составить план взаимодействия подразделений и согласовать между собой производственные процессы выпуска разных видов продукции. Для его расчета используются системы класса ERP или APS. Он дает сотрудникам ПДО возможность контролировать выполнение производственных процессов на границах выбранных временных интервалов. В рамках интервалов планирования все решения для обеспечения своевременного и качественного выполнения технологических процессов выпуска продукции принимаются непосредственно в производственных подразделениях (цехах, участках).

Делегирование полномочий

Считается, что в ряде случаев диспетчеры подразделений могут лучше учесть технологические особенности каждого передела и более рационально использовать имеющиеся в цехе оборудование. Такой подход соответствует классическому принципу делегирования полномочий. Сотрудники ПДО как ответственные за общее руководство производственной деятельностью предприятия передают (делегируют) часть полномочий по оперативному управлению производственными процессами на уровень цехов. Делегирование полномочий создает дополнительные преимущества для обоих звеньев управления в производстве.

Сотрудники ПДО:

- разгружены от мониторинга исполнения технологических операций, что позволяет им сосредоточиться на общем контроле сроков выпуска продукции;
- подключаются только для решения ситуаций, с которыми цех не смог справиться в рамках отведенного для него лимита времени (интервала планирования).

Сотрудники цеха:

- в каждый момент времени ориентированы на решение ограниченного круга задач – набора производственных заданий, полученных на интервал планирования;
- получают свободу действий в рамках установленного временного периода (интервала планирования).

Ранее были рассмотрены задачи диспетчеризации производства для сотрудников ПДО. Будет полезно сопоставить деятельность сотрудников ПДО и цеха при диспетчеризации производства (таблица 5.1).

Таблица 5.1. Деятельность сотрудников ПДО и цеха при диспетчеризации производства

Показатель	Сотрудники ПДО	Сотрудники цеха (бюро планирования, производственно-диспетчерское бюро ПДБ)
Основная задача диспетчеризации	Координация взаимодействия подразделений для выпуска продукции в плановые сроки	Своевременное выполнение производственных заданий, полученных на интервал планирования
Временные границы принятия оперативных решений	Весь горизонт планирования производства	Интервал планирования, установленный для подразделения
Основной объект управления	Сроки исполнения этапов производства	Деятельность подразделения (цеха) в интервале планирования

Показатель	Сотрудники ПДО	Сотрудники цеха (бюро планирования, производственно-диспетчерское бюро ПДБ)
Контроль хода производства	Мониторинг исполнения этапов производства на границах интервалов планирования	Контроль сроков выполнения операций внутри интервалов планирования
Реакция на отклонения	Снижение последствий от задержки сроков выполнения этапов, которую цех не смог преодолеть собственными силами	Принятие оперативных мер по предупреждению и устранению отклонений от плана, сбоев в ходе производства

Диспетчеризация технологических процессов в цехе является важной частью оперативного управления производством. Сотрудники цеха, находясь в контакте с каждым рабочим местом, обеспечивают для него планирование работ и контроль выполнения операций. Успешное выполнение полученных подразделением производственных заданий достигается за счет следующих условий:

- **получение к исполнению производственных заданий, обеспеченных материальными ресурсами** – вариант обеспечения материалами и полуфабрикатами определяется при составлении графика производства. Фактическое наличие материалов к началу выполнения производственных заданий (этапов производства) контролируется сотрудниками ПДБ цеха-исполнителя. Они организуют получение материалов со склада (непосредственная процедура получения материалов в подразделение может находиться в зоне ответственности цехового мастера, бригадира или просто выделенного сотрудника);
- **наличие данных о завершении предыдущих стадий обработки** – доступность своевременной и точной оперативной информации о ходе производства в смежных подразделениях позволяет контролировать поступление полуфабрикатов;
- **наличие технологической документации** – с учетом текущей доступности оборудования, детального анализа характеристик поступивших материалов и полуфабрикатов возможен выбор состава обработки из нескольких доступных

вариантов. Фактически уточняется нормативная информация для обработки конкретной партии изделий. Доступные варианты обработки могут быть заранее описаны в виде отдельных маршрутных карт, предстоит выбрать одну из них;

- **использование расписания выполнения технологических операций** – расписание отражает локальный план производства с точностью до порядка (и/или времени) исполнения операций на отдельной единице оборудования. Такое расписание снимает все неопределенности в плановых сроках исполнения производственных заданий.

Соблюдение перечисленных правил позволяет сотрудникам производства организовать работу в цехе таким образом, чтобы своевременно выполнять полученные задания. Непредвиденные отказы оборудования и задержки на предыдущих стадиях производства могут помешать исполнению даже самого детального плана. Для сотрудников ПДБ, выполняющих функции локальных диспетчеров производства, важно иметь полномочия для временного и организационного маневра при преодолении таких ситуаций.

Нормативная база для планирования

Процесс изготовления изделий описывается комплектом технологической документации. Для целей планирования важно знать последовательность выполнения технологических операций, которая представлена в маршрутных картах.

Маршрутная карта из состава нормативной документации охватывает технологический маршрут, который в ресурсной спецификации информационной системы может быть представлен одним или несколькими этапами производства. В цехе для исполнения принимается часть технологического маршрута, состоящая из последовательных операций, выполняемых в данном цехе. При диспетчеризации ее можно считать локальным технологическим маршрутом. Маршрутные карты содержат следующую информацию:

- место выполнения операций (цех, участок, рабочее место);
- наименования операций;

- задействованные ресурсы и материалы;
- нормативное время исполнения.

Содержание технологического процесса в маршрутной карте может быть задано с различной степенью детализации.

В маршрутных картах указываются технически обоснованные нормы времени на исполнение операций. Время обработки партии деталей складывается из длительности собственно операции обработки (штучное время, умноженное на количество деталей в партии) и при необходимости – подготовительно-заключительного времени. Важно отметить принципиальную разницу в целях, которые достигаются описанием операций в технологической документации, и требованиях к данным о параметрах операций, необходимых для планирования загрузки оборудования в системе ERP. Технологическая документация раскрывает все условия выполнения операций, а при планировании важно определить прежде всего время, в течение которого конкретный рабочий центр будет занят обработкой одной партии деталей.

Время работы оборудования – это ограниченный ресурс, за который идет конкуренция со стороны разных производственных заданий. Планирование операций направлено на поиск наиболее оптимального варианта его использования. Помимо временных нормативов исполнения операций загрузку рабочего центра определяют физические характеристики используемого оборудования, вариант его наладки к началу обработки конкретной партии деталей.

Время подготовки оборудования к обработке очередной партии может существенно зависеть от параметров выполнения предшествующей операции. Например, для покрасочной камеры время переходов «светлая краска – темная краска» и «темная краска – светлая краска» будет существенно отличаться, так, во втором случае потребуется более качественная промывка оборудования. В связи с этим при планировании важно учитывать не только параметры рассматриваемой операции, но и место данной операции в очереди других операций, выполняемых на том же оборудовании. Для этого в описании операций указывается вариант наладки оборудования. Это агрегированный параметр оборудования, значение которого определяется исходя из разновидностей всех доступных к выполнению операций. Последовательное исполнение операций, относящихся к одному варианту наладки оборудования,

позволяет исключить лишние переналадки. Переналадка будет выполняться только при переходе на другой вариант наладки, требующийся для очередной операции. Для планирования операций необходимо знать два временных норматива:

- **время переналадки оборудования;**
- **основное время выполнения.**

Целесообразность такого выделения для управления загрузкой оборудования можно рассмотреть на простом примере. Для группы из 10 однотипных токарных станков получено задание на обработку партии из 5 деталей. Время на переналадку одного станка составляет 30 минут, штучное время выполнения – 60 минут.

Если обработка будет выполняться на одном станке, то он будет загружен: $30 \text{ минут} + 5 \text{ деталей} \times 60 \text{ минут} = 330 \text{ минут}$. В течение указанного времени исполнение на нем других операций невозможно. При этом не важно, какие действия на нем выполняются: идет переналадка или собственно обработка деталей. За счет выполнения операции на одном станке общая доступность группы станков для выполнения операций уменьшилась на 330 минут.

Задействуем для обработки партии деталей одновременно 5 станков. Каждый станок должен пройти переналадку длительностью 30 минут и выполнить собственно токарную операцию длительностью 60 минут. Общее время использования всех станков группы для обработки партии деталей составит: $(30 \text{ минут} + 60 \text{ минут}) \times 5 = 450 \text{ минут}$. Результат будет достигнут значительно быстрее, но время, потраченное на переналадку четырех дополнительных станков (в количестве $30 \text{ минут} \times 4 = 120 \text{ минут}$), израсходовано безвозвратно. Оно фактически потеряно для производства другой продукции. Время является единственным невозполнимым ресурсом. Анализ времени, которое для всей группы станков было потрачено на переналадку, показывает возможности для повышения эффективности использования оборудования.

Характер протекания физических процессов, лежащих в основе различных видов обработки, определяет возможность в ряде случаев совместить обработку разных партий деталей. Например, у различных деталей совпадают параметры процесса термической обработки. Если объемы внутреннего пространства термической печи позволяют

разместить несколько таких деталей из разных партий обработки, то операции, относящиеся к разным технологическим маршрутам, будут выполняться одновременно. Это пример параллельной синхронной загрузки оборудования. В данном случае для планирования операций, определяющих общее время загрузки оборудования, необходимо знать дополнительный параметр оборудования (объем печи), который ограничивает объединение партий для обработки, и сопоставимый с ним объемный параметр каждой детали. Для эффективного использования такого оборудования наполняемость доступного объема должна быть максимально полной. Помимо объемных величин для описания параметров оборудования, обеспечивающего совместную обработку различных партий деталей, используются весовые и другие мерные показатели.

Сменный режим работы

Рабочий день – это установленное рабочее время в течение суток. Продолжительность ежедневной работы определяется правилами внутреннего трудового распорядка предприятия и графиками сменности в случае сменного режима работы. Рабочая смена – это рабочий день при сменной работе.

Сменный режим трудовой деятельности является необходимым условием производства на предприятиях, где недопустимо прерывание технологического процесса. Сменный график отражает расписание выходов на работу для отдельных групп сотрудников организации (бригада смены).

Для целей управления каждая рабочая смена рассматривается как рабочее время на протяжении суток, фиксированное по продолжительности согласно утвержденному графику работы. Длительность смены Трудовым кодексом РФ не регулируется, кроме как для отдельных категорий работников. График работы должен лишь обеспечивать выполнение норм Трудового кодекса РФ в части максимального рабочего времени в неделю. Предприятия вправе самостоятельно определять продолжительность рабочей смены в зависимости от условий труда на конкретном производстве. Сменный график может как задаваться для производственного подразделения в целом, так и устанавливаться индивидуально для отдельных категорий рабочих.

Сменный график работы по-разному учитывается на различных стадиях планирования производства. При составлении межцехового графика производства сменный график используется опосредованно, через общую доступность определенного вида оборудования. Ранее был рассмотрен вариант оптимизации размещения этапов по интервалам планирования за счет расширения доступности оборудования в интервале: пересматривается сменность работы наиболее загруженных видов рабочих центров. Решение о переходе на сменный график работы должно быть принято заранее, чтобы обеспечить такой переход необходимыми трудовыми ресурсами и выполнить законодательные требования по оформлению перехода. Процедура составления графика производства с горизонтом планирования от месяца и более позволяет завершить такие мероприятия в нормативный срок.

В рамках подразделения сменный график является основой для составления расписания выполнения технологических операций. Сначала рассмотрим, как соотносится время рабочей смены с временными границами интервала планирования, на который были получены производственные задания.

Односменный режим работы подразделения. При односменном режиме работы смена обычно начинается и заканчивается в рамках одних календарных суток. Временные границы интервала планирования продолжительностью «день» также можно принять совпадающими с границами календарных суток. Интервал полностью перекрывает рабочую смену (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Границы интервала планирования при односменном режиме работы подразделения

Полученные на интервал производственные задания подлежат исполнению в рамках одной рабочей смены. Расписание выполнения технологических операций должно быть составлено до начала рабочей смены, чтобы рабочие имели возможность приступить к их исполнению без задержки. Для этого состав производственных заданий, подлежащих выполнению, рассматривается сотрудниками цеха в перспективе начала исполнения от одного до нескольких дней (интервалов).

Многосменный режим работы подразделения. С точки зрения распределения работ в цехе рассмотрим трехсменный режим работы, он не сильно отличается от двух- и четырехсменного режимов работы. Он выбран для описания как наиболее наглядный. Также для удобства рассмотрения примем, что каждая смена составляет 6 часов и между завершением третьей смены предыдущего дня и началом первой смены нового дня есть временной перерыв. Как правило, при работе в несколько смен основные функции диспетчеризации производства выполняются в первую смену. Поэтому начало первой смены можно считать отправной точкой повторяющегося цикла локального управления производством в цехе при многосменном режиме работы. Это не жесткая норма или рекомендация, но по факту наиболее распространенный вариант.

Интервал планирования с длительностью «день» привычен для визуального и ментального восприятия человека. Его использование основывается на распространенном вопросе: «Что я должен сделать сегодня (завтра)?» Это временной период, который перешел в управление производством из повседневной жизни человека.

Организация многосменной работы не разрушает столь устойчивое восприятие, так как каждый работник выходит в назначенный день в свою смену. Для него рабочая смена ассоциируется с конкретным календарным днем вне зависимости от времени начала смены. При многосменном режиме работы временные границы интервала планирования логично синхронизировать с границами смен, а не с границами календарных суток, как в случае односменной работы. Например, сменный график определяет следующий состав смен: первая смена – 8:00–14:00, вторая смена – 14:00–20:00, третья смена – 20:00–02:00.

Переход времени окончания третьей смены на следующие календарные сутки не является нарушением сроков выполнения производственных заданий, выданных на текущий интервал планирования. Это срок логического завершения работ интервала. В данном случае как интервал

Задачи цехового управления

Получив задания на выполнение производственных этапов, цеховой диспетчер обязан:

- выбрать параметры производства:
 - сформировать партии обработки;
 - уточнить технологические нормативы;
 - проверить фактическую доступность материальных ресурсов, в том числе завершение предыдущих стадий обработки;
- проверить исполнимость заявленных в графике сроков выполнения этапов с учетом выбранных параметров производства;
- определить порядок исполнения операций.

В процессе производства диспетчер цеха осуществляет:

- мониторинг выполнения технологических операций;
- диспетчеризацию технологических маршрутов в соответствии с выбранной схемой управления;
- контроль регистрируемых результатов выполнения этапов.

Выбор параметров производства

Партии обработки

В рамках интервала планирования полученная цехом к обработке партия деталей может быть разбита на несколько партий обработки, которые проходят весь технологический процесс в подразделении независимо друг от друга. Можно выделить следующие причины формирования партий обработки:

- **разделение по сменам** – при сменном режиме работы на каждую смену отводится определенный объем работ;

- **разбиение по исполнителям** – обработка будет выполняться параллельно несколькими бригадами исполнителей, каждой из которых выдается свой объем работ. При этом параллельное использование однотипного оборудования для выполнения отдельных операций в составе технологического процесса сотрудниками одной бригады не является обязательным основанием для выделения отдельных партий обработки;
- **различия в технологии обработки** – без потери качественных показателей выходных изделий некоторое количество изделий из состава общей партии, поступившей в цех, может проходить обработку по индивидуальным технологическим маршрутам.

На каждую партию обработки оформляется отдельное производственное задание, в рамках которого посредством выбора маршрутной карты определяется технологический процесс выполнения.

Технологические нормативы

Для каждой партии обработки можно указать свой технологический процесс обработки. Это может быть выбор из состава доступных к применению типовых маршрутных карт или формирование на базе типовой маршрутной карты уникального состава технологических операций.

Рассмотрим пример частичной стыковки профильного проката: требуется изготовить 10 деталей длиной 10 метров каждая. Детали выполняются из углового профиля. По данным конструкторской документации изначально предполагалось изготовить каждую деталь из цельного куска профиля. При анализе размеров проката, который фактически поступил в цех, 7 деталей могут быть изготовлены по типовому технологическому маршруту. Для производства еще 3 деталей требуется выполнить предварительную стыковку из элементов меньшего размера, например 3 метра и 7 метров (рис. 5.3). Разрешение от конструкторов на использование стыка было получено.

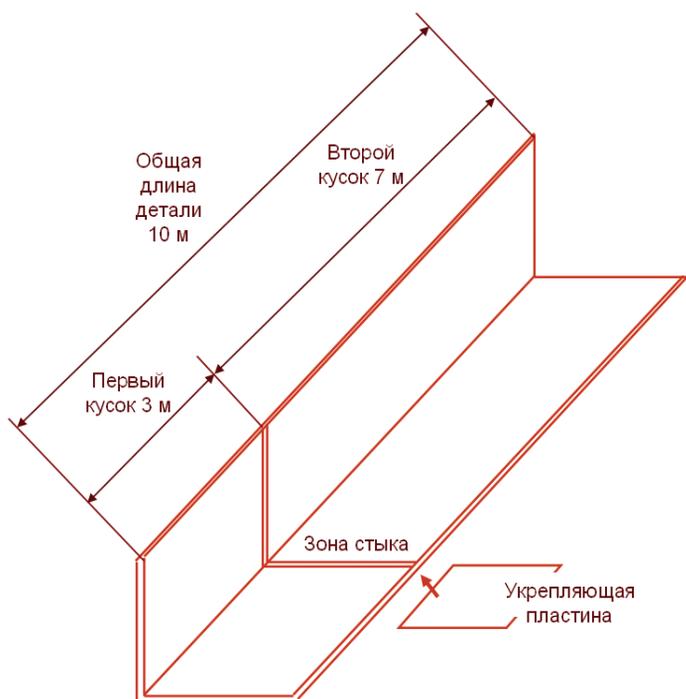


Рис. 5.3. Выполнение стыковки углового профиля

Был утвержден вариант исполнения стыка углового профиля с использованием укрепляющих пластин. Такое исполнение стыка предполагает использование дополнительных ресурсов:

- изготовление пластин – используется листовая металл, которого не было в исходной спецификации для изготовления деталей, в процессе производства пластин требуется выполнить операции резки листового металла;
- подготовка зоны стыка – необходима дополнительная обработка мест стыка;
- выполнение стыка – требуются дополнительные технологические операции сварки металла, изначально не предусмотренные спецификацией для изготовления деталей.

Нередко одновременно разрабатывается несколько вариантов стыка для деталей из одной партии. В этом случае каждый вариант должен рассматриваться как уникальное дополнение к типовому технологическому маршруту. Данные от технологов дополняют информацию, поступившую диспетчеру цеха для выполнения исходного задания на выпуск 10 деталей. На основании полученных данных сотрудникам цеха необходимо:

- выделить партии обработки – первую партию составят 7 деталей с возможностью изготовления по типовому технологическому маршруту, во вторую партию войдут 3 детали, требующие предварительной стыковки углового профиля;
- составить расписание выполнения и оформить сменно-суточное задание на каждую партию обработки:
 - выбрать для партии обработки из 7 деталей типовой технологический процесс;
 - задать для партии обработки из 3 деталей уточненный технологический маршрут.

Обработка указанных партий в рамках интервала планирования будет идти независимо, но к его завершению детали в количестве 10 штук будут готовы для передачи на следующие стадии производства как единая партия.

Для серийно выпускаемых деталей однажды разработанный вариант стыка может быть оформлен для дальнейшего использования как отдельная типовая маршрутная карта. В дальнейшем это позволит диспетчеру цеха применять его без отдельного обращения к технологом для согласования.

В рассмотренном примере использование дополнительных материальных и трудовых ресурсов увеличивает себестоимость выпуска партии деталей в целом. При пересчете на единицу это отразится и на экземплярах, для которых стык не применялся. Трудозатраты на выполнение стыка, не предусмотренные при расчете графика производства, создают потенциальный риск задержки выполнения полученного цехом задания.

Материальные ресурсы

Своевременно приступить к выполнению полученных производственных заданий работники цеха могут при наличии всех необходимых материалов. Можно выделить три группы материальных ресурсов, которые должны быть доступны к началу выполнения этапа производства:

- основные материалы и комплектующие;
- полуфабрикаты, производимые в процессе производства продукции;
- вспомогательные и расходные материалы.

Основные материалы и комплектующие. К основным материалам и комплектующим относятся позиции, обеспечение которых рассчитывается в графике производства непосредственно под время выполнения производственных этапов. Считается, что необходимые материалы должны быть доступны к передаче в цех в установленные графиком производства даты. Сотрудники цеха должны только организовать фактическое получение материалов со склада и разместить их на рабочих местах. Наличие основных материалов и комплектующих на складе, с которого планируется передача, на дату передачи гарантируется выбранными для них способами обеспечения. Это могут быть:

- **закупка** – приобретение материалов и комплектующих у сторонних поставщиков, выполняется службой снабжения предприятия;
- **собственное производство** – опережающее изготовление стандартизованных деталей. Их производство планируется независимо от выпуска продукции, в состав которой они входят. Возможен вариант комбинированного обеспечения: частично – закупка, частично – собственное производство;
- **перемещение с других складов** – основное место хранения материалов отличается от складского помещения, из которого планируется их передача в подразделение. Это могут быть удаленные склады, доставка с которых занимает значительное

время и требует отдельной организации со стороны службы снабжения предприятия.

Передача основных материалов и комплектующих в цех в отсутствие этапа, требующего обеспечения, или раньше времени реальной потребности в них нецелесообразна из-за ограниченности пространства для их хранения в цехе. Она также способна оказать негативное влияние на сроки исполнения графика производства. Как правило, основные материалы представляют собой конкурентный и ограниченный по доступности ресурс. Всегда есть возможность использовать их для выпуска нескольких видов продукции или на разных стадиях изготовления одной продукции.

Для предприятия в целом важно, чтобы основные материалы передавались в производственные цеха строго по времени исполнения этапов, запланированных графиком производства. На практике каждый цех, анализируя состав производственных заданий на несколько временных интервалов вперед, старается получить такие материалы как можно раньше. Это в ряде случаев приводит к конфликту интересов в обеспечении этапов материалами: в одном подразделении материал лежит и ждет своей очереди на обработку, в другом подразделении регистрируется дефицит данного материала, приводящий к задержке сроков исполнения. Если следовать правилам, то в первую очередь материал должен получить цех для этапа, более раннего по времени исполнения. Потребности в материале этапа, имеющего более поздний срок выполнения, обеспечиваются из новой партии материалов, которая поступит на склад до начала данного этапа. Такая возможность гарантируется рассчитанным по материальным ресурсам графиком производства и созданным на его основании планом закупок.

В составе основных материалов выделяют отдельные позиции, которые обеспечиваются для заказа на производство (этапа производства) целевым образом (обособленно). Потребность в материалах может быть заявлена к обособленному обеспечению уже на этапе планирования закупок. В этом случае поступающий на склад материал сразу рассматривается в привязке, например, к выпуску конкретной продукции (заказу на производство), что ограничивает его использование для выпуска других изделий. Например, требуется изготовить 30 деталей размером 2500x1000 мм из листового металла толщиной 10 мм. Поставщик предлагает к поставке листы следующих размеров: 6000x3000 мм, 5000x3000 мм, 4000x2000 мм. В целях мини-

мизации отходов следует закупить 5 листов размером 5000x3000 мм, из каждого можно изготовить 6 деталей требуемого размера (рис. 5.4).

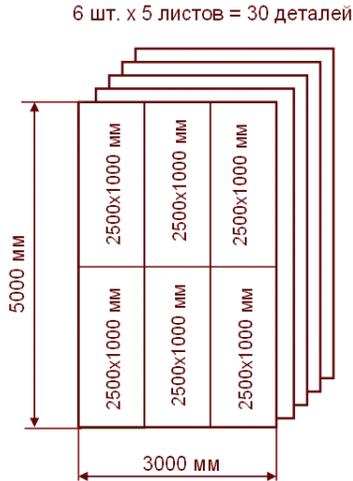


Рис. 5.4. Желаемый вариант раскроя листового металла для изготовления 30 деталей

Обособленное оформление закупки позволяет сразу зафиксировать назначение использования приобретаемых листов металла и ограничивает их передачу для производства других изделий. В подобных случаях необходимость целевого приобретения материалов может быть задана еще на стадии формирования нормативных данных (как характеристика материала в ресурсных спецификациях на продукцию). Целевое приобретение обеспечивает закупку материалов, использование которых в процессе производства наиболее выгодно экономически.

Обособленное приобретение также используется для обеспечения производства дорогостоящими и редко используемыми материалами. В этом случае целевая закупка снижает риск возникновения малоликвидных запасов.

Также обособление может выполняться путем резервирования в момент подбора материалов для выполнения этапа – например, резервирование по результатам раскроя материала (металла, кожи и т.д.). Например, на складе в свободном остатке находится листовая металл толщиной 10 мм в листах следующего размера: 6000x3000 мм – 10 шт.,

5000x3000 мм – 2 шт., 4000x2000 мм – 20 шт. В цех требуется передать металл для выполнения производственного задания, предполагающего изготовление деталей размером 2500x1000 мм в количестве 13 шт. Теоретически, требуемые детали могут быть изготовлены из листов всех указанных размеров, но при этом объемы отходов в виде обрезков будут существенно отличаться. В результате раскроя для отгрузки был выбран следующий состав листов (рис. 5.5).

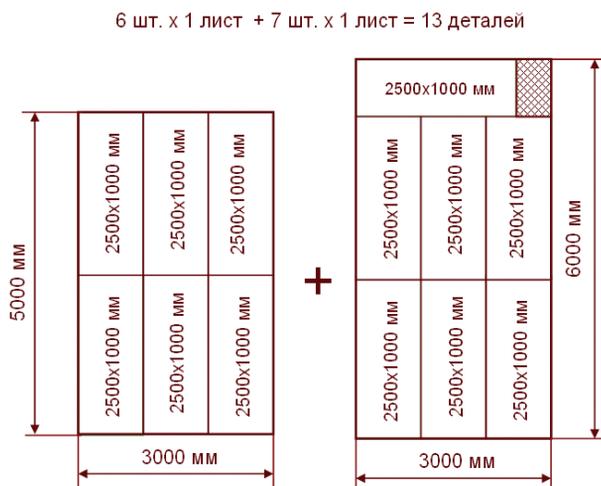


Рис. 5.5. Состав листов к отгрузке в подразделение по результатам раскроя

По результатам раскроя указанные листы в составе 6000x3000 мм – 1 шт., 5000x3000 мм – 1 шт. будут зарезервированы за конкретным этапом производства, обеспечивающим изготовление рассматриваемых деталей. Для данных листов блокируется передача со склада под другие задачи.

Подбор материалов под конкретный этап может также выполняться исходя из различий в качественных параметрах отдельных партий поступления требуемого материала. В этом случае каждая партия должна иметь выделение в учете, для нее обеспечивается однозначная идентификация в составе запасов. Это достигается обязательной маркировкой материала, а в ряде случаев дополнительно используется раздельное хранение (например, в разных ячейках при адресном хранении на складе материалов). Как правило, качественные пара-

метры материала из партии подтверждаются сертификатом соответствия (качества). В информационных системах такое выделение партий обеспечивается ведением учета по сериям.

Таблица 5.2. Пример выделения в учете партий материалов посредством серий

Номенклатура	Характеристика	Серия	Количество, шт.
Лист 10 СтЗсп5	6000x3000 мм	Сертификат 100	20
	6000x3000 мм	Сертификат 200	30
	6000x2000 мм	Сертификат 200	10
Лист 10 09Г2С	6000x3000 мм	Сертификат 300	60
	5000x2000 мм	Сертификат 400	5

В приведенном примере для листового металлопроката **Лист 10 СтЗсп5** серий **Сертификат 100** и **Сертификат 200** выделяют партии металла, поступившие от разных поставщиков (производителей металлопроката). Листовой металлопрокат **Лист 10 СтЗсп5** был поставлен листами разных размеров (**6000x3000 мм** и **6000x2000 мм**), но все листы относятся к одной плавке и на них был получен общий сертификат, что отражает совпадающая серия – **Сертификат 200**. Для листового металлопроката **Лист 10 09Г2С** серий **Сертификат 300** и **Сертификат 400** выделяют партии металла.

Ведение в процессе производства серийного учета материалов и комплектующих (полуфабрикатов) позволяет контролировать состав материалов, задействованных для выпуска конкретных видов и/или экземпляров продукции. Такая информация оказывается очень полезной при отработке поступивших претензий клиентов. Если причиной нескольких однотипных нареканий является качество конкретной комплектующей (материала), то, отследив по серии документ поставки, можно провести целевую работу с поставщиком. Еще одним направлением работы с претензиями клиентов является предотвращение новых обращений. Примером здесь служит проведение отзывных компаний производителями автомобилей. Допустим, в ходе внутреннего

технического контроля или по результатам обращений покупателей была зафиксирована повторяющаяся техническая неисправность. Причиной неисправности является деталь из конкретной партии поставки. Ведение серийного учета в процессе производства позволяет выявить партии автомобилей, в которые деталь из бракованной партии была установлена. Именно эти автомобили станут участниками адресной отзывной компании, в ходе которой техническая неисправность будет устранена еще до момента, когда она может проявиться. Серийный учет позволяет минимизировать затраты на предотвращение потенциальных угроз за счет четкого контроля соответствия «экземпляра продукции – серия материала».

Выбор партии и объема материала из нее для выполнения конкретного этапа производства осуществляется непосредственно перед передачей материала в цех. Регламент принятия данного решения определяет действия сотрудников цеха. Если решение принимают одни сотрудники, а фактической отгрузкой со склада в цех занимаются другие, то перед передачей выполняется резервирование серий материала под этап производства. Это обеспечивает четкость действий рабочих в процессе получения материалов. Резервирование материальных запасов на складе под этапы производства является частью процедуры передачи основных материалов и комплектующих со склада в цех.

В сборочном производстве комплектующие часто передаются со склада в цех комплектами. Заявка на их получение должна быть передана из цеха на склад с опережением по времени относительно начала этапа производства, гарантирующим готовность комплекта в срок. Сборочные комплекты также могут формироваться внутри цеха из числа полученных полуфабрикатов (деталей). Вне зависимости от места выполнения сборки комплектов требуется предусмотреть время для исполнения комплектации.

Полуфабрикаты, изготавливаемые в процессе производства продукции.

Полуфабрикаты, выпуск которых является неотъемлемой частью производственного процесса выпуска продукции, по умолчанию изготавливаются под использование на конкретном этапе производства. Их доступность к применению характеризует завершение предыдущих стадий производства. Своевременность выполнения предшествующих этапов определяет возможность начать очередной этап производства в запланированные сроки. В идеальном случае каждый полуфабрикат должен быть изготовлен непосредственно к дате потребности в нем.

В результате конкурентной борьбы за производственные ресурсы срок выпуска полуфабрикатов может быть рассчитан графиком производства с запасом по времени, и какое-то время полуфабрикаты будут ждать дальнейшей обработки. В производственном учете выпуск и движение таких полуфабрикатов отражаются с указанием их целевого предназначения: продукция – заказ на производство – этап производства.

В большинстве случаев поступление полуфабрикатов в цех оформляется как передача из цеха, оформившего их выпуск, реже – через склад полуфабрикатов. Как правило, цех, выпустивший полуфабрикаты, заинтересован в их передаче дальше по производственной цепочке и организует передачу. В принимающем цехе могут выделяться отдельные площадки для хранения поступающих полуфабрикатов. Это позволяет поддержать временные разрывы в последовательности обработки партий деталей, не загромождать рабочие места комплектующими, срок использования которых еще не наступил. В этом случае для начала выполнения производственных заданий необходимо организовать перемещение полуфабрикатов внутри цеха с мест временного хранения непосредственно на рабочие места. С учетом габаритов перемещаемых деталей и их количества сама процедура внутренней транспортировки может являться узким местом, ограничивающим пропускную способность цеха в целом. Например, достаточно остро это проявляется при использовании кран-балок, действие которых ограничено рамками пролетов здания цеха. Они должны обеспечить несколько материальных потоков: входящий в цех поток деталей, поступающих в места временного хранения; внутреннее перемещение деталей между единицами оборудования в процессе обработки; исходящий поток из цеха деталей, обработка которых завершена.

На этапе формирования графика производства вопросы внутрицеховой транспортировки деталей плохо поддаются прогнозированию и фактически не рассматриваются. Для разрешения данной ситуации в цехе принимаются меры организационного порядка:

- создается несколько площадок временного хранения, расположенных ближе к рабочим местам;
- используется специальная тара для перемещения деталей;
- совершенствуются механизмы транспортировки и т. д.

Если регламент управления в цехе предусматривает составление пооперационного расписания выполнения технологических операций, то при его расчете учитывается время транспортных операций.

Вспомогательные и расходные материалы. Для выполнения производственных этапов наряду с уже рассмотренными видами материальных ресурсов используются материалы, доступность которых не определяется сроками исполнения этапов. При расчете графика производства считается, что производственные подразделения способны самостоятельно обеспечить наличие ряда материалов в необходимом объеме на момент потребности в них. К таким материалам относятся:

- мерные материалы, которые сложно обособленно хранить в малых объемах до момента фактического использования (например, в машиностроении – краска, спиртосодержащие жидкости; в пищевой, химической промышленности – сыпучие материалы при бункерном размещении). Они также списываются на выпуск продукции по нормам, указанным в ресурсной спецификации;
- расходные материалы, обеспечивающие технологический процесс, например смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Расход таких материалов на единицу продукции не нормирован, он определяется рабочими режимами оборудования. Стоимость израсходованного объема СОЖ учитывается в составе общепроизводственных расходов цеха и переносится на себестоимость выпускаемой продукции опосредованно.

Все указанные группы материалов объединяет одна особенность обеспечения потребности: на момент передачи материалов со склада в цех отсутствует информация о продукции, в выпуске которой они будут задействованы. В связи с этим факт передачи со склада в цех можно рассматривать как простую смену материально ответственного лица и перенос места хранения материалов ближе к месту возможного использования. Выбор места использования в виде цеха, получившего материалы, не является окончательным и может быть легко изменен при возникновении дефицита данного материала в другом цехе. Это материальные ресурсы, которые при необходимости могут легко перемещаться между подразделениями и возвращаться на склад.

В подразделениях для хранения вспомогательных и расходных материалов, как правило, выделяются отдельные места хранения, получившие наименование цеховых кладовых. Расход материалов из цеховых кладовых ведется по мере необходимости в них для выполнения очередного производственного этапа. Пополнение запасов в цеховых кладовых носит ситуационный характер. Подразделения самостоятельно организуют процесс получения вспомогательных и расходных материалов со склада. Пополнение запасов в подразделении и на складе, обеспечивающем подразделение, может выполняться на основании данных статистических наблюдений об объемах использования материалов в предыдущие периоды. Получив очередное производственное задание, сотрудники цеха должны проверить достаточность количества вспомогательных и расходных материалов в цеховой кладовой, а при необходимости оперативно пополнить запас. Для организации оперативного контроля остатков вспомогательных и расходных материалов в подразделении необходимо своевременно регистрировать приходные и расходные операции с данными материалами, а по завершении очередного месяца инвентаризировать остатки. Выявленные при инвентаризации остатков отклонения могут быть своевременно учтены для дополнительного обеспечения материалов, в формировании себестоимости выпускаемой продукции.

Резюме. Несмотря на различия в процедурах обеспечения, для передачи материальных ресурсов в производственные подразделения можно выделить несколько общих правил:

- получение материальных ресурсов цехом должно выполняться максимально близко к дате их фактического использования;
- желательно исключить стадии промежуточного хранения в цехе и подавать материалы и детали непосредственно на рабочие места;
- объемы получаемых партий должны быть согласованы с возможностями цеха для внутреннего перемещения (тара, исполнительные механизмы, выделенный рабочий персонал, регламент работы вспомогательных рабочих и т. д.);
- движение материальных ресурсов должно сопровождаться документированием операций, а при использовании информационной системы – своевременным занесением в нее данных.

Применение пооперационных расписаний

Пооперационное расписание дает четкое представление о том, какое оборудование и когда будет задействовано для выполнения технологических операций, определяет последовательность заданий для каждого рабочего места. Результаты такого планирования доводятся до рабочих в виде сменно-суточных заданий или нарядов на выполнение работ.

Подтверждение сроков исполнения

Для размещения этапов в графике производства используется укрупненное описание условий их выполнения:

- по нормативной длительности исполнения этапа;
- по доступности отдельных видов оборудования (ключевых).

Каждый из этих способов несет потенциальные риски задержки реальных сроков выполнения этапов в подразделениях относительно запланированных. В первом случае при расчете графика не учитывается суммарный объем заданий, запланированных к выполнению на конкретный календарный отрезок времени. Он может в виде пиковой загрузки превысить доступность производственных ресурсов подразделения. В этом случае для диспетчера цеха важно своевременно выявить повышенную загрузку отдельных видов оборудования и постараться снизить ее путем перераспределения операций по альтернативным рабочим центрам. Во втором случае график не дает полного представления о согласованном выполнении операций разных технологических маршрутов на всех видах задействованного оборудования. Непредсказуемое время ожидания обработки перед началом каждой операции способно вызвать простой оборудования, доступность которого при расчете графика производства принималась как полная в соответствии с графиком работы. Незапланированные простои сокращают время, которое потенциально может быть задействовано для выполнения операций в течение рабочего дня. Преодолеть указанные ситуации позволяет этап оперативного планирования производства – составление календарного расписания выполнения технологических операций на рабочих местах.

В рамках подразделения пооперационное расписание составляется силами сотрудников ПДБ, которые обладают знаниями об особенностях

конкретных технологических процессов. При составлении расписания учитываются эксплуатационные особенности оборудования (например, возможность совместной обработки деталей из разных партий), режим работы и организационные регламенты подразделения. Это позволяет максимально реалистично спрогнозировать сроки окончания технологических маршрутов для исполнения этапов производства. Если рассчитанная на данном этапе планирования дата завершения какого-либо маршрута выходит за сроки, предусмотренные для этапа графиком производства, то это является весомым основанием для пересмотра графика производства. Получив информацию о потенциальном нарушении сроков выполнения этапа, сотрудники ПДО могут заблаговременно оценить влияние выявленного отклонения на дальнейший ход производственного процесса выпуска продукции.

Пооперационное расписание позволяет выявить наиболее загруженные единицы оборудования и оценить возможность перераспределения операций на альтернативные виды рабочих центров. Пооперационное расписание детализирует процесс управления производством, но его составление не является строго обязательным.

Особенности использования расписаний

Пооперационное расписание как разновидность календарных планов производства определяет сроки обработки партий деталей с учетом технологических нормативов, доступности производственных ресурсов, времени межоперационных перемещений. При его составлении порядок исполнения технологических операций может быть оптимизирован под наиболее важные для конкретного подразделения критерии организации производства. Формирование пооперационного расписания имеет ряд особенностей:

- **требует детальной нормативной информации** – все производственные процессы должны быть описаны с точностью до технологических операций. Для каждой операции должны быть определены условия ее выполнения с детализацией до вспомогательных действий и с учетом места операции в технологическом маршруте обработки;

- **основано на принципах перепланирования** – предполагает регулярную корректировку однажды рассчитанных планов под изменяющиеся условия деятельности подразделения.

Пооперационное расписание может составляться:

- для всего задействованного оборудования – «классический» вариант пооперационного планирования, реализуемый MES-системами;
- для одного, наиболее загруженного, вида оборудования, определяющего ритм производства в подразделении.

Несмотря на все преимущества организации работы в цехе на основании пооперационного расписания, такой регламент используется далеко не всегда.

Пооперационное расписание как вид календарного плана эффективно, когда подразделение организационно готово к работе с ним. В остальных случаях приемлемый результат в управлении достигается диспетчеризацией технологических маршрутов в процессе исполнения.

В рамках одного предприятия производственные процессы могут последовательно проходить через подразделения, имеющие разную по детализации систему внутрицехового управления. Этому есть вполне объективные причины. В условиях недостаточных информационных ресурсов высокая трудоемкость является физическим ограничителем для ручного составления пооперационного расписания. Создание пооперационного расписания оказывается избыточным в следующих случаях:

- **низкое качество нормативной базы** – существует высокая вероятность отклонения от рассчитанных сроков на ранних стадиях исполнения технологических маршрутов, что приводит к эффекту «снежного кома» – быстрой потере актуальности составленного расписания. Требуются большие трудозатраты на частое перепланирование;

- **слабая информационная поддержка производственных процессов** – получение обратной связи о ходе производства и доведение измененных данных планирования до рабочих мест занимает длительное время, лишая процесс управления оперативности;
- **низкая дисциплина исполнения.**

MES-системы

MES (сокр. от англ. Manufacturing Execution System) – это автоматизированная исполнительная система производственного уровня. Она оперирует точной информацией о технологических процессах и определяет, как в действительности изготавливается продукция. За счет быстрой реакции на происходящие события и применения информационных методов компенсации отклонений от графика производства MES-системы позволяют оптимизировать производство и сделать его более рентабельным.

Основные функции MES-систем

Международная ассоциация производителей систем управления производством (MESA) определила одиннадцать типовых функций MES-систем, реализуемых на уровне производственного подразделения:

- **Контроль состояния и распределение ресурсов (RAS)** – управление ресурсами производства: оборудованием, материалами, персоналом, документацией, инструментами, методиками работ. В рамках этой функции гарантируется правильность настройки оборудования для производственных процессов, отслеживается состояние оборудования в режиме реального времени.
- **Оперативное/детальное планирование (ODS)** – расчет производственных расписаний, основанный на специфике выпуска каждого вида продукции. Определяется детальная загрузка оборудования при работе конкретной смены.

- **Диспетчеризация производства (DPU)** – мониторинг и диспетчеризация производственных процессов, контроль выполнения заданий, операций, занятости оборудования и рабочих. В режиме реального времени отслеживаются все происходящие изменения и вносятся корректировки в план цеха.
- **Управление документами (DOC)** – контроль содержания и прохождения документов, сопровождающих изготовление продукции, ведение плановой и отчетной цеховой документации. Предусматривается архивирование информации.
- **Сбор и хранение данных (DCA)** – взаимодействие информационных подсистем в целях получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия. Данные о ходе производства могут как поступать автоматически из АСУТП и производственных линий, так и вводиться вручную персоналом.
- **Управление персоналом (LM)** – управление персоналом с заданной периодичностью, вплоть до ежеминутного режима. Включает отчеты о времени и присутствии рабочих на рабочем месте, соответствии сертификации. Учет и контроль основных, дополнительных и совмещаемых обязанностей персонала.
- **Управление качеством продукции (QM)** – анализ данных измерений качества продукции в режиме реального времени на основе информации, поступающей с производственного уровня, выявление критических точек и проблем, требующих особого внимания.
- **Управление производственными процессами (PM)** – мониторинг производственных процессов, автоматическая корректировка либо диалоговая поддержка решений оператора.
- **Управление техобслуживанием и ремонтом (MM)** – управление техническим обслуживанием, плановым и оперативным ремонтом оборудования и инструментов для обеспечения их эксплуатационной готовности.

- **Отслеживание истории продукта (PTG)** – визуализация информации о месте и времени выполнения работ по каждому изделию. Информация может включать отчеты: об исполнителях, технологических маршрутах, использованных материалах и комплектующих, партиях выпуска и обработки, условиях производства и т. п.
- **Анализ производительности (РА)** – предоставление подробных отчетов о реальных результатах производственных операций. Сравнение плановых и фактических показателей. Отчеты могут отражать наличие и использование ресурсов, соответствие производства стандартам и т. д.

Основными функциями MES-систем из перечисленных выше являются детальное планирование (ODS) и диспетчеризация производственных процессов (DPU) в цехе. Укрупненная функциональная схема MES-системы показана на рисунке 5.6.



Рис. 5.6. Укрупненная функциональная схема MES-системы

По результатам расчета графика производства, выполненного в рамках ERP- или APS-системы, MES-система цеха получает набор заданий на интервал планирования. Согласно выбранной модели планирования, а также учитывая текущее состояние производственных мощностей, составляется пооперационный план производства.

Условия для планирования постоянно меняются. Например, при составлении пооперационного расписания можно учесть не только график планово-предупредительных ремонтов оборудования (ППР), но и актуальное состояние его выполнения, а также фактически произошедшие отказы оборудования. Также ранее были рассмотрены случаи изменения состава технологических операций, подлежащих выполнению в цехе, в силу физических параметров поступивших в обработку материалов и выбора технологии обработки для отдельных партий деталей. Все эти факторы формируют уникальный набор условий для составления пооперационного расписания.

MES-система обеспечивает локальную оптимизацию производственных процессов.

Цель использования MES-системы – не только выполнить определенный набор производственных этапов в срок, заданный графиком производства, но сделать это как можно лучше с точки зрения экономических показателей выпуска. При построении пооперационного расписания учитываются многие технологические и организационные факторы, которые в силу своей детализации не могли быть учтены при расчете межцехового графика производства. Цех с точки зрения организации и экономики производства получает возможность выполнить технологические маршруты лучшим образом.

Модель планирования

Совокупность алгоритмов расчета и критериев построения оптимального расписания отражает модель планирования. Алгоритмы большинства MES-систем построены на эвристических принципах и правилах. Под эвристикой подразумевается построенное на опыте допущений, применение которого существенно ограничивает рамки

поиска решения сложной проблемы. Алгоритмы на основе эвристики позволяют найти приемлемое решение для существующих условий. Расчет пооперационного расписания с помощью MES-системы может выполняться последовательно: от составления первичного варианта, допустимого по срокам выполнения, к варианту, оптимальному по заданным критериям исполнения.

Каждый критерий отражает отдельное правило оценки соответствия составленного расписания заявленному набору требований. Например, для повышения пропускной способности оборудования необходимо сократить время производственных простоев. Одной из причин таких простоев является переналадка оборудования. Для их сокращения при составлении пооперационного расписания используется критерий минимизации числа переналадок оборудования. Для оптимизации расписания могут использоваться сочетания различных критериев. В зависимости от сложившихся в цехе условий состав критериев для построения расписания может меняться при перепланировании. Например, исходный вариант пооперационного плана был составлен с учетом критерия минимизации числа переналадок оборудования. Допустим, что в ходе производства произошла задержка в обработке нескольких партий деталей из-за необходимости выполнить дополнительные операции для устранения выявленного брака. При этом задача цехового диспетчера – выполнить в срок все этапы, запланированные на интервал планирования, – осталась без изменения. Для преодоления отставания необходимо задействовать максимум доступных ресурсов. Это обеспечивается параллельным выполнением операции для деталей одной партии на нескольких единицах оборудования. Данное решение противоречит критерию минимизации числа переналадок оборудования, так как переналадку придется выполнить для нескольких станков. Диспетчер цеха при перепланировании отказывается от критерия, утратившего актуальность, и выбирает для составления расписания новый критерий минимизации сроков исполнения. Новый вариант расписания позволяет цеху уложиться в установленные сроки и не нарушить межцеховой график производства. Таким образом через выбор критериев планирования задаются требования к наиболее желаемому результату выполнения операций:

- **сокращение сроков исполнения** – такие критерии основаны на технологических факторах производства. Их использование обеспечивает соблюдение сроков выполнения этапов производства в рассчитанные интервалы планирования;

- **снижение стоимости исполнения расписания** – критерии определяют экономические факторы производства.

Если при составлении пооперационного расписания используются сразу несколько разнородных критериев, то для достижения желаемого результата нужно правильно определить пропорцию влияния технологических и экономических факторов производства. Рассмотрим это на конкретном примере.

Для управления в цехе используется интервал планирования «день». Технологический маршрут обработки партии из 3 деталей включает выполнение трех операций (таблица 5.3).

Таблица 5.3. Состав операций технологического маршрута

Операция	Станок	Время обработки, мин	Время переналадки, мин
Токарная операция (Т)	Токарный станок SN500SA	60	20
Сверление (С)	Вертикально-сверлильный станок 2С132	40	0
Фрезерование (Ф)	Горизонтально-фрезерный станок 6Р83Г	40	0

Цех располагает 10 единицами оборудования каждого из указанных видов. Временем передачи деталей между станками для наглядности можно пренебречь. При прочих равных условиях самый быстрый вариант обработки данной партии деталей, соответствующий критерию минимизации сроков исполнения, обеспечивается при параллельной обработке каждой детали на отдельных единицах оборудования (рис. 5.7).

Расписание, составленное в соответствии с критерием минимизации сроков исполнения, позволяет завершить обработку за 160 минут. Первые 20 минут используются для параллельной настройки трех токарных станков. Следующие 60 минут идет выполнение токарной операции для всех деталей партии. Аналогичным образом (каждая деталь на своем станке) выполняются сверление и фрезеровка деталей из обрабатываемой партии. С технологической точки зрения все рассчитано корректно. Экономическая оценка данного расписания другая: распи-

сание не является оптимальным с точки зрения использования рабочего времени и загрузки оборудования.

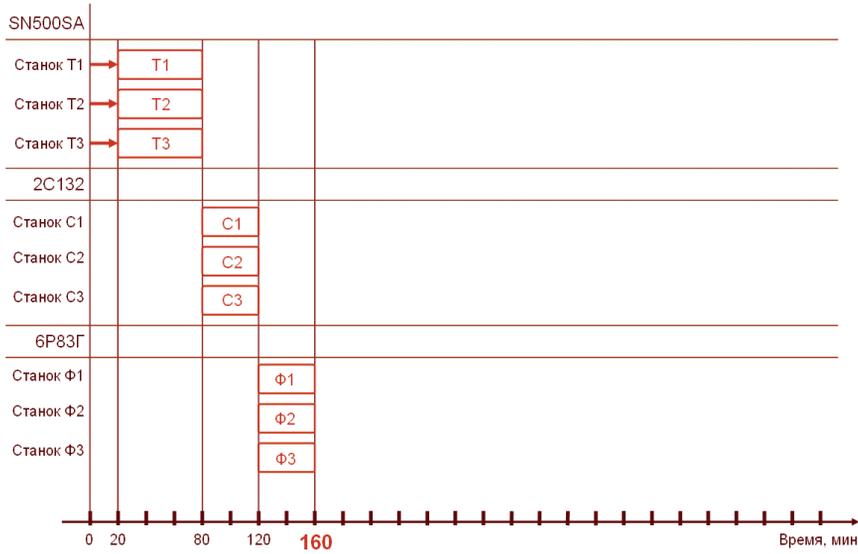


Рис. 5.7. Пример пооперационного расписания по критерию минимизации сроков исполнения

Решение о параллельном выполнении токарной операции требует переналадки трех станков. Общие трудозатраты на подготовительные операции составят: $3 \times 20 \text{ минут} = 60 \text{ минут}$. Если бы обработка всех деталей партии выполнялась на одном станке, то переналадку пришлось бы выполнить только для него. Разница между вариантами составляет: $60 - 20 = 40 \text{ минут}$. Это время можно считать скрытыми производственными потерями. Предприятие вынужденно оплатит данное время рабочим, выполняющим переналадку оборудования, но фактического производства в течение его не было, и станки были недоступны для обработки других деталей. Следует обратить внимание еще на один аспект, обусловленный большим числом в цехе однотипного оборудования каждого вида. Как правило, на ряде производств существует высокая взаимозаменяемость персонала по рабочим местам. В рамках цеха рабочие могут оперативно перенаправляться на наиболее загруженные в текущий момент рабочие места.

Для полной оценки данного аспекта сведений о параметрах только одной партии обработки недостаточно. Предположим, что суммарный объем заданий, полученных цехом, существенно меньше общей доступности производственных мощностей. В этом случае для выполнения технологических операций будут использоваться не все единицы оборудования, а только часть из состава каждого вида. Соответственно, и число одновременно задействованных рабочих будет меньше. Для рассчитанного варианта расписания требуется, чтобы три станка каждого вида одновременно были обеспечены трудовым персоналом. В общем случае это требование может оказаться избыточным. Для интервального планирования достаточным условием своевременности исполнения расписания является завершение обработки партии деталей в течение установленного для цеха интервала. В рассматриваемом примере существует вероятность выполнить технологический маршрут в срок и без жесткой оптимизации по времени. Проверим данное предположение, используя для составления расписания другой критерий: минимизация стоимости исполнения расписания. Он позволит снизить негативные факторы, выявленные для первого варианта расписания (рис. 5.8).

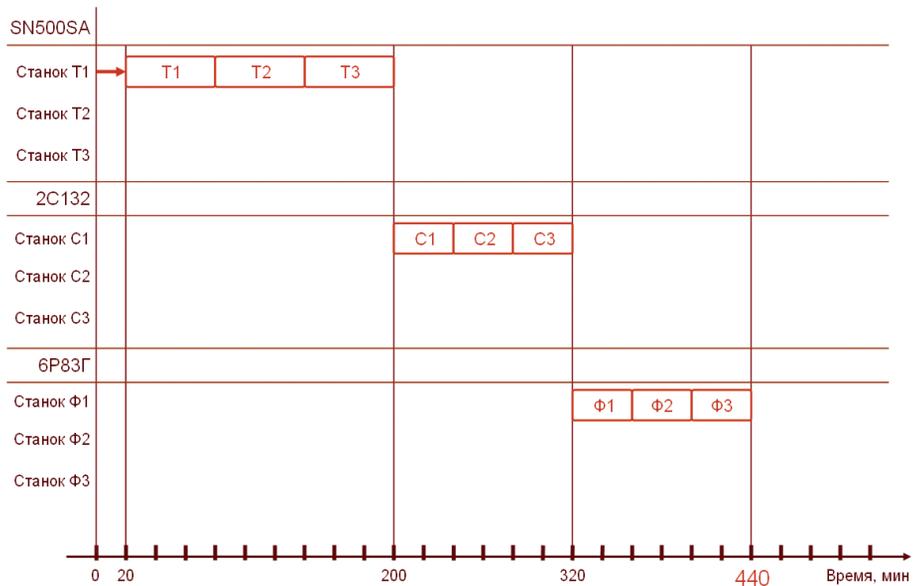


Рис. 5.8. Пример пооперационного расписания по критерию минимизации стоимости исполнения расписания

Расписание, составленное в соответствии с критерием минимизации стоимости исполнения расписания, позволяет завершить обработку за 440 минут. Для обработки партии деталей используется одна единица оборудования каждого вида. Это позволяет до минимума сократить время на переналадку токарных станков – 20 мин. Для исполнения операций требуется укомплектовать трудовым персоналом только один станок из каждой группы однотипных рабочих центров. Рассчитанная длительность существенно превышает значение, полученное для первого варианта, но она находится в допустимых для интервала планирования рамках: $440 \text{ минут} < 8 \times 60 \text{ минут} = 480 \text{ мин}$. При этом из-за близости полученного значения к предельно допустимому времени исполнения возрастает риск не выполнить маршрут в срок в случае непредвиденных обстоятельств. Таким образом, оба варианта, составленные на основании критериев, характеризующих только одну сторону производственных процессов, дают приемлемые результаты, но каждый из них обладает и определенными недостатками. Лучший результат удастся получить при комбинированном использовании нескольких методов, задавая долю влияния каждого критерия. Например, в случае одновременного применения уже рассмотренных критериев с одинаковой долей влияния можно получить следующий вариант пооперационного расписания (рис. 5.9).

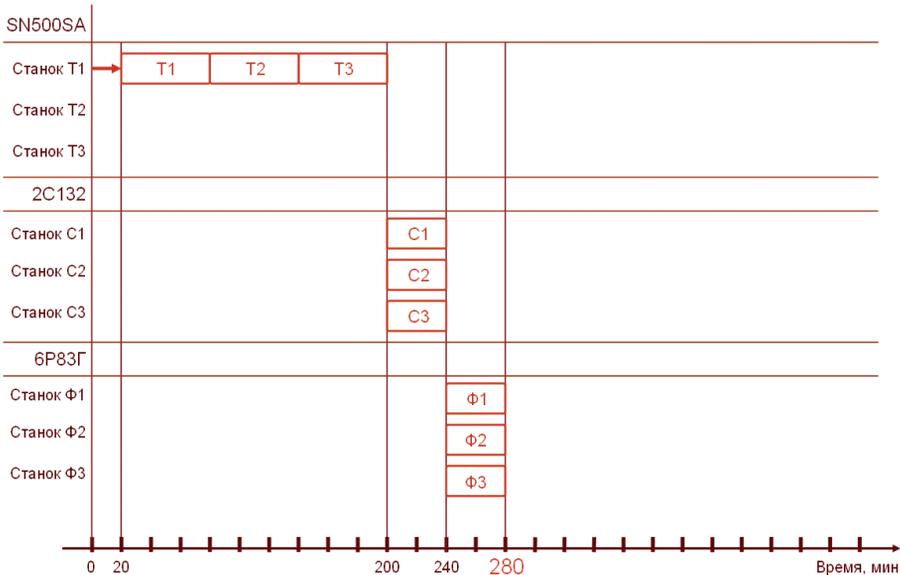


Рис. 5.9. Пример пооперационного расписания по комбинации критериев

Расписание, составленное с учетом комбинации критериев, позволяет завершить обработку за 280 минут. Токарная операция, требующая переналадки оборудования, выполняется на одном станке, а сверление и фрезеровка по возможности выполняются параллельно. Данный вариант показывает, как могут сочетаться лучшие стороны разных критериев.

В ряде MES-систем последний вариант составления расписания поддерживается возможностью задать для каждого вида оборудования индивидуальные параметры предпочтительной загрузки рабочих центров. В соответствии с этим подходом для токарных станков следует выбрать настройку, предполагающую максимальную загрузку единицы оборудования: в рамках одного вида оборудования операции будут размещаться на конкретный рабочий центр до момента полного использования его доступности. В результате загрузка рабочих центров в составе группы будет неравномерной, а для части оборудования, возможно, будут зафиксированы регулярные простои. Но минимизируется потребность в трудовых ресурсах. При одновременном использовании указанной настройки с критерием минимизации числа переналадок операции, использующие одинаковую настройку оборудования, будут планироваться последовательно для уменьшения общего времени переналадок. Для групп сверлильных и фрезерных станков подойдет настройка, позволяющая загружать станки равномерно. При составлении расписания операции распределяются на все рабочие центры группы последовательно. Это позволяет уравнивать объем выработки каждой единицы оборудования, но приводит к вероятности простоев на всех рабочих центрах.

Особенности применения MES-систем

Получение данных о ходе производства. MES-системой иногда также называют локальную информационную систему цехового уровня, позволяющую рассчитать пооперационное расписание и контролировать его актуальность на основании данных, регистрируемых вручную. В данном случае под ручным способом регистрации понимаются все методы занесения данных в систему, не связанные с автоматическим получением информации от датчиков оборудования: ручной ввод данных, считывание штрихкодов исполнительных документов и т.д. В этом случае обратная связь о ходе производства для информационной системы обеспечивается не техническими, а организационными

методами. Организационные методы в большей степени подвержены влиянию человеческого фактора, что проявляется в задержках поступления необходимых данных. Для систем управления, задающих время исполнения с точностью до минут и секунд, это крайне критичная ситуация. Отсутствие у MES-системы интеграции с оборудованием увеличивает время реакции диспетчера на изменившиеся условия производства.

Для визуальной оценки пооперационное расписание часто представляют в графическом виде, используя для этого построения в виде диаграммы Ганта. Исполнение производственного процесса формируется отражением текущего состояния на фоне рассчитанного расписания. В MES-системах, не имеющих прямой связи с оборудованием, при диспетчерском контроле могут применяться специальные имитационные методы, призванные снизить трудоемкость организации обратной связи о ходе производства. Например, по умолчанию считается, что все операции исполняются в установленный срок, пока не поступит сообщение с рабочих мест об отклонении в выполнении конкретной операции. Отклонения регистрируются в системе вручную. Если операция выполнена раньше срока, то регистрируется ее завершение.

Сменно-суточные задания

Выдача сменно-суточных заданий позволяет довести результаты оперативного планирования производства до исполнителей в цехе. Сменно-суточные задания представляют собой перечень работ, которые необходимо выполнить за смену на каждом рабочем месте. Они содержат следующие данные: названия операций, используемое оборудование, количество обрабатываемых деталей, нормативы времени и условия выполнения, и т. д. В сменно-суточное задание включаются только работы, полностью подготовленные к выполнению:

- определена и доступна к применению технологическая документация;
- необходимые материалы находятся в цехе (могут быть быстро получены со склада) и доступны для использования;
- отсутствуют ограничения в доступности оборудования, вызванные непредвиденными событиями;

- требующаяся оснастка доступна для применения;
- трудовые ресурсы в наличии в соответствии с графиком работы.

Сменно-суточное задание, выданное на конкретное рабочее место, может предусматривать как индивидуальное, так и коллективное выполнение. В ряде случаев в рамках сменно-суточных заданий выдаются наряды на выполнение работ. Наряды могут выдаваться рабочим вне зависимости от установленной им системы оплаты труда. В случае сдельной оплаты труда оформление нарядов позволяет зафиксировать не только объем выполнения каждого исполнителя, но и его сумму заработка (по утвержденным расценкам). Эти данные в дальнейшем используются для начисления заработной платы.

Управление через расписание ключевого вида оборудования

Пооперационное расписание, составленное MES-системой, наглядно показывает прохождение технологических маршрутов по всем задействованным единицам оборудования.

Если все-таки допустить возможность отклонений от рассчитанного пооперационного расписания, то насколько такая необязательность критична для соблюдения итоговых сроков выполнения этапа?

Временные границы интервалов планирования дают диспетчеру цеха свободу выбора времени исполнения операций этапа. Полученный на интервал набор производственных заданий формирует разный объем требований на использование отдельных видов оборудования. Простым подсчетом потенциального времени использования оборудование может быть ранжировано по степени загрузки. В зависимости от состава операций в разных интервалах планирования конкретное оборудование может занимать разные позиции в таком списке. Оборудование с высокой загрузкой определяет пропускную способность подразделения в целом, и любые его простои способны повлиять на исполнение полученных цехом производственных заданий (этапов производства). Выполнение операций на оборудовании с низкой загрузкой можно подстроить под расписание использования загруженного оборудования.

Рассмотрим технологический маршрут, который проходит через три вида оборудования: дробеструйная очистка заготовки – сверление – сложное фрезерование. Используемые виды оборудования сильно различаются по характеру доступности. Дробеструйной очистке подвергается небольшое число обрабатываемых деталей, в силу этого оборудование доступно к использованию по фактической потребности в нем. Подразделение также располагает большим количеством однотипных сверлильных станков, на которых может быть выполнена операция сверления. При этом их общая доступность существенно превышает потенциальную загрузку. Несколько сверлильных станков постоянно находятся в оперативном резерве и используются по мере необходимости. Состав резервных станков периодически изменяется. Все это, с одной стороны, гарантирует незамедлительное выполнение операции сверления, с другой стороны, неопределенность в выборе конкретной единицы оборудования сохраняется вплоть до непосредственного начала выполнения операции. С точки зрения оперативного управления это можно рассматривать как положительный момент: у мастера цеха существует свобода действий, а решение принимается только тогда, когда это необходимо. Иная ситуация складывается с выполнением операции фрезерования. Оборудование, на котором она выполняется (станок с ЧПУ), является очень востребованным. В силу своей универсальности он задействован для исполнения многих операций, и диспетчеры цеха заинтересованы в его работе без простоев. Данный станок является точкой пересечения технологических маршрутов, и для эффективного использования требуется определить порядок выполнения операций на нем. Эта задача решается составлением пооперационного расписания для данного вида оборудования (рис. 5.10).

В результате расчета расписания для операций фрезерования, относящихся к разным технологическим маршрутам, определяется четкое время их исполнения. Все партии деталей должны поступить на станок не позднее назначенного им времени обработки. Термин «не позднее» подразумевает возможность «пролеживания» деталей перед станком в ожидании своей очереди на обработку, если партия придет раньше назначенного срока. Готовность рассматриваемой партии деталей к обработке на станке с ЧПУ означает, что все предшествующие операции (дробеструйная очистка и сверление) должны быть выполнены. При этом составленное расписание не регламентирует время их исполнения.

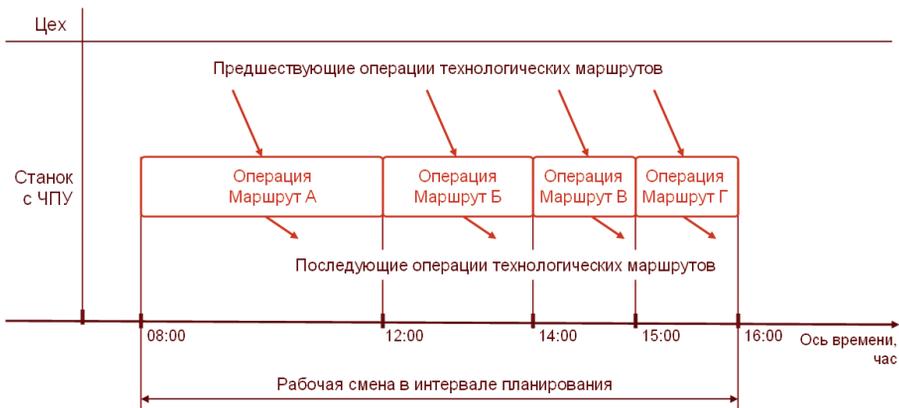


Рис. 5.10. Расписание оборудования, ключевого по объему загрузки

Расписание будет реальным руководством к действию, если в ходе диспетчеризации будут определены сроки запуска каждого технологического маршрута, обеспечивающие гарантированное завершение предшествующих операций маршрута до начала обработки на ключевом оборудовании (станок с ЧПУ). Минимальное время выполнения операций, предшествующих операции фрезерования, определяется общей длительностью исполнения следующих действий:

- подача заготовок со склада на дробеструйную обработку;
- дробеструйная обработка;
- передача заготовок на сверлильный станок;
- сверление, включая подготовительно-заключительные операции;
- передача заготовок на станок с ЧПУ.

Условно примем общую длительность указанных операций равной 2 часам. Данное значение может быть рассчитано исходя из данных технологической документации и нормативов на внутрицеховое перемещение деталей. В приведенном списке отсутствует время возможного «пролеживания» заготовок перед каждой операцией, так как его нельзя определить на основе нормативных данных.

Если маршрут начнется позднее минимального времени выполнения предшествующих операций, то расписание работы станка с ЧПУ будет нарушено, и возможен его незапланированный простой. Простой, в свою очередь, приведет к тому, что часть операций на нем останется невыполненной. Это могут быть операции других маршрутов, исполнение которых запланировано позднее опаздывающей операции рассматриваемого маршрута. Для исключения такого негативного развития событий запуск маршрута осуществляется с временным резервом относительно минимального времени выполнения. Резерв должен перекрывать возможное время «пролеживания» деталей в ожидании обработки и незапланированные отклонения в выполнении операций, предшествующих операции фрезерования. Значение резерва определяется на основании данных статистических наблюдений за ранее выполненными производственными процессами. Например, примем время резерва для выполнения предшествующих операций маршрута равным минимальной длительности их исполнения – 2 часам. Таким образом, выполнение рассматриваемого маршрута желательно начать в период от 2 до 4 часов до начала выполнения операции фрезерования, рассчитанного при составлении пооперационного расписания для станка с ЧПУ. Для «Маршрута А» (см. рис. 5.10) операция фрезерования стоит первой в смене рассматриваемого интервала планирования. Для ее начала в установленное время необходимо, чтобы предшествующие операции маршрута были выполнены в предыдущем интервале планирования. Для обеспечения своевременного начала выполнения маршрута диспетчеризация производства должна идти с опережением от рассматриваемого интервала планирования.

Пример показывает основные сложности использования данного метода управления исполнением технологических маршрутов:

- произвольный расчет оптимального времени опережения запуска маршрута относительно начала операции на ключевом оборудовании;
- нечеткий срок начала диспетчеризации производства относительно рассматриваемого интервала планирования;
- выполнение отдельных операций технологических маршрутов за рамками рассматриваемого интервала планирования.

Основным достоинством метода является возможность в условиях большого объема данных, подлежащих осмыслению, не расплывать силы на решение вопросов, мало влияющих на конечный результат, а сконцентрироваться на наиболее важных объектах управления. Изложенный подход к управлению соответствует положениям теории ограничений. Фактически мы рассмотрели очень частный случай ее применения. Вариант составления расписания для ключевого вида оборудования постепенно завоевывает популярность благодаря относительной простоте исполнения и значительной свободе в управлении движением партий деталей в процессе обработки. Его отличает меньшая трудоемкость исполнения по сравнению с классическими MES-системами.

Маршрутная система управления

Движение деталей в процессе обработки осуществляется партиями. Каждую партию может сопровождать свой маршрутный лист, описывающий последовательность выполнения технологических операций, оборудование, на котором операции должны быть выполнены, требующиеся материальные ресурсы и нормативную трудоемкость обработки. Операции в маршрутных листах перечисляются в последовательности выполнения. Чаще всего это технологические операции, выполняемые в рамках одного производственного подразделения (рис. 5.11).

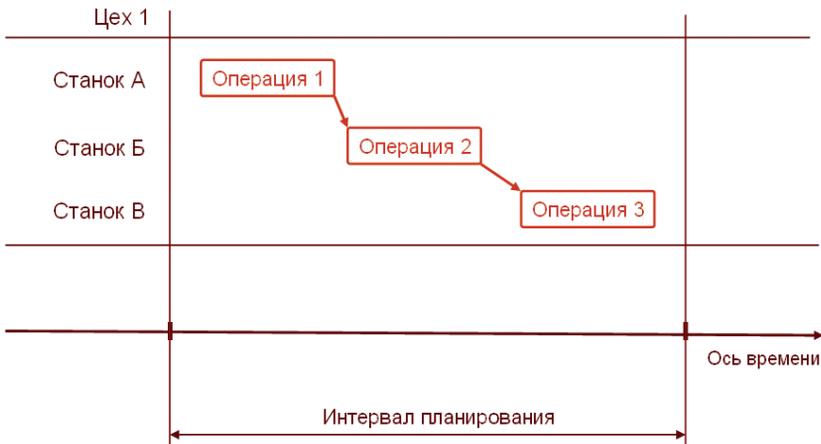


Рис. 5.11. Технологический маршрут в рамках одного цеха

Также в производство могут запускаться сквозные маршруты, предусматривающие выполнение технологических операций в нескольких подразделениях (рис. 5.12).

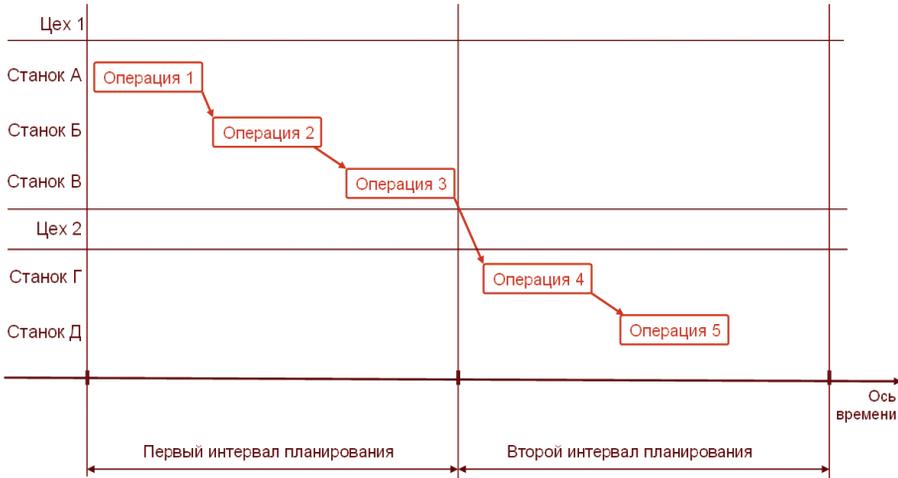


Рис. 5.12. Сквозной технологический маршрут через несколько цехов

Одной из разновидностей сквозных маршрутов являются многозаходные маршруты. Они отражают технологический процесс, при котором предусматривается возвратно-поступательное движение материальных потоков в цехе при обработке одной партии деталей (рис. 5.13).

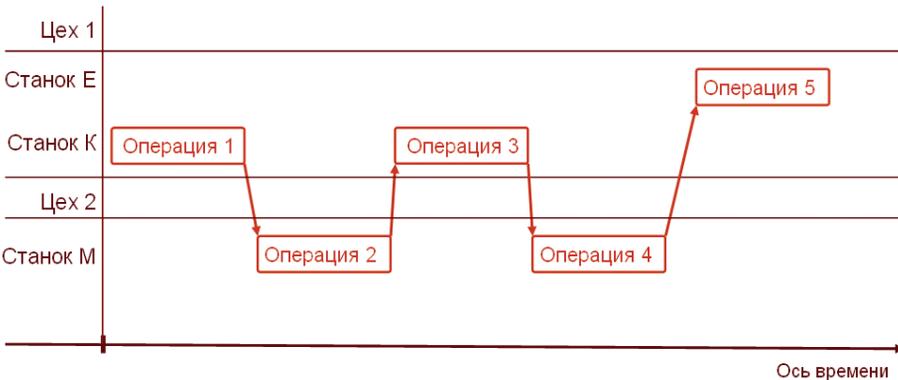


Рис. 5.13. Многозаходный маршрут через два цеха

Один маршрутный лист может охватывать длительные стадии обработки – до нескольких месяцев. Каждая партия деталей проходит все операции согласно маршрутному листу. Если в процессе производства возможность обработки единой партии деталей утрачивается, то исходная партия может быть разбита на несколько более мелких партий. На каждую из вновь выделенных партий выписывается свой отдельный маршрутный лист. Использование маршрутных листов является еще одним вариантом формирования производственных заданий по рабочим местам.

При интервальном планировании ключевым параметром для оценки исполнения технологического маршрута является соблюдение временных границ установленного интервала. Процесс движения партии деталей внутри цеха (а при многозаходном производстве и между цехами) по маршрутному листу может быть:

- ситуационным;
- управляемым.

Ситуационный вид движения партий деталей

При использовании маршрутной системы управления в рамках ситуационного вида движения партий диспетчер цеха фиксирует только два события: начало обработки партии деталей и ее завершение. Рабочий очередной смены будет обрабатывать поступившую к нему партию деталей вне зависимости от того, в какую смену были выполнены предыдущие операции. Если перед рабочим местом образовалась очередь из нескольких партий деталей, то рабочему предстоит сделать выбор партии, которая будет следующей для обработки. Решение принимается согласно принятым в подразделении правилам. Они могут различаться для разных рабочих мест в зависимости от индивидуальной загрузки и положения рабочего места в технологическом маршруте. Например, возможны следующие варианты:

- **согласно приоритету исполнения маршрутного листа** – позволяет минимизировать время ожидания. Например, это необходимо, когда требуется ликвидировать отставание в сроках выполнения технологического маршрута;

- **в порядке поступления партий деталей на рабочее место** – вариант используется по умолчанию, когда не определены дополнительные условия для выбора партии;
- **с первую очередь обрабатываются партии, наиболее близкие к завершению** – вариант эффективен при многозаходном производстве, чтобы быстрее закончить обработку почти готовых деталей;
- **в первую очередь обрабатываются партии, исполнение технологического маршрута для которых только началось** – такой подход позволяет быстрее передать партию на следующие рабочие места, которые для разных партий различаются, и загрузить их. Это правило эффективно для наиболее загруженных единиц оборудования.

Любой из вариантов предполагает наличие существенного запаса по времени для исполнения всего технологического маршрута, так как суммарное время ожидания в очереди на обработку для каждой партии перед всеми рабочими местами плохо предсказуемо. Оно может сильно отличаться для разных партий и зависит от сложившейся ситуации, что и определило название рассматриваемого вида движения партий деталей.

Диспетчер вмешивается в ситуацию по ходу производства только в том случае, если маршрутный лист не был завершен в установленное время. Определив рабочее место, на котором находится маршрутный лист, диспетчер может проанализировать причины задержки, оперативно устранить их, повысить приоритет исполнения маршрутного листа для прохождения оставшейся части технологического маршрута. В инициативном порядке диспетчер может вести мониторинг работы на тех единицах оборудования, перед которыми чаще всего образуются очереди из деталей, ожидающих обработки. Одним из вариантов для него повлиять на ситуацию является возможность в оперативном порядке принять решение о переносе части операций на альтернативные виды оборудования.

Описанный вариант диспетчеризации не требует обязательного применения в подразделении информационной системы для управления производством. Если информационная система используется, то она позволяет обеспечить обратную связь о ходе выполнения операций

для графика производства путем регистрации ограниченного объема данных – начала и окончания выполнения этапа производства, выделенного отдельным маршрутом. При организационной простоте данный вариант движения партий деталей достаточно эффективен при надлежащем выполнении всеми участниками производства своих обязанностей по перемещению деталей. Основным минусом является то, что он основан на сознательности рабочих, которые не будут отказываться от своевременной передачи обработанных деталей из-за желания быстрее приступить к выполнению следующих операций на своем рабочем месте. Часто квалифицированные рабочие отрицательно относятся к обязанностям по перемещению деталей. Проблема снимается выделением вспомогательных рабочих, которые обеспечат своевременную передачу деталей между рабочими местами.

Управление движением партий деталей

Передача партий деталей между операциями технологического маршрута идет через локального диспетчера цеха (рис. 5.14).

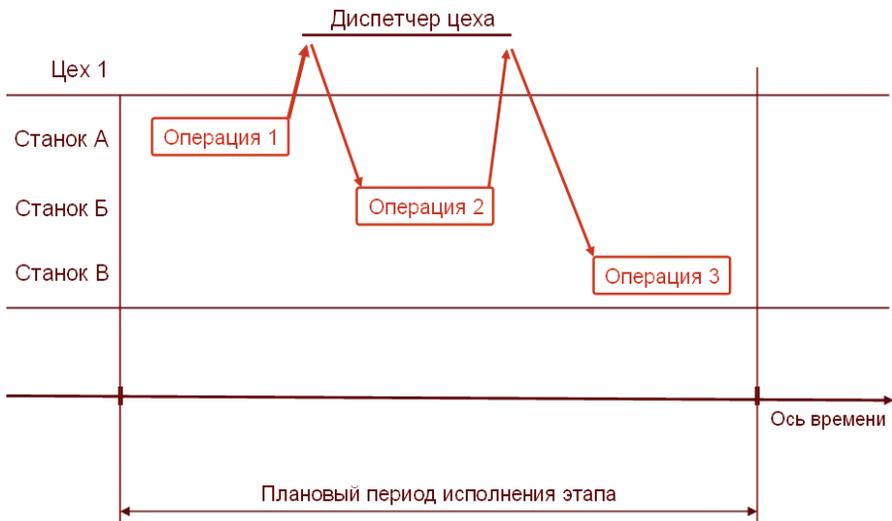


Рис. 5.14. Управление движением партии по технологическому маршруту

Диспетчер в режиме реального времени получает информацию о завершении очередной операции обработки партии деталей. Он анализирует

свободные рабочие места, на которых может быть выполнена дальнейшая обработка, и направляет партию на них. При этом, не разбивая маршрутный лист, он может параллельно задействовать для обработки одной партии несколько единиц однотипного оборудования. Фактически на каждое рабочее место выдается наряд на разовое выполнение технологической операции, относящейся к конкретному маршрутному листу. Это может быть отдельный документ или непосредственно сам маршрутный лист.

Обычно управляемый вид движения применяется при относительно небольшом числе партий деталей, одновременно находящихся в обработке, и при средней длительности отдельных операций от 4 часов и выше. При таком подходе не требуется формирование маршрутных листов с точностью до используемой единицы оборудования – в маршрутном листе достаточно указать необходимый вид оборудования. Принятие окончательного решения о выборе рабочего места откладывается до момента начала операции. Это особенно удобно, когда многие операции могут быть выполнены на альтернативных видах оборудования.

Диспетчер в буквальном смысле держит «руку на пульсе» производственного процесса. Его основная задача – избежать неконтролируемого возникновения очередей перед отдельными единицами оборудования. Это более совершенный по сравнению с предыдущим вариант управления материальным потоком в подразделении. Из-за уменьшения времени ожидания партией начала обработки существенно снижается длительность исполнения технологического маршрута. После окончания очередной операции детали некоторое время могут находиться в ожидании выбора рабочего места для выполнения следующей технологической операции. На рабочих местах должно быть предусмотрено место для временного складирования деталей, прошедших обработку. С учетом особенностей организации рабочего пространства это может быть отдельная площадка, отличная от места расположения деталей, поступающих на обработку. Работа диспетчера цеха становится более результативной при использовании в подразделении информационных систем управления производством, даже когда они не имеют непосредственной интеграции с технологическим оборудованием. Информационные системы позволяют:

- использовать информационный образ маршрутного листа без его дублирования печатной формой. Роль первичных

документов в этом случае будут выполнять наряды на выполнение отдельных операций;

- предупредить диспетчера о плановом сроке завершения очередной операции и тем самым определить момент принятия решения о выборе следующей единицы оборудования;
- предложить для выполнения следующей операции свободные единицы оборудования;
- оперативно управлять загрузкой всех единиц оборудования (за счет доступности и визуальной наглядности данных о загрузке);
- обеспечить высокую преемственность в диспетчеризации технологических маршрутов при сменном режиме работы;
- регистрировать выполнение операций по ходу производства.

Для данного варианта движения необходимо обеспечить оперативное информирование рабочих на местах о следующей партии к обработке, а при использовании нарядов – выдать их.

В отличие от предыдущей схемы в передаче деталей на следующее рабочее место заинтересован рабочий, ожидающий партию. Это более весомый стимул, так как все задержки в ее получении скажутся непосредственно на объеме его выработки и, как следствие, на зарплате. Такому рабочему непроизводительные простои не нужны, и он готов приложить дополнительные усилия для скорейшего поступления назначенной партии на его рабочее место. Иногда выполнение каждой операции завершается размещением частично обработанных деталей в местах временного хранения на территории цеха. Управление движением партий деталей в подразделении требует больших трудозатрат на диспетчеризацию, чем при ситуационном движении. Дополнительные затраты окупаются более наглядным процессом прохождения технологических маршрутов. Пооперационный контроль позволяет выявить все непредвиденные задержки в исполнении операций максимально оперативно и предоставляет в распоряжение диспетчера цеха максимально возможное время для их устранения.

Регистрация выполнения операций

Отметка об исполнении операций технологического маршрута ставится рабочими:

- в сменно-суточных заданиях;
- непосредственно в маршрутном листе;
- в нарядах, выписанных на выполнение отдельных операций маршрутного листа или сменно-суточного задания.

Если в исполнении были задействованы несколько рабочих, то указывается объем выполнения каждым из них. Указанные документы признаются первичными документами производственного учета. На практике применяются разные способы регистрации выполнения операций в информационной системе. Основные из них:

- ручное указание на вынесенных на рабочие участки терминалах ввода данных;
- с использованием терминалов сбора данных по штрихкодам операций в маршрутном листе;
- автоматически путем снятия данных со встроенных датчиков оборудования.

Занесение данных в информационную систему в отрыве от рабочих мест (например, в местах расположения мастеров или в ПДБ цеха) часто происходит с большой задержкой по времени. Наиболее типичные ситуации:

- данные о выполнении с рабочих мест передаются не сразу после завершения операций, а по условному регламенту, например два раза в день (в обед и в конце смены);
- данные, поступившие в конце рабочей смены, могут быть отражены только на следующий день.

Отраженные таким образом в информационной системе данные важны для производственного учета и необходимы для расчета себестоимости

выпускаемых изделий, но в отсутствие оперативной регистрации эти данные не могут использоваться для диспетчеризации производства.

Выбор варианта управления материальными потоками в подразделении должен быть экономически оправданным и обязательно поддержан организационно. Для диспетчеризации производства регистрация выполнения всех технологических операций в информационной системе часто не требуется. Достаточно на ранней стадии выявить задержки в выполнении технологического маршрута и спрогнозировать реальный срок его завершения. Этих данных уже достаточно, чтобы на конкретный производственный процесс обратили внимание диспетчеры, находящиеся на разных уровнях управления – как непосредственно в подразделении, так и ответственные за график производства.

Управление отклонениями

Диспетчеризация предполагает оперативный анализ непрерывно изменяющегося хода производства. Выполняется сопоставление фактических данных контролируемых показателей с их нормативными величинами. На цеховом уровне применяются натуральные, объемные и временные показатели, охватывающие процессы производства и нормативы расхода ресурсов, показатели брака и других потерь. Диспетчер оперирует доступными ресурсами для предупреждения намечающихся отклонений от графика производства, пооперационного расписания, а также для быстрой ликвидации последствий, если их не удалось предупредить.

Изменение доступности оборудования. Диспетчеры принимают участие в согласовании расписания планово-предупредительных ремонтов оборудования. Но из-за задержек в исполнении ремонтов и непредвиденных отказов реальная доступность оборудования к началу выполнения операций может оказаться существенно ниже плановой. В данной ситуации диспетчер цеха должен оперативно найти замену оборудованию, которое изначально планировалось использовать для обработки деталей. Диспетчер может задействовать резервы своего цеха или обратиться за помощью к соседним цехам, в распоряжении которых находятся аналогичные рабочие центры. При принятии решения внутри производственного подразделения можно выделить несколько подходов:

- **технологический** – операции переносятся на разрешенные технологами альтернативные виды оборудования;

- **распределительный** – будет задействовано резервное оборудование (если цех им располагает);
- **организационный** – разово изменяется режим работы отдельных рабочих, и выполняется соответствующее распределение работ по сменам.

Если решить проблему собственными силами не получилось, то диспетчер напрямую или через ПДО обращается за помощью к другим производственным подразделениям. Например, отказ фрезерного станка основного цеха может быть компенсирован использованием такого же станка из состава оборудования цехов вспомогательного производства. Такое решение оформляется уникальным маршрутным листом, который описывает не только новое рабочее место для исполнения операции, но и условия перемещения партии деталей между подразделениями. Задаются новые нормативы на выполнение маршрута. Диспетчер цеха по-прежнему контролирует прохождение маршрута и время его окончательного завершения в соответствии со сроком, установленным графиком производства. Если расчетное время завершения нового маршрута превышает разрешенные границы интервала планирования, то диспетчер цеха обязан оповестить об этом сотрудников ПДО, отвечающих за график производства. Анализируя влияние данной задержки на исполнение последующих этапов производства, сотрудники ПДО могут утвердить новые сроки окончания этапа без перепланирования графика или будут вынуждены запустить процедуру пересчета графика производства.

Ключевым требованием к системе внутрицеховой диспетчеризации является как можно более раннее предоставление данных о негативном прогнозе по срокам исполнения этапов производства. Данные о доступности оборудования могут уточняться еще до наступления календарных сроков исполнения конкретных этапов производства. Регулярный мониторинг доступных производственных ресурсов является примером профилактической функции диспетчеризации производства. Диспетчеризация должна заранее выявлять все сбои и содействовать их устранению.

Исправимый и неисправимый брак. Брак может возникнуть на любой стадии производственного цикла. В зависимости от характера установленных дефектов брак делится на исправимый и неисправимый (окончательный). Исправимым браком считаются изделия (детали) и работы, которые после дополнительной обработки могут быть использованы

по прямому назначению. Их исправление возможно технически и целесообразно экономически. Диспетчеризация производства по возможности должна обеспечивать оперативное выявление брака на всех операциях обработки. В цехе брак появляется как следствие:

- ненадлежащего качества материалов, которое проявилось в ходе их обработки;
- нарушения технологических норм в силу низкой квалификации рабочих;
- снижения качества обработки из-за скрытых дефектов оборудования.

Диспетчеризация производства в случае выявления брака последовательно решает две задачи: минимизация последствий от уже свершившихся событий и организация исправления. Чем раньше будет выявлен брак, тем меньше ресурсов будет потрачено на выпуск и тем легче исправить ситуацию. Для исправления внутреннего брака диспетчер цеха может внести в технологические маршруты дополнительные операции и запланировать их выполнение на общих основаниях с другими операциями. Если такое дополнение не нарушает установленных сроков исполнения этапов производства, то решение данного вопроса полностью находится в рамках его компетенций.

В случае выявления некачественного материала диспетчер цеха должен остановить выполнение обработки и сообщить о ситуации в ПДО. В дальнейшем он выполняет решения сотрудников ПДО: получить новый материал со склада и продолжить производство; провести дополнительную обработку материала; получить новые задания для выполнения и т. д.

Выявление сложно устранимого исправимого брака и неисправимого брака требует немедленного информирования сотрудников ПДО. Такой брак нарушает количественные показатели производства в цехе, он влияет на возможность продолжения выпуска продукции. Планирование выпуска деталей, восполняющих брак, выполняется в рамках графика производства. В последующем этапы для производства таких деталей цех получит по единым правилам на основании измененного графика производства.

Практикум главы «Внутрицеховая диспетчеризация производства»

Рассмотрим вариант действий диспетчера цеха при выполнении этапов производства – ручное управление движением партий деталей в процессе обработки. Данная форма диспетчеризации используется для этапов, которые были описаны в межцеховом графике производства нормативным временем исполнения.

Допустим, что в «Цехе корпусов» требуется выпустить партию полуфабрикатов **ВА.500.01 Вал** из 6 штук. Данное изделие регулярно изготавливается цехом небольшими партиями от 6 до 10 штук. До текущего момента были накоплены данные статистических наблюдений о среднем времени производства – два рабочих дня. Они приняты в качестве нормативного времени изготовления и заданы в ресурсной спецификации как длительность одноэтапного производственного процесса (значение в поле **Длительность этапа**) – рисунок 5.15.

The screenshot shows a web-based form for defining a production stage. The form is titled 'Производство (Этап производства)'. It has a navigation bar with '←', '→', and '☆' icons. Below the title, there are tabs for 'Основное' and 'Мои заметки'. A yellow button 'Записать и закрыть' is prominent. Other buttons include 'Записать', a list icon, a print icon, and a dropdown 'Еще ?'. The form fields are: 'Входит в спецификацию:' with a text input 'ВА.500.01 Вал' and a search icon; 'Производство:' with radio buttons for 'собственное' (selected) and 'силами переработчика'; 'Наименование:' with a text input 'Производство'; 'Подразделение:' with a text input 'Цех корпусов' and a search icon; a checkbox 'Использовать виды рабочих центров' which is unchecked; 'Длительность этапа:' with a numeric input '2', a unit dropdown 'дн', and a minus sign; 'Маршрутная карта:' with a text input 'ВА.500.01 Вал' and a search icon; and a checkbox 'Разбивать маршрутные листы по:' with a numeric input '0' and a note '(определяется маршрутной картой)'. At the bottom, there is a checked checkbox 'Длительность этапа используется для построения графика производства.'

Рис. 5.15. Одноэтапный производственный процесс изготовления полуфабриката «ВА.500.01 Вал»

Технологический процесс изготовления изделия состоит из трех операций: токарной, сверления и фрезерования. Для единичного выпуска время выполнения операций задано в маршрутной карте **ВА.500.01 Вал** (рис. 5.16).

Порядок	Изготовить (выполнить)	Вид рабочего центра	Вариант нападки	Время шт...	Время ПЗ
1	2	Токарная	Токарные станки SN500SA	30,0, мин	
2	3	Сверление	Вертикально-сверлильные станки 2С132	20,0, мин	
3		Фрезерование	Горизонтально-фрезерные станки 6Р83Г	30,0, мин	

Рис. 5.16. Маршрутная карта, описывающая технологический маршрут изготовления полуфабриката «ВА.500.01 Вал»

Для операций в представленной маршрутной карте задан только вид необходимого станка, а не конкретный экземпляр оборудования. Такое описание предполагает, что рабочее место для выполнения операции определит диспетчер цеха непосредственно перед исполнением. Это удобно, когда цех располагает группами станков каждого вида. Точность выбора оборудования ограничена отсутствием на момент задания маршрутной карты информации о реальной доступности каждого станка в момент возможного использования. Если в маршрутной карте указать рабочий центр, то решение о месте выполнения операции будет определено уже на этапе формирования нормативной информации. При выполнении операции в цехе указанный рабочий центр будет использоваться по умолчанию. Данный вариант описания задействованного для операции оборудования целесообразен для уникальных станков, решение о замене которых принимается только с привлечением технологов. В нашем примере **Цех корпусов** располагает группами станков:

- токарный станок SN500SA – 5 штук;
- вертикально-сверлильный станок 2С132 – 4 штуки;
- горизонтально-фрезерный станок 6Р83Г – 5 штук.

Производственное задание на выпуск полуфабриката **ВА.500.01 Вал** получено цехом в виде этапа производства **МС00-11.1.1** (рис. 5.17).

Рис. 5.17. Этап производства изготовления партии полуфабрикатов «ВА.500.01 Вал» из шести штук

На основании данных выбранной маршрутной карты можно рассчитать нормативную трудоемкость операций для изготовления партии полуфабрикатов **ВА.500.01** из шести штук (таблица 5.4).

Таблица 5.4. Нормативная трудоемкость операций при обработке партии полуфабрикатов «ВА.500.01 Вал» из шести штук

Операция	Станок	Трудоемкость обработки партии деталей
Токарная операция (Т)	Токарный станок SN500SA	30 мин x 6 шт. = 180 мин
Сверление (С)	Вертикально-сверильный станок 2С132	20 мин x 6 шт. = 120 мин
Фрезерование (Ф)	Горизонтально-фрезерный станок 6Р83Г	30 мин x 6 шт. = 180 мин
Общая трудоемкость операций		180 мин + 120 мин + 180 мин = 480 мин

Этап производства предполагает начало выполнения 26.04.2017. В отсутствие рассчитанного пооперационного расписания (оно не используется в цехе) точное время исполнения операций в период с 26.04.2017 по 27.04.2017 не определено.

Начало исполнения первой операции этапа определяется по фактической доступности токарного оборудования. Решением диспетчера цеха для токарной обработки выбран один рабочий центр **Токарный станок SN500SA № 101** (рис. 5.18).

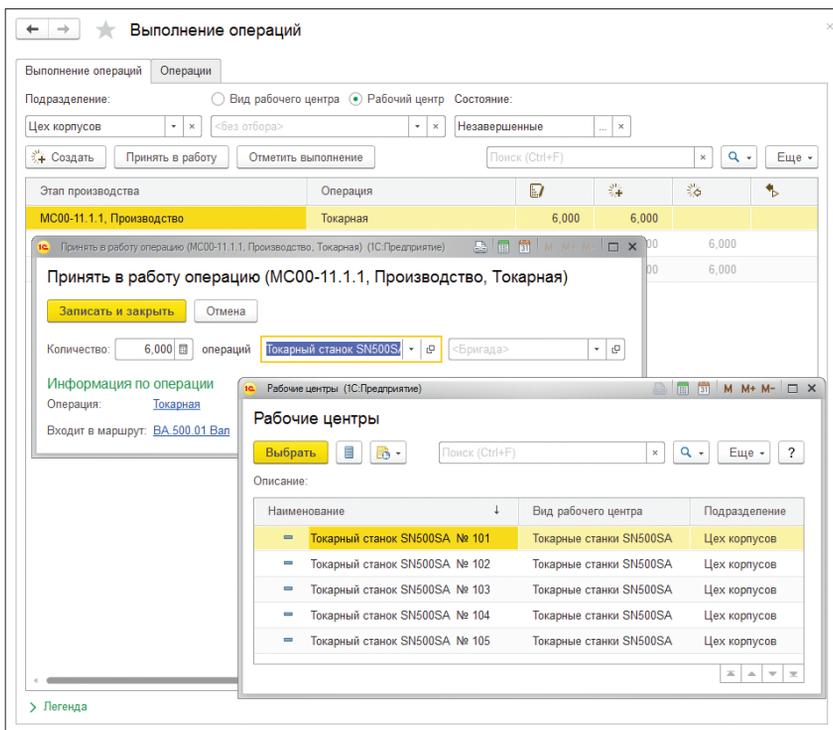


Рис. 5.18. Выбор рабочего центра «Токарный станок SN500SA № 101» для выполнения токарной операции

Длительность токарной обработки составит 180 мин (таблица 5.4). Предположительно через указанное время можно будет приступить к следующей операции. Графически движение партии полуфабрикатов в цехе по рабочим местам на момент выполнения токарной операции можно показать следующим образом (рис. 5.19).

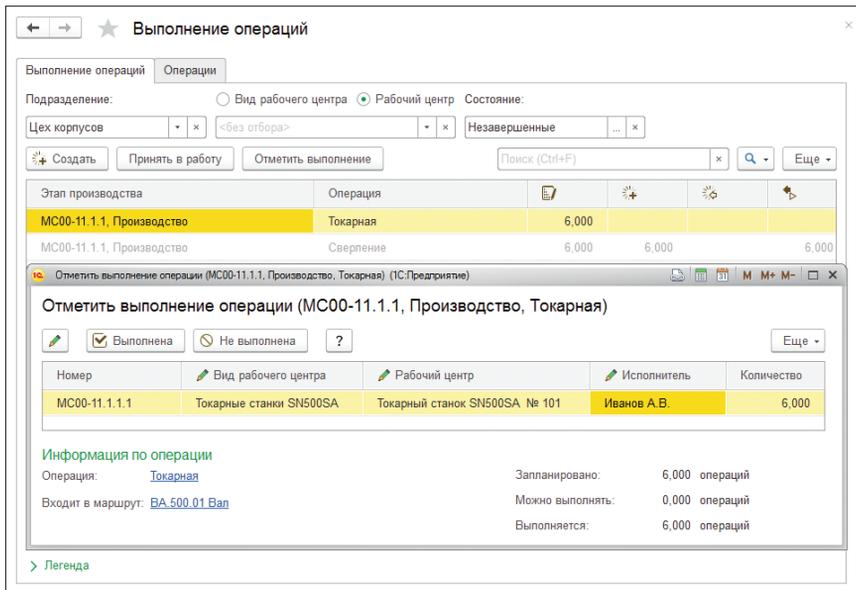


Рис. 5.20. Отметка о выполнении токарной операции

На момент окончания токарной операции были доступны два рабочих центра (**Вертикально-сверлильный станок 2С132 № 203** и **Вертикально-сверлильный станок 2С132 № 204**) из группы **Вертикально-сверлильные станки 2С132**. Каждый из рабочих центров обслуживается своим рабочим. Другие варианты загрузить данные рабочие места временно отсутствуют, поэтому диспетчером цеха принимается решение выполнить операцию сверления, выдав параллельные задания на 3 штуки на оба свободных рабочих центра (рис. 5.21).

Параллельное исполнение операции сверления сокращает длительность обработки на данном виде оборудования до: 20 мин x 3 шт. = 60 мин. Информационная система позволяет контролировать текущее состояние исполнения операций этапа производства **MC00-11.1.1** (рис. 5.22).

загрузки рабочих, но и для сокращения сроков производства (для ликвидации наметившегося отставания по этапу). Такие решения принимаются и реализуются быстро.

После завершения операции сверления анализируется доступность станков группы **Горизонтально-фрезерные станки 6Р83Г**. Для выполнения определяется рабочий центр **Горизонтально-фрезерные станки 6Р83Г № 303** (рис. 5.23).



Рис. 5.23. Движение обрабатываемой партии полуфабрикатов на момент выполнения операции фрезерования

В результате изготовления партии полуфабрикатов **ВА.500.01** завершается в установленный для этапа срок. Изделия передаются на склад.

Рассмотренная форма диспетчеризации производства удобна для выполнения этапов, пересекающихся по периодам исполнения. При ее использовании должно быть уделено особое внимание оперативному доведению принимаемых диспетчером решений до исполнителей и получению им данных о завершении технологических операций.

Глава 6. Определения использованных терминов

Альтернативные виды рабочих центров. Оборудование, которое может быть задействовано для выполнения технологической операции при недостаточной доступности вида станков, изначально выбранного для нее в маршрутной карте. Предполагается, что операции на альтернативном оборудовании могут быть выполнены с требуемым качеством обработки. При этом время и стоимость их исполнения могут отличаться от нормативных значений.

Аналоги материалов. Материалы (комплектующие), подобные по своим характеристикам исходным материалам (комплектующим), заявленным к использованию для производства продукции. Они обладают схожими функциональным назначением и условиями применения.

Асинхронная загрузка рабочих центров. Режим использования производственного оборудования, при котором для одновременно обрабатываемых партий деталей допускается независимое начало выполнения операций.

Протекающие на таком оборудовании процессы не зависят от времени начала операции, их результат определяется только длительностью исполнения операции.

Брак. Продукция, передача которой потребителю не допускается из-за наличия дефектов.

Материальные ресурсы, у которых в процессе производства были выявлены отклонения в значимых свойствах.

Брак в производстве приводит к снижению эффективности использования ресурсов – для выпуска необходимого количества продукции требуется больший объем ресурсов.

В целях управления качеством обнаруженный брак анализируется по месту и времени возникновения, ответственным лицам, возможностям исправления. Выделяют исправимый и неисправимый (окончательный) брак.

Вариант наладки оборудования. Совокупность режимов и условий использования оборудования и спецодежды для выполнения определенного вида операций.

В ходе наладки происходит перевод единицы оборудования с одного варианта наладки на другой. Последовательное выполнение операций одного вида не требует дополнительной наладки оборудования.

Вид рабочих центров. Группа взаимозаменяемых единиц оборудования, позволяющих выполнить технологическую операцию с требуемым качеством.

Нормативная технологическая документация часто не детализируется до конкретной единицы оборудования, поэтому в маршрутных картах виды рабочих центров используются для указания типа оборудования, необходимого для выполнения операций.

Время наладки оборудования. Время процедуры наладки, осуществляемой на неработающем оборудовании перед выполнением новой операции.

Время простоя. Время, когда производственные процессы выпуска продукции должны выполняться, но приостановлены из-за отсутствия доступности производственных (оборудование), материальных или трудовых ресурсов, а также вследствие задержек в принятии управленческих решений по диспетчеризации производства.

Вспомогательные материалы. Сырье, которое непосредственно не преобразуется в продукцию, но расходуется в процессе выполнения технологических процессов. Например, смазочные материалы для форм.

Возвратные отходы. Остатки сырья (материалов), полуфабрикатов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства товаров (выполнения работ, оказания услуг), и частично утратившие потребительские качества исходных ресурсов (химические или физические свойства).

Выпуск изделия. Появление в результате производства нового материального объекта – детали, полуфабриката, продукции.

Выпуск подтверждает завершение процесса преобразования сырья и материалов в изделие. При этом в составе незавершенного производства прекращается количественный учет материалов, использованных для выпуска, и возникает количественный учет выпущенных изделий.

Готовая продукция. Продукция, прошедшая все стадии обработки и соответствующая по качеству заявленным требованиям. Конечный продукт производственного процесса предприятия.

Давальческая схема производства. Вариант производственной кооперации предприятий, когда одна организация оказывает услуги по переработке сырья, принадлежащего другой организации. В результате такого производства владелец сырья (давальец) получает готовую продукцию, а исполнитель (переработчик) – определенную сторонами плату за переработку. Передаваемое давальцем переработчику сырье (материалы) называется давальческим сырьем (материалами).

Деталь. Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Дефицит материалов (полуфабрикатов). Материалы (полуфабрикаты), которых нет в достаточном количестве к дате потребления.

Диагностика графика производства. Процедуры анализа и изменения межцехового графика производства для оптимизации сроков выпуска отдельных видов продукции.

Дискретное (сборочное) производство. Производство продукции, у которой каждый экземпляр представляет собой физически различимое изделие. Такая продукция собирается из произвольного числа дискретных комплектующих. Классические примеры дискретного производства: машиностроение, приборостроение.

Доступность рабочего центра. Расчетное время, доступное для выполнения операций нормативной длительности на конкретной единице оборудования в рамках заданного временного периода.

Доступность вида рабочих центров. Расчетное время, доступное для выполнения операций нормативной длительности группой взаимозаменяемого оборудования в рамках заданного временного периода.

Единица нормирования. Количество производственных объектов, на которое устанавливают техническую норму. Под технической нормой понимают количество деталей, на которое устанавливают норму времени; количество изделий, на которое устанавливают норму расхода материала. Например, в рамках ресурсной спецификации задаются нормы расхода ресурсов на выпуск единичной партии продукции (выполнения работ) в виде единицы продукции или ее произвольного количества.

Жесткое планирование этапов производства. Время выполнения отдельных этапов производства можно задать вручную. Оно не будет изменяться при автоматическом расчете межцехового графика производства. Размещение других этапов выполняется с учетом сроков исполнения зафиксированных этапов производства. Такой подход позволяет учесть при планировании внесистемные условия обеспечения производства ресурсами и выполнения производственных процессов.

Заказ. Термин, кратко характеризующий любые разновидности намерений, поручений и непосредственных действий, связанных с регистрацией потребности в услугах, товарах, продукции, полуфабрикатах, материалах, а также организации работ и перемещением товарно-материальных ценностей в целях удовлетворения такой потребности.

Запасы. Обобщенное определение материальных активов предприятия в форме сырья и материалов, полуфабрикатов, готовой продукции.

Зарезервированные запасы на складе. Запасы на складе, заблокированные для использования в определенных целях: продукция – для отгрузки под выбранный заказ клиента, материалы – для передачи в подразделение для выполнения конкретного этапа производства и т. д.

Комплектная система производства полуфабрикатов. Организация производства, при которой календарные задания подразделениям выдаются на выпуск комплектов деталей на заданное изделие или определенный объем работ.

Маршрутный лист. Исполнительный документ в рамках производства, сопровождающий партию деталей в процессе обработки. С его помощью осуществляется контроль соблюдения технологического процесса и сохранности деталей.

Материальный поток в производстве. Движение совокупности предметов труда от источника их получения предприятием до завершения процесса изготовления продукции.

Вопросы управления материальными потоками в сферах обращения и производства рассматривает логистика.

Машинокомплект. Набор деталей в соответствующем количестве, достаточный для сборки (выпуска) одного полностью укомплектованного изделия сборочными цехами.

Межоперационное пролеживание деталей. Перерывы в исполнении технологического процесса.

Время пролеживания определяется временем после завершения обработки партии деталей на одной технологической операции до начала выполнения следующей операции.

Межцеховой график производства. График выполнения производственных процессов с точностью до этапов, согласованный по производственным и материальным ресурсам. Обеспечивает слаженную, ритмичную работу подразделений по выпуску продукции.

Наладка. Подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

Невозвратные отходы. Отходы, которые невозможно или нецелесообразно использовать при существующей технике, технологии и организации производства.

Незавершенное производство (в целях диспетчеризации производства). Изделия на разных стадиях готовности по всем подразделениям, включая все материалы, только переданные для производства, и полностью переработанные материалы в виде продукции, ожидающей передачи на склад.

Норма времени. Регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Нормативно-справочная информация (сокращ. НСИ). Условно-постоянная часть всей корпоративной информации, не претерпевающая существенных изменений в процессе повседневной деятельности предприятия. Информационный ресурс, формируемый внутри предприятия на основании данных, полученных, как правило, извне. В состав НСИ входят: справочники и классификаторы, элементы которых используются при планировании, формировании документов и отчетных форм.

Обработка. Процесс превращения сырья, материалов, заготовок, деталей в готовые изделия. Определяется только для отдельных видов деятельности.

Оптимальная производственная партия. Производственная партия определенного размера, при котором оборудование и рабочая сила используются с наименьшими затратами.

Параллельная загрузка оборудования. Одновременная обработка деталей из нескольких производственных партий на одном рабочем центре. Выделяют синхронную и асинхронную загрузку оборудования.

Передел. Часть технологического процесса, заканчивающаяся выпуском полуфабриката, который используется в дальнейшем производстве продукции. В результате последовательного прохождения исходного материала через все переделы получают готовую продукцию.

Побочный продукт производства. Неизбежный сопутствующий результат производственного процесса выпуска продукции.

Выпуск продукции планируется, побочные продукты учитываются по факту их получения.

Подготовительно-заключительное время технологической операции. Интервал времени, затрачиваемый на подготовку исполнителя или исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и приведению последних в порядок после окончания смены и/или выполнения этой операции для партии предметов труда.

Производственная структура. Состав цехов и служб предприятия с указанием связей между ними.

Производственный цикл. Интервал времени от начала до окончания производственного процесса изготовления или ремонта изделия.

Рабочий центр. Рабочее место, в рамках которого организованы производственные (оборудование) и трудовые (рабочие необходимой квалификации) ресурсы. В целях оперативного планирования принимается за единицу мощности.

Резервирование материальных запасов. Установка находящимся на складе запасам признака, блокирующего их использование на все нужды, кроме выбранного адресата резервирования. Резервирование используется при распределении дефицитных материалов или материалов, за движением которых установлен специальный контроль.

Ресурсная спецификация. Вид нормативной информации о производственном процессе выпуска изделия, адаптированный под задачи производственного планирования и учета. Формируется на основании данных конструкторской и технологической документации на изделие.

Содержит поэтапное описание производственного процесса, которое может быть детализировано через маршрутные карты до технологических операций. Включает данные о составе требующихся для выпуска продукции материальных и трудовых ресурсах, подрядных работах. Задает условия запуска в производство и обработки производственных партий.

Свободный остаток на складе. Остаток материалов, полуфабрикатов, продукции, товаров на складе, доступный для резервирования, перемещения и продаж.

Серия материала. Физически обособленная при складском учете и в рамках незавершенного производства партия поступивших материалов.

Как правило, материалы каждой серии имеют уникальную маркировку, обеспечивающую идентификацию серии при хранении и перемещении материалов.

Синхронная загрузка рабочих центров. Режим использования производственного оборудования, при котором допускаются параллельная, одинаковая по длительности и параметрам выполнения обработка деталей из нескольких партий. Детали обрабатываются синхронно по времени. Протекающие процессы всегда имеют четкий регламент начала и завершения операции. Изменение состава деталей после начала обработки и до ее завершения не допускается. Например, термические печи.

Спецснастка. Специально разработанные и изготовленные приспособления (инструменты), предназначенные для выполнения сложных технологических операций.

Технологическая готовность производства. Наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями.

Технологический процесс. Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и/или определению состояния предмета труда. Технологический процесс может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки.

Точка заказа. Уровень складских запасов, при достижении которого следует принимать меры по пополнению запасов. Она обычно рассчитывается как спрогнозированный объем, при достижении которого требуется пополнение, плюс страховой запас.

Трудозатраты. Количество рабочего времени, необходимого для выполнения конкретной работы.

«Узкое» место. Участок производственного процесса, работа на котором происходит более медленно по сравнению с другими участками, что приводит к образованию запасов в незавершенном производстве и/или к возникновению простоев.

Штучное время. Интервал времени, равный отношению цикла технологической операции к числу одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий или равный календарному времени сборочной операции.

Этап производства. Технологический маршрут (группа операций), выделенный в рамках технологического передела и неразрывно выполняемый в рамках одного производственного подразделения. Детализация описания этапов определяется регламентами управления в исполняющем подразделении.

© ООО «1С-Публишинг», 2018

© Оформление. ООО «1С-Публишинг», 2018

Все права защищены.

Материалы предназначены для личного индивидуального использования приобретателем. Запрещено тиражирование, распространение материалов, предоставление доступа по сети к материалам без письменного разрешения правообладателей.

Фирма «1С»

123056, Москва, а/я 64, Селезневская ул., 21.

Тел.: (495) 737-92-57, факс: (495) 681-44-07.

1c@1c.ru, <http://www.1c.ru/>

Издательство ООО «1С-Публишинг»

127434, Москва, Дмитровское ш., 9.

Тел.: (495) 681-02-21, факс: (495) 681-44-07.

publishing@1c.ru, <http://books.1c.ru>

О найденных опечатках просьба сообщать по адресу publishing@1c.ru.