

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет

А.В. КОСТРОВ, А.Н. СОКОЛОВ, А.А. ФАТКИН

ИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ



ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Учебное пособие

«В печать»:

Автор –

А.В. Костров,

А.Н. Соколов,

А.А. Фаткин

Зав. кафедрой –

А.В. Костров

Редактор –

А.П. Володина

Корректор –

Начальник РИО –

Е.П. Викулова

Директор РИК –

Ю.К. Жулев

Проректор ВлГУ по ИТ –

В.А. Немонтов

Владимир 2005

УДК 65.012.45(075.8)

БКК 65.290

К72

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой менеджмента Владимирского государственного
педагогического университета

Н.Г. Наянзин

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой вычислительной техники
Костромского государственного технологического университета

М.Г. Левин

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

К72 Костров, А.В. Информационный менеджмент. Оперативное управление производством: учеб. пособие / А.В. Костров, А.Н. Соколов, А.А. Фаткин; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2005. – 110 с. – ISBN 5-89368-610-1.

Рассматривается специфика организации оперативного управления производством в составе автоматизированной системы управления предприятия на основе международных стандартов, в частности стандарта MRP II. Приводятся алгоритмы и методики формирования рабочих центров и анализа загрузки оборудования, при этом ставится задача оптимизации использования ресурсов. Приводятся примеры.

Может быть использована магистрантами, аспирантами и преподавателями при проведении занятий со студентами-системотехниками, менеджерами и экономистами, при самостоятельном изучении материала всеми, интересующимися данной проблемой. Книга предназначена для студентов специальностей 071900, 351400, 220100, 061100 и направлений 552800, 554400.

Табл. 3. Ил. 25. Библиогр.: 117 назв.

УДК 65.012.45(075.8)

БКК 65.290

ISBN 5-89368-610-1

© Владимирский государственный
университет, 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список использованных сокращений	5
Предисловие.....	6
1. Оперативно-производственное планирование в многономенклатурном мелкосерийном и единичном производстве	8
1.1. Содержание оперативно-производственного планирования и его влияние на эффективность деятельности предприятия.....	8
1.2. Оперативно-производственное планирование в единичном и мелкосерийном производстве	14
1.2.1. Многономенклатурное мелкосерийное и единичное производство как объект оперативного планирования.....	14
1.2.2. Особенности оперативно-календарного планирования и учета в единичном и мелкосерийном производстве	18
1.3. Основные типы систем оперативно-производственного планирования	25
1.4. Оперативно-производственное планирование в условиях ИАСУ	27
1.4.1. Место задачи производственного планирования в структуре ИАСУ.....	27
1.4.2. Постановка задачи и режимы оперативно-календарного планирования.....	29

1.4.3. Информационное обеспечение и документооборот	31
1.4.4. Методы и модели автоматизированного календарного планирования	32
1.5. Современные методы планирования и управления производством.....	36
Вопросы для самоконтроля	41
2. Планирование единичного и мелкосерийного производства на базе стандарта <i>MRP II</i>	43
2.1. Планирование процесса изготовления производственного заказа	43
2.1.1. Формирование маршрутно-сборочной схемы и построение циклового графика изготовления заказа	43
2.1.2. Формализация планирования изготовления заказа.....	47
2.1.3. Планирование процесса изготовления компонентов заказа	60
2.1.4. Примеры вариантов планирования изготовления компонентов заказа	68
2.2. Планирование потребности в производственных мощностях	73
2.2.1. Основные положения методики расчета загрузки производственных мощностей	73
2.2.2. Формализация планирования загрузки рабочих центров	75
2.3. Использование технологии штрих-кодирования в системе организации оперативного учета	86
2.4. Схематическое представление заказа в системе планирования единичного производства	90
Вопросы для самоконтроля	97
Заключение	98
Библиографический список.....	100

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АСУ – автоматизированная система управления
АСУ АП – система управления ходом автоматизированного производства
АСУ ПХД – автоматизированная система управления
производственно-хозяйственной деятельностью
АСУ ТПП – автоматизированная система управления технологической
подготовкой производства
ВМЗ – ведомость материалов заказа
ВТМ – ведомость технологических маршрутов
ДПЦ – длительность производственного цикла
ДСЕ – деталесборочная единица
ЕМП – единичное и мелкосерийное производство
ИАСУ – интегрированная автоматизированная система управления
ИБС – информационная база системы
ИТ – информационные технологии
ОЗ – опытный завод
ОКПУ – оперативно-календарное планирование и учет
ОМТС – отдел материально-технического снабжения
ООТиЗ – отдел организации труда и заработной платы
ОП – оперативное планирование
ОПП – оперативно-производственное планирование
ПДО – производственно-диспетчерский отдел
ПП – предварительное планирование
ПЭО – планово-экономический отдел
РКК – ракетно-космический комплекс
APICS – American Production and Inventory Control Society
BOM – Bill of material
CRP – Capacity requirements planning
JIT – Just-in-time
MRP – Material Requirements Planning
MRPII – Manufacturing Resource Planning

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эффективность современного промышленного предприятия определяется системой управления и во многом – системой внутрифирменного *оперативно-производственного планирования* (ОПП). От того, насколько гибко система производственного планирования реагирует на изменяющуюся конъюнктуру рынка, в значительной мере зависит конкурентоспособность предприятия.

В современных рыночных условиях оперативно-производственное планирование предприятия должно быть ориентировано на получение запланированных показателей, обеспечивающих высокий совокупный доход. Снижение объемов производства, необходимость равновесия спроса и предложения на выпускаемую продукцию, требование быстрого изменения объема выпуска при снижении или повышении рыночного спроса, возможные отклонения фактического хода производства от оперативных планов-графиков и другие рыночные факторы значительно повышают роль и значение внутрифирменного оперативно-производственного планирования в осуществлении многих важных функций современного менеджмента.

Совершенствование ОПП представляет собой первоочередную и актуальную задачу во всех отраслях промышленности вообще и на машиностроительных заводах единичного и мелкосерийного типов производства, в частности. На предприятиях Европы и России доля *единичного и мелкосерийного производства* (ЕМП) в настоящее время составляет 75 – 85 % [38]. Специфические особенности их организации оказывают существенное влияние на процесс оперативного планирования и через него – на эффективность производства в целом. Разнообразие номенклатуры выпускаемой продукции, ее частая сменяемость, повышенные требования к качеству, а также все более сжатые сроки изготовления определяют жесткие ограничения на возможность использования традиционных подходов планирования ЕМП и выступают в роли определяющих факторов при построении системы его ОПП.

В этих условиях особую значимость приобретают *информационные технологии* (ИТ), играющие все более важную роль в деятельности современных предприятий. Вместе с тем методы ОПП применительно к ЕМП остаются еще малоизученными в силу специфических особенностей и разнообразия условий функционирования таких производств. В связи с этим возникает необходимость в формировании методик ОПП в ЕМП, в полной мере использующих при этом потенциал ИТ. Актуальность и недостаточная разработанность этого направления обусловили интерес авторов и побудили к подготовке настоящего пособия.

В отечественной теории и практике управления в области обработки информации настоятельно необходимы систематизированные учебные пособия; как надеются авторы, предлагаемая книга внесет определенный вклад как в обеспечение подготовки специалистов этого профиля, так и в развитие представлений об информационном менеджменте.

Авторы благодарны всем коллегам, участвовавшим в обсуждении материалов, вошедших в книгу. Особенно признательны авторы рецензентам; они взяли на себя немалый труд, рассмотрев представленные материалы и высказав по ним замечания и рекомендации; это способствовало приведению книги к ее окончательному виду.

1. ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОМ МЕЛКОСЕРИЙНОМ И ЕДИНИЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1. СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Оперативно-производственное планирование является завершающим этапом внутрифирменного планирования и заключается в разработке оперативных планов производственно-хозяйственной деятельности на текущий период. В условиях действующих рыночных отношений оперативное планирование призвано обеспечить своевременное и качественное выполнение заданий, предусмотренных планами социально-экономического развития предприятия [12, 13].

ОПП является продолжением технико-экономического планирования и направлено на детализацию плана производства продукции предприятием и его подразделениями. В основе оперативного планирования лежит производственная программа предприятия. На стадии ОПП плановые органы предприятия разрабатывают детализированные плановые задания для каждого производственного подразделения (цеха, участка, бригады, рабочего места) на квартал, месяц, сутки, смену. На стадии ОПП осуществляются также текущее руководство производственным процессом изготовления продукции и постоянный контроль выполнения задания каждым производственным подразделением предприятия.

Следует отметить, что в экономической литературе приводятся различные формулировки целей и задач ОПП. Для целей настоящей работы используются следующие определения.

Главная цель ОПП заключается в обеспечении слаженного, комплексного, ритмичного хода производства по изготовлению и выпуску продукции при наиболее полном и равномерном использовании всех производственных ресурсов [80]. Задачи оперативного планирования на предприятии определяются системой экономических требований производства в части обеспечения:

- своевременного выполнения обязательств по выпуску готовой продукции;
- ритмичного выпуска готовой продукции на основе равномерного и комплексного хода производства на каждом производственном участке;
- планомерной загрузки оборудования;
- достижения минимальной *длительности производственного цикла* (ДПЦ) и соответственно сокращения размеров незавершенного производства;

Таким образом, задачами ОПП являются:

- обеспечение ритмичной работы предприятия;
- обеспечение непрерывности производственного процесса;
- обеспечение равномерной загрузки оборудования.

Основная задача оперативного планирования сводится в конечном итоге к обеспечению на предприятии слаженного и ритмичного хода всех производственных процессов с целью наибольшего удовлетворения основных потребностей рынка, рационального использования имеющихся экономических ресурсов и максимизации получаемой прибыли.

Функциями ОПП являются:

- объемные расчеты загрузки производственных мощностей по предприятию в целом и производственным подразделениям в отдельности;
- расчеты календарно-плановых нормативов организации производственного процесса, в том числе ДПЦ изготовления изделия и его элементов, определение величины незавершенного производства, расчеты партий запуска изделий, определение сроков опережений запуска изделий в производство по фазам и стадиям обработки деталей и изготовления изделия;
- разработка календарных графиков запуска-выпуска изделий;
- установление оперативных производственных заданий производственным подразделениям предприятия (цехам, участкам, рабочим местам);
- оперативное регулирование, учет и контроль выполнения плановых заданий.

Оперативное планирование должно отвечать следующим требованиям и принципам: базироваться на прогрессивных календарно-плановых нормативах, которые в свою очередь являются основой календарных графиков изготовления и выпуска продукции; обеспечивать необходимую согласованность в работе производственных подразделений; способствовать наилучшему использованию производственных фондов; предусматривать возможность осуществления вариантных расчетов и получения оптимальных решений; обладать гибкостью и возможностью перестройки в связи с динамизмом производства, соответствовать организационному типу производства.

В зависимости от содержания и сроков действия ОПП подразделяется на календарное и текущее. Календарное планирование включает распределение годовых плановых заданий по производственным подразделениям и срокам выполнения, а также доведение установленных показателей до конкретных исполнителей. С его помощью разрабатываются сменно-суточные задания, и согласуется последовательность выполнения работ отдельными исполнителями.

Текущее планирование или диспетчирование производства предусматривает оперативный контроль и регулирование хода производственных процессов, а также учет выпуска продукции и расходования различных ресурсов.

В зависимости от сферы применения ОПП подразделяется на межцеховое и внутрицеховое. Межцеховое планирование включает установление цехам согласованных производственных заданий, вытекающих из производственной программы предприятия, и обеспечение согласованности в работе цехов по выполнению этой программы. В функции внутрицехового планирования входят организация выполнения производственных заданий, установленных цеху, путем их детализации и доведения до участков и отдельных рабочих мест, разработка планов-графиков и оперативных заданий на короткие отрезки времени (декада, смена, сутки), а также оперативный контроль и регулирование хода производства.

Все элементы оперативного планирования производства должны полностью соответствовать друг другу по характеру применяемых показателей, нормативов и методов. Комплекс взаимосвязанных элементов, подчиненных единому процессу обеспечения слаженного и согласованного хода производства образует систему ОПП. Следует отметить, что в эконо-

мической литературе нет единого и однозначного определения системы оперативного планирования. Для целей настоящей работы используется определение, данное М.И. Бухалковым [8]: система ОПП – это совокупность методов и способов расчета основных планово-учетных показателей, необходимых для регулирования хода производства и потребления товаров и услуг с целью достижения запланированных рыночных результатов при минимальных затратах экономических ресурсов и рабочего времени.

Качественное выполнение задач оперативного планирования улучшает почти все основные показатели производственной деятельности, в том числе стимулирует рост производительности труда, снижение себестоимости продукции, повышение уровня и использования основных и оборотных фондов, способствует росту уровня рентабельности и величины получаемой прибыли. В условиях рынка все это имеет первостепенное значение. В связи с этим представляется весьма важным рассмотреть в настоящей работе влияние факторов ОПП на основные показатели и эффективность работы предприятия.

Так, на рис. 1.1 показано, что более точное и обоснованное определение календарных сроков запуска-выпуска всей массы изделий, содержащихся в производственном плане, и установление регламента их изготовления способствует своевременному выполнению предприятием производственных заказов. При этом сокращаются и ликвидируются расходы в виде штрафов, пеней и иных санкций за просрочку предприятием договорных обязательств.

Более точное определение и соблюдение сроков приобретения необходимых материалов и покупных комплектующих изделий способствует снижению величины создаваемых предприятием запасов, числящихся на его балансе.

Снижение величины запасов и высвобождение части средств из производственного оборота положительно влияет на финансовое состояние предприятия. Высвобождаемая часть средств может быть либо направлена на выпуск дополнительного объема продукции, реализация которой даст предприятию дополнительную прибыль, либо помещена на банковский депозит, по которому предприятием также будет получена прибыль. Следует заметить, что сокращение величины запасов приводит к сокращению затрат на их содержание, т.е. складских расходов. Если, например, выявляются излишние складские площади, то правомерно проанализировать вопрос о возможности их более целесообразного использования (например передача площадей в аренду).

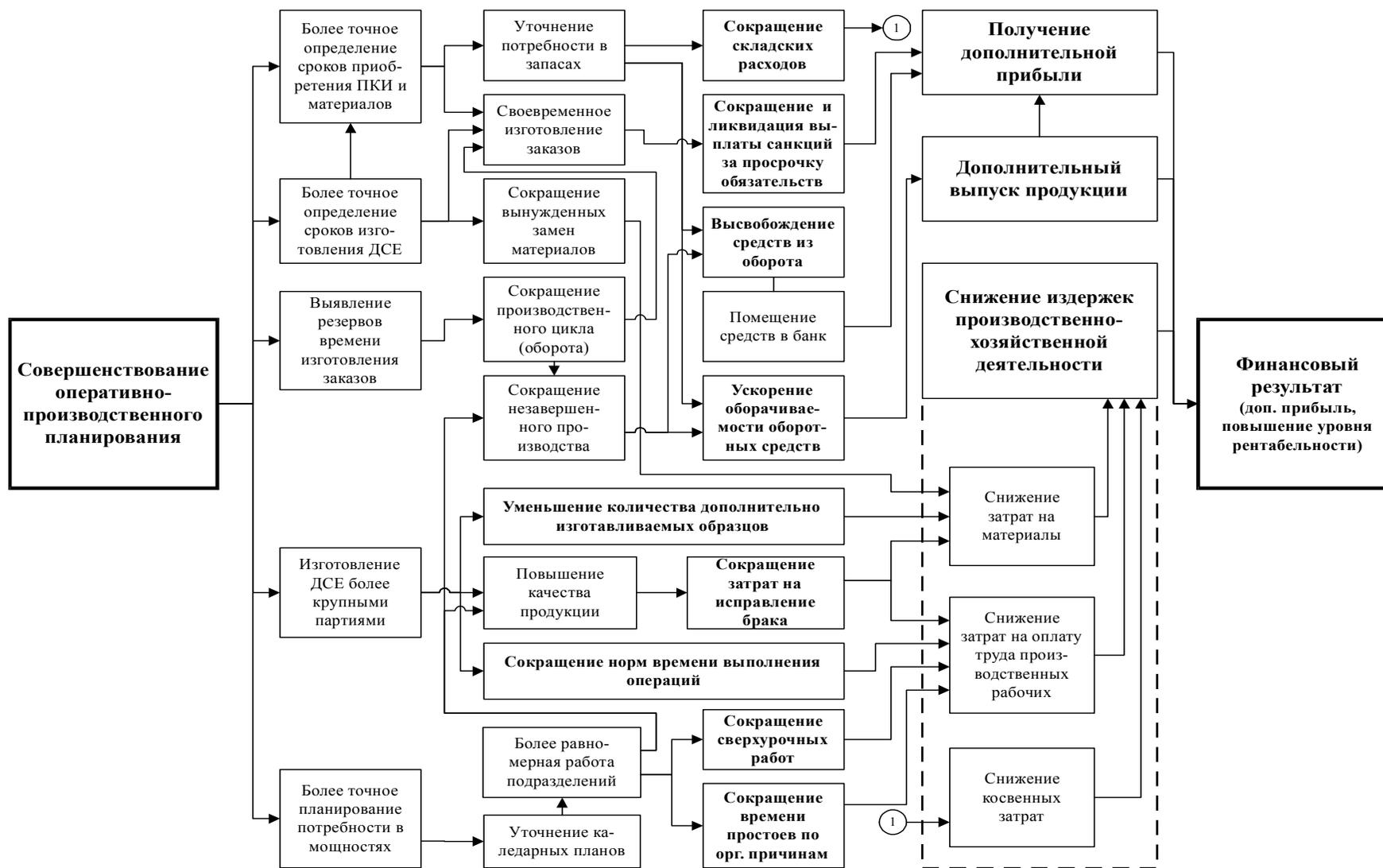


Рис. 1.1. Влияние ОПШ на эффективность работы предприятия

Выявление резервов времени выполнения производственных заказов, выосуществляемое на стадии ОПП, имеет для предприятия также важное экономическое значение. Использование резервов времени позволяет сократить ДПЦ изготовления заказа и тем самым, во-первых, высвободить часть оборотных средств, связанных в незавершенном производстве, во-вторых, при выполнении горящих заказов уложиться в требуемые сроки и избежать выплаты санкций за невыполнение договорных обязательств. Высвобождаемые средства могут быть направлены на выпуск дополнительного объема продукции, либо помещены на депозит в банк. И в том и в другом случае предприятием будет получена дополнительная прибыль.

В единичном и мелкосерийном производстве важное экономическое значение имеет изготовление *деталесборочных единиц* (ДСЕ) более крупными партиями. При увеличении размера партий деталей уменьшаются затраты рабочего времени на переналадку оборудования, увеличивается фонд его оперативной работы, повышаются производительность труда и качество выпускаемой продукции (за счет закрепления навыка). Кроме того, сокращаются затраты материалов и рабочего времени на изготовление дополнительных образцов, используемых при изготовлении ДСЕ исключительно для технологических целей, например, для определения качества выполнения заготовительных операций.

Экономические показатели работы предприятия улучшаются также за счет более ритмичного выпуска продукции и равномерной работы производственных подразделений. Равномерность в работе цехов и участков достигается путем более точного планирования потребности в производственных мощностях и балансирования загрузки отдельных групп оборудования и рабочих мест в течение интервала планирования. Балансирование загрузки обычно выполняется путем изменения календарных сроков изготовления производимых изделий и передачи изготовления отдельных номенклатурных позиций из одного подразделения в другой. В результате устраняется штурмовщина в работе цехов и участков и обеспечивается наиболее эффективное использование производственных мощностей. За счет сокращения количества часов сверхурочной работы и часов простоя рабочих по организационным причинам снижается себестоимость производимой продукции и улучшается ее качество.

Таким образом, настоящий анализ подтверждает, что оперативное планирование производства в условиях действующих рыночных отноше-

ний является действенным инструментом повышения общей эффективности внутрифирменного планирования. Совершенствование ОПП способствует достижению положительного финансового результата деятельности предприятия, получению дополнительной прибыли и увеличению показателя уровня рентабельности.

1.2. ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В ЕДИНИЧНОМ И МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.2.1. Многономенклатурное мелкосерийное и единичное производство как объект оперативного планирования

Основная особенность ЕМП как объекта ОПП состоит в том, что каждый вид изделия на протяжении планируемого периода изготавливается либо в одном экземпляре, либо в небольшом количестве и нерегулярно. В этих условиях согласование сроков выполнения отдельных операций при наиболее рациональном использовании имеющихся экономических ресурсов является сложной задачей. Решается она в рыночных условиях путем организации своевременной подготовки и запуска изделий в производство на основе цикловых планов-графиков выполнения заказов применительно к заданным срокам выпуска.

Планово-учетной единицей в условиях ЕМП обычно является производственный заказ, предусматривающий изготовление одного или нескольких экземпляров изделия данного наименования. Поскольку в таком производстве выполняемые заказы могут не повториться, то затраты на разработку пооперационного технологического процесса обычно экономически не оправдываются. Поэтому при планировании здесь устанавливают лишь межцеховые технологические маршруты, а технологический процесс уточняют в ходе выполнения заказа непосредственно в цехах и на рабочих местах. В то же время применяемая нормализация некоторых элементов конструкций изделий позволяет изготавливать некоторые детали относительно большими партиями, что дает возможность применять на заводах единичного производства серийные процессы. Это усложняет оперативное руководство производственными процессами, заставляет в значительной мере децентрализовать его, усилить оперативную работу в цехах. Согла-

сование времени выполнения отдельных операций при большом числе разнообразных деталей осуществить сложно. В этих условиях обычно применяется последовательное движение деталей по технологическому маршруту, что вызывает длительное их пролеживание между операциями.

Процесс производства имеет, как правило, универсальный характер (*job shop manufacturing*, англ.): производство характеризуется группировкой сходного по функциям оборудования в так называемые рабочие центры (участки), в различных цехах на различных участках выполняются разные типы технологических операций. Применяются, как правило, универсальные приспособления, пригодные для закрепления на станке разных деталей; универсальный режущий инструмент, допускающий выполнение нескольких типовых операций; универсальный измерительный инструмент. Работы выполняются рабочими-универсалами высокой квалификации, имеющими определенные навыки выполнения значительного количества разнообразных операций, которым разрешается самостоятельно решать вопросы детализации технологии.

Календарное планирование в этих условиях представляет собой более сложную по сравнению с другими типами производства задачу, что обусловлено многономенклатурностью и в некоторых случаях – разнохарактерностью выпускаемой продукции. Загрузка разных видов оборудования в единичном производстве может существенно различаться. Необходимо определять оборудование, находящееся в критическом состоянии, т.е. наиболее загруженное и ограниченное по имеющимся на нем машинным и человеческим ресурсам.

Выполнение заказов требует тщательного управления производственным процессом в связи со сложностью технологических маршрутов. Конечно, существуют доминирующие потоки комплектующих и сборочных единиц, обусловленные сферой производства и типом изготавливаемой продукции, однако возможно и появление редко используемых маршрутов.

Поскольку в ЕМП, как правило, не создаются запасы готовой продукции, размер запускаемых в производство партий ДСЕ может определяться не эффективностью производства, а размером полученного от клиента заказа. Этим объясняется одновременное наличие в производстве похожих, а порой и идентичных продуктов. Как указывалось, размер партии деталей является одним из наиболее важных календарно-плановых норма-

тивов, манипулируя которым можно существенно повлиять на экономические показатели работы предприятия, в том числе и финансовые. Однако следует заметить, что планирование производственного заказа с учетом особенности запуска ДСЕ партиями, размер которых был бы равным количеству, необходимому для комплектации заказа, в литературе не рассматривается.

В настоящей работе структура и характер конкретного ЕМП иллюстрируются данными, характеризующими производство на *опытном заводе* (ОЗ) КБ «Арматура»-филиала ГКНПЦ им. М.В.Хруничева (г. Ковров).

Предприятие выполняет около 370 заказов в год. При этом по направлениям деятельности производится в среднем: систем газоснабжения и пневмооборудования стартовых и технических комплексов – 7; изделий электропневмоавтоматики, предназначенных для использования в системах и агрегатах оборудования *ракетно-космических комплексов* (РКК) – 75; изготовление бортовых разъемных соединений, агрегатов пневмогидравлических систем *ракет-носителей* (РН) – 30; пневматических систем и агрегатов электропневмоавтоматики для подводных и надводных специальных плавсредств и судов – 9; технологического оборудования для испытания изделий РКК – 33; нагревателей газов и жидкостей, систем термостатирования – 6; изделий электропневмоавтоматики для систем газоснабжения, медицины, пищевой, нефтехимической и газовой промышленности – 22; прочих наименований изделий – 12.

При этом более 60 % наименований продукции выпускается в количестве до 10 единиц в год и только 9 % – в количестве от 50 и более. Масса выпускаемых предприятием изделий колеблется от нескольких сот граммов до нескольких тонн. Соответственно большим разбросом характеризуются и производственные циклы изготовления деталей и изделий в целом. Число деталей в одной изделии колеблется в пределах 6 – 1137 наименований. В основном механическом цехе за месяц выполняется в среднем 4950 деталяеопераций. Разнохарактерность выполняемых заказов, неравномерность выпуска отдельных изделий, а также относительно небольшая продолжительность циклов общей сборки препятствуют организации непрерывной сборки одноименных изделий в течение сколь угодно длительного периода времени. Широкая номенклатура, характер-

ная для ЕМП, иллюстрируется диаграммами (рис. 1.2, 1.3), в которых отражены результаты выполненного в настоящей работе анализа структурного состава базы данных номенклатурных позиций и динамики ее изменения за ряд лет. Общий ее объем по итогам 2002 г. года составляет 129148 наименований. Основную долю изготавливаемой номенклатуры составляют оригинальные детали и сборочные единицы (более 87 %). Остальные 13 % составляют покупные, стандартные и унифицированные номенклатурные позиции.

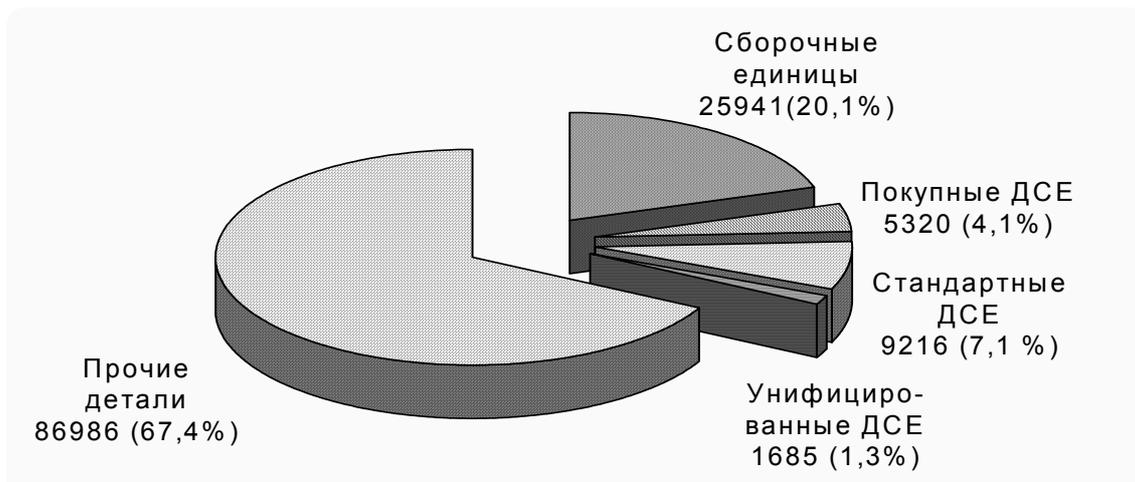


Рис. 1.2. Структурный состав базы данных номенклатурных позиций

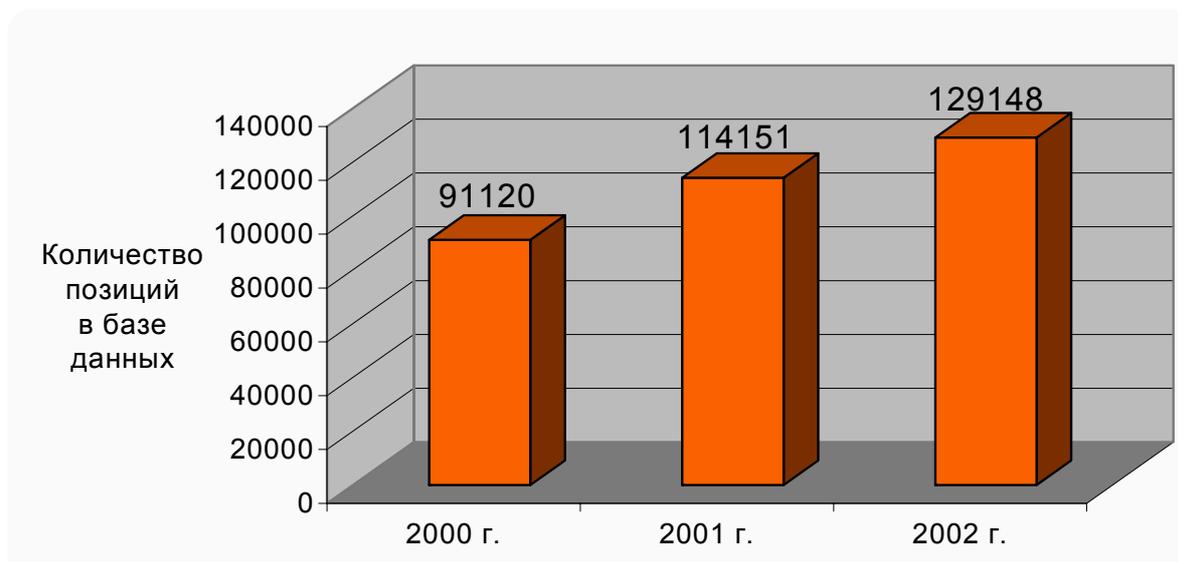


Рис. 1.3. Динамика базы данных номенклатурных позиций

Учитывая, что за год изготавливается 31485 партий ДСЕ, а пополнение классификатора за 2002 г. составило 14997 наименований, можно сде-

лать вывод о том, что примерно каждая вторая запускаемая в производство ДСЕ является оригинальной.

При изготовлении изделий используют материалы сотен наименований. Классификатор материалов в настоящее время насчитывает 13400 наименований. Применяются гальванопокрытия, гуммирование, термическая обработка и другие процессы, что определяет организационную структуру цехов и участков производства, среди которых преобладает технологическая специализация.

1.2.2. Особенности оперативно-календарного планирования и учета в единичном и мелкосерийном производстве

Оперативно-календарное планирование в ЕМП ведется по отдельным заказам, так как даже однотипные изделия, изготавливаемые для различных заказчиков, тем не менее имеют часто различные конструктивно-технологические решения. Следует специально подчеркнуть, что с развитием рыночных отношений увеличилось разнообразие заказов и значительно повысилась оригинальность их исполнения.

К числу особенностей ОПП в ЕМП относятся:

- необходимость согласования плана изготовления и выпуска изделий с планом подготовки производства по каждому заказу, особенно для изделий с длительным производственным циклом;
- сложность распределения всех процессов во времени и пространстве, обеспечивающего выполнение каждого заказа в установленный срок при наиболее полной загрузке всех рабочих мест;
- отсутствие в момент составления оперативных планов необходимых норм (времени, расхода материалов и др.) или задержка с их разработкой [17];
- отсутствие детально разработанного маршрута изготовления ДСЕ.

Календарно-плановые расчеты в единичном и мелкосерийном производстве и установленные на их базе графики действуют лишь в течение периода времени изготовления данного заказа. Правда, при изготовлении аналогичных заказов расчеты также могут принимать нормативный характер. Следует отметить наличие в единичном производстве тесной связи календарно-плановых расчетов с планированием технической подготовки производства. Система оперативного планирования при этом охватывает весь процесс выполнения заказов, включая его подготовку к производству, ко-

торая занимает значительное место в цикле изготовления продукции. Так, на заводах тяжелого машиностроения удельный вес технической подготовки составляет от 55 – 75 % общего цикла изготовления отдельных заказов, на заводах станкостроения – 50 – 55 % [16].

Исходным документом, с построения которого начинается производственное планирование, является маршрутно-сборочная схема заказа. На ее основе строится цикловой график, определяются ДПЦ заказа, порядок и сроки подачи отдельных его компонентов. Более подробно данные документы рассматриваются далее в п. 2.1.1.

Для расчета ДПЦ сборки $T_{ц}^{сб}$ в наиболее простых случаях обычно используется следующая формула [51]:

$$T_{ц}^{сб} = \frac{\sum t_n}{p \cdot F_p}, \quad (1.1)$$

где p – число рабочих, участвующих в сборке; $\sum t_n$ – суммарное необходимое (включая подготовительно-заключительное) время на производство всех операций сборки с учетом планируемого коэффициента выполнения норм; F_p – фонд времени, которым обладает один рабочий в течение одного рабочего дня.

Для более сложных случаев, когда предполагается, что сборка разбивается на k укрупненных сборочных операций, предлагается другая формула расчета:

$$T_{ц}^{сб} = \frac{1}{F_p} \left(\frac{t_1}{p_1} + \frac{t_2}{p_2} + \dots + \frac{t_k}{p_k} \right), \quad (1.2)$$

где t_1, t_2, \dots, t_k – необходимое время для выполнения укрупненных сборочных операций; p_1, p_2, \dots, p_k – число рабочих, одновременно выполняющих данную укрупненную операцию.

Обработка деталей в ЕМП осуществляется в большинстве случаев последовательным способом, поэтому формула расчета длительности цикла их изготовления выглядит следующим образом:

$$T_{ц}^{д} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_k}{ksq} + m \frac{t_{МО}}{sq} + t_e, \quad (1.3)$$

где n – число деталей в партии; m – число операций в технологическом процессе; t_k – штучно-калькуляционная норма времени на операцию, ч.; k – число рабочих мест, параллельно занятых выполнением операции; s – число рабочих смен в сутках; q – длительность рабочей смены, ч.; $t_{\text{МО}}$ – межоперационное время, ч.; t_e – продолжительность естественных процессов, дн.

В настоящей работе отмечается, что подготовительно-заключительное время в условиях ЕМП в качестве отдельного норматива может не указываться, а учитываться косвенно с помощью коэффициентов пересчета штучного времени. Коэффициенты пересчета устанавливаются для каждого вида технологических операций и интервала значений размера запускаемой партии. При этом некоторая определенная величина партии считается «стандартной» (принятой на предприятии), коэффициент пересчета которой равен единице. Так, в КБ «Арматура» этой величиной является размер партии в 17 – 25 шт. Для этой величины штучное время нормативно устанавливается, для партий большего и меньшего размера штучное время рассчитывается с помощью коэффициентов. Пересчитанное штучное время является, по сути, временем штучно-калькуляционным, поэтому, используя в расчетах (п. 2.1.3) этот норматив, будем считать, что подготовительно-заключительное время уже учтено.

Время перемещения деталей между смежными операциями в качестве отдельного параметра также не учитывается. Если транспортировка деталей не выделяется отдельной строкой в технологическом процессе, то считается, что затрачиваемое время перекрывается межоперационным временем.

Наиболее сложным элементом в расчете ДПЦ в условиях ЕМП является время межоперационного пролеживания, продолжительность которого определяется целым рядом факторов: уровнем специализации участка и рабочих мест, числом операций в технологическом процессе, загрузкой оборудования и др.

В литературе предлагаются различные варианты расчета $t_{\text{МО}}$; их можно свести к трем основным: аналитический, графический, статистический.

В результате исследований установлена аналитическая зависимость между временем пролеживания (ожидания) и средней продолжи-

тельностью обработки партии из n деталей на одном рабочем месте. Величину t_{MO}^{cp} можно рассчитать по формуле

$$t_{MO}^{cp} = -2,95 + 0,564 \cdot K_{30}, \quad (1.4)$$

где K_{30} – коэффициент закрепления операций, равный

$$K_{30} = m/h, \quad (1.5)$$

где m – суммарное число различных операций, выполняемых за месяц; h – явочное число рабочих, выполняющих эти операции.

Графический способ расчета t_{MO} основан на графиках загрузки оборудования или поддетально-пооперационных стандарт-планах участков.

При статистическом способе расчета t_{MO} определяется путем обработки статистических данных, получаемых путем наблюдений за работой на рабочих местах или обработкой документов (рабочих нарядов, маршрутных листов). В данном случае определяется время начала обработки на первой операции и окончания на последней операции. Отсюда получают значение фактической ДПЦ обработки ($T^{цф}$). Затем рассчитывается суммарное время выполнения операций обработки партий деталей на основе норм времени выполнения операций с учетом процента перевыполнения этих норм ($T^{цо}$). Тогда

$$t_{MO} = \frac{T^{цф} - T^{цо}}{k_{оп} - 1}, \quad (1.6)$$

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

Полученные по всем включенным в статистическую обработку партиям деталей результаты расчетов обобщаются, и получается некоторое среднее значение межоперационного времени.

При определении t_{MO}^{cp} статистическим способом открытым является вопрос об исключении при подборе и систематизации фактических данных выбросов – явно преувеличенных значений. Оригинальная методика исключения выбросов предлагается далее в п. 3.3.

Следует заметить, что межоперационное время является наиболее значимым календарно-плановым нормативом. Точность его определения в условиях ЕМП в наибольшей степени влияет на общую продолжительность изготовления заказа. Используемые в настоящей работе примеры расчетов данного норматива изложены в п. 2.1.1.

После построения цикловых графиков по отдельным заказам строится сводный график изготовления всех изделий, предусмотренных производственной программой на очередной плановый период. Сводный график выполнения заказов обеспечивает согласование календарных графиков работы технических и производственных подразделений предприятия, а также пропускной способности и ведущих групп оборудования.

При составлении сводного графика выполняются объемно-календарные расчеты загрузки оборудования, имеющие целью уточнить, насколько пропускная способность цехов предприятия обеспечивает соблюдение по установленным цикловым планам поэтапных сроков изготовления изделий. В настоящей работе отмечается, что в единичном и мелкосерийном производстве объемные расчеты выполняются реже, чем в крупносерийном и массовом и осложнены отсутствием нормативов на момент их проведения.

Сводный календарный график изготовления заказов является основой межцехового производственного планирования, которое включает разработку для всех цехов (участков) согласованных с их производственной мощностью заданий, обеспечивающих выполнение предприятием установленных сроков выпуска и реализации готовой продукции.

Разработка оперативных производственных заданий должна обеспечивать согласованную работу производственных подразделений и комплектное обеспечение сборки деталями, требующимися для выполнения производственной программы. Формирование оперативных заданий выполняется на основе календарно-плановых расчетов и календарных графиков.

Следующим этапом календарного планирования является внутрицеховое оперативное планирование. Оно заключается в том, чтобы, во-первых, довести месячное производственное задание до каждого участка и рабочего места; во-вторых, уточнить календарный план работы по выполнению отдельных заказов, в-третьих, организовать разработку сменно-суточных заданий и текущее распределение работ по рабочим местам, в-четвертых, обеспечить оперативную подготовку всего необходимого для выполнения сменно-суточных планов и осуществлять контроль за текущим ходом работы. Разработка месячных производственных заданий участкам начинается с конкретизации цеховой программы, которая производится на основании позаказных и поузловых конструкторско-технологических спецификаций на изделие. Результатом является поддетально-пооперационное задание по участкам с указанием наиболее позднего срока запуска каждой детали операции.

Разработка заданий по участкам сопровождается объемными расчетами по группам взаимозаменяемого оборудования. В результате расчетов устанавливается сменность работы участков, отдельных единиц оборудования и уточняется потребность в рабочей силе. В настоящей работе отмечается, что формирование оперативных заданий в единичном и мелкосерийном производстве осложнено отсутствием подробно разработанного технологического маршрута изготовления ДСЕ. При составлении планов обычно приходится руководствоваться лишь укрупненным его представлением в виде последовательности основных подразделений, ответственных за изготовление, и здравым смыслом.

Особое значение в ЕМП имеет сменно-суточное планирование. Сменно-суточные задания разрабатываются как для участков или смен в целом, так и для отдельных рабочих мест. В них уточняется задание на данную смену или сутки по номенклатуре, количеству, срокам, рабочим местам.

Сменно-суточное планирование призвано ликвидировать отставание от плана отдельных операций и выравнивать в соответствии с ним ход работы. При этом учитываются такие обстоятельства, как вывод того или иного станка в ремонт, отсутствие того или иного рабочего и т.п. Подробная процедура разработки сменно-суточного задания приведена в [16].

При всей важности сменно-суточного планирования следует отметить, что в ЕМП оно не всегда выполняется, а если и выполняется, то носит, как правило, формальный характер. Причинами этого является широкая номенклатура одновременно производимой продукции, низкая достоверность и неразвитость нормативно-справочной базы, а также ручное выполнение плановых процедур. Основным звеном при составлении сменно-суточных планов является мастер, однако, не будучи вооруженным соответствующими методами, он руководствуется при этом лишь здравым смыслом и своими чисто субъективными оценками. Анализ потерь рабочего времени на предприятиях показывает, что порядка 60 % приходится на организационные причины. И если ряд из них неизбежен (получение задания, сдача деталей и т.п.), то потери, связанные с отсутствием запланированных в сменном задании деталей (40 – 45 %), являются следствием не-

удовлетворительной системы планирования. Ввиду широкой номенклатуры деталей и операций по их обработке, разнообразных маршрутов их движения и различных сроков комплектации трудно составить рациональный план работы участка на смену. Составление сменно-суточных заданий в основном сводится к реагированию на дефицит, выявляемый вышестоящими уровнями планирования.

Существенное влияние на качество разрабатываемых программ и оперативно-календарных планов оказывает оперативный производственный учет.

Первичный учет изготовления изделий в ЕМП, как правило, осуществляется на основе маршрутных листов и пооперационных нарядов. В документах указываются содержание работы (заказ, изделие, деталь, выданное количество штук, операция, станок и т.д.), условия ее выполнения (разряд работы, установленная штучная норма времени, расценка), а также данные по фактическому выполнению (количество изготовленных годных деталей, брак и т.д.).

Планово-диспетчерский орган (ПДО) на основании полученных от производственных участков бланков исполненных сменных заданий, рапортов кладовых о сдаче готовых деталей участками и информации сделанных нарядов организует учет выполнения производственной программы в целом.

В данной работе отмечается, что действующий в настоящее время оперативный учет на многих машиностроительных предприятиях не обеспечивает в полной мере своевременного контроля хода производства. Недостаточная степень автоматизации оперативного учета, отсутствие четко определенных процедур его проведения, закрепленных стандартом предприятия, низкое качество первичных документов при большом их разнообразии являются основными препятствиями осуществления эффективного контроля движения предметов труда в многономенклатурном мелкосерийном производстве, что усугубляется недостатком теоретических разработок по организации оперативного учета и регулирования. Один из способов повышения эффективности оперативного учета предложен далее в п. 2.3.

1.3. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В современном производстве широко распространены различные системы оперативного планирования, определяемые как внутрифирменными факторами, так и внешними рыночными условиями. В настоящей работе рассматриваются наиболее известные из них.

В зависимости от принятых планово-учетных единиц различают поддетальную, комплектную и позаказную системы планирования. Опираясь на литературу [6, 7, 16, 17 и др.], рассмотрим их существенные особенности.

Позаказная система находит применение преимущественно в условиях единичного производства. Номенклатура продукции завода при этом может быть настолько велика, что планирование и контроль хода производства отдельных производственных заказов возможны только в укрупненных масштабах. За планируемую и учетную единицу в этом случае принимается заказ, в большинстве случаев включающий одно изделие или небольшое их число.

Основной характеристикой этой системы является расчетное определение общей ДПЦ выполнения заказов, а на этой основе – величин опережений в работе отдельных цехов по заказам, а тем самым и назначение обоснованных сроков выполнения как отдельных работ, так и всего заказа в целом. Данные расчеты возможны лишь при наличии достоверной нормативно-справочной базы.

Позаказная система ОПП эффективна в тех случаях, когда длительность цикла сборки изделия менее одного месяца, так как она предусматривает достижение обеспечения комплекта для сборки путем изготовления всех изделий к началу сборочных работ по цикловому плану. В тех случаях, когда длительность цикла сборочных работ более одного месяца, более целесообразно и экономически эффективно применять одну из разновидностей позаказной системы планирования – *комплектно-узловую систему*. Она предусматривает изготовление и подачу деталей по стадиям сборочного цикла или собираемым узлам и позволяет рационально построить организацию единичного и мелкосерийного изготовления продукции. Планово-учетной единицей в данном случае является сборочный узел в рамках заказа.

Дифференциация сроков изготовления и подачи деталей по стадиям сборочного цикла или по собираемым узлам позволяет избежать консервации деталей и связывания оборотных средств, которое возникает при «позаказной» системе в условиях длительного цикла изготовления изделий [80].

Кроме комплектно-узловой системы, существуют и другие варианты комплектных систем: комплектно-групповая, машино-комплект, условный машино-комплект, сутко-комплект.

Комплектно-групповая система характеризуется объединением в одну группу деталей разных сборочных единиц с одинаковыми календарно-плановыми нормативами (опережениями выпуска и ритмами партий).

Машино-комплект формируется по каждому цеху из заготовки или узлов изделия, которые изготавливаются в данном цехе; так, в машино-комплект кузнечно-прессового цеха входят детали, изготавливаемые в этом цехе для изделия данного наименования, в литейном – все отливки, в термическом – все детали этой машины, подвергающиеся термической обработке и т.д.

Разновидностью машино-комплекта является *условный машино-комплект*, включающий детали, входящие во все изделия за их суточный выпуск, причем за основу берется некоторое условное изделие, имеющее наибольший удельный вес. Детали остальных изделий включаются в этот комплект пропорционально выпуску по отношению к условному изделию.

При отсутствии в производственной программе изделия, имеющего значительно преобладающий по сравнению с другими удельный вес, в качестве планово-учетной единицы применяют *сутко-комплект*, который включает в себя все детали всех наименований для всех изделий, подлежащих изготовлению в плановом периоде из расчета среднесуточной потребности в них.

При использовании комплектных систем планирования значительно уменьшается объем работы по заводскому планированию, однако увеличивается объем цехового планирования. Хотя эти системы применяются главным образом в мелкосерийном производстве, эффективное их функционирование возможно лишь при наличии полной и достоверной нормативно-справочной базы.

Подетальная система планирования применяется преимущественно в крупносерийном и массовом производстве. Центральный плановый орган завода планирует низовому звену – цеху, участку, линии – выполнение ра-

боты по каждой отдельной детали. Очевидно, подобная система возможна лишь только в производствах с устоявшейся номенклатурой продукции и относительно небольшой номенклатурой деталей, входящих в изделие.

Очевидно, что все представленные системы производственного планирования требуют наличия полной и достоверной нормативно-справочной информации, чего нет в условиях ЕМП. Поэтому формирование производственных планов известными методами в условиях дефицита исходной информации возможно лишь при условии их доработки и совершенствования.

1.4. ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ИАСУ

1.4.1. Место задачи производственного планирования в структуре ИАСУ

Нормой хозяйствования отечественных предприятий в рыночных условиях является применение средств вычислительной техники в процессе внутрифирменного планирования. Применение их в условиях немассовых типов производства обусловлено необходимостью выполнения большого объема трудоемких расчетов и весьма сложных графических построений.

Реализация процессов производственного планирования и управления осуществляется в настоящее время на большинстве современных предприятий с использованием комплекса ИТ, включающего программное обеспечение и аппаратные средства вычислительной техники, которые в совокупности образуют *автоматизированную систему управления (АСУ)*.

При построении эффективных АСУ осуществляют согласованную автоматизацию как сферы материального производства, так и сферы собственно информационной технологии на всех уровнях и стадиях на основе концепции *интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ)*. ИАСУ осуществляет автоматизацию как материальной, так и информационной составляющих производственного процесса в их взаимосвязи от формирования портфеля заказов до сбыта и отгрузки готовой продукции. АСУ являются составной частью систем информационной поддержки *жизненного цикла (ЖЦ)* изделия – CALS-технологий. Это направление включено в состав критических технологий, утвержденных Президентом Российской Федерации.

ИАСУ многономенклатурным производством состоит из функционально и эксплуатационно законченных подсистем, каждая из которых может функционировать самостоятельно, обмениваясь информационными массивами с другими подсистемами. Эти подсистемы могут быть резидентными на различных иерархических уровнях и эксплуатироваться в составе различных организационных служб. Подсистемами, на которые можно подразделить ИАСУ, являются: подсистема управления *производственно-хозяйственной деятельностью* (АСУ ПХД); подсистема управления *технологической подготовкой производства* (АСУ ТПП); подсистема оперативного управления ходом *автоматизированного производства* (АСУ АП). Подробно характеристики каждой из этих систем представлены в [16].

Главным компонентом ИАСУ, обеспечивающим управление организационно-экономическими процессами предприятия на всех уровнях, является АСУ ПХД. В состав АСУ ПХД, в свою очередь, входят следующие подсистемы: технико-экономическое планирование; управление финансовой деятельностью; бухгалтерский учет; оперативное управление основным производством; управление качеством; управление кадрами; управление вспомогательным производством.

Центральное место в подсистеме оперативного управления производством занимают функции планирования и моделирования хода производственного процесса. Их можно распределить на две подсистемы:

1) подсистема календарного планирования и учета. Функции подсистемы:

- составление межцехового календарного плана, координирующего работу цехов и служб;
- расчет производственных программ цехов и участков;
- расчет нормативов движения производства;
- расчет календарных графиков, определяющих порядок, последовательность и сроки изготовления продукции;
- оперативный пооперационный учет;
- учет наличия готовых деталей, сборочных единиц и изделий на складах;
- учет технической готовности заказов и пр.;

2) подсистема оперативного регулирования хода производства. Функции подсистемы: анализ отклонений от установленных плановых заданий и календарных графиков производства и принятие оперативных мер по их ликвидации.

1.4.2. Постановка задачи и режимы оперативно-календарного планирования

Задача однозначного описания (построения модели) производственного процесса в многономенклатурном дискретном производстве возникает как на этапе проектирования ИАСУ, так и на этапе ее эксплуатации. Если на этапе проектирования такая задача возникает однократно и сводится к определению основных параметров, то на этапе эксплуатации задача решается многократно, конкретно и оперативно.

Задача описания хода производства на этапе эксплуатации ИАСУ заключается в планировании и составлении директивных расписаний загрузки оборудования и персонала в соответствии с поступающими заказами.

Решение этой задачи находится путем создания алгоритмов и процедур планирования на основе максимального использования для разработки различных плановых заданий компьютерных средств и сетей, а также для обмена информацией между производственным комплексом и руководством, плановыми и диспетчерскими органами, а также другими службами производства.

Автоматизированная разработка плановых документов оперативно выполняется с использованием программных средств, входящих в состав собственно производственного комплекса и образующих систему автоматизированного *оперативно-календарного планирования и учета* (ОКПУ). Для персонала и системы диспетчерского управления системой ОКПУ формируются плановые директивные документы, используемые в качестве инструмента управления ходом производственного процесса.

Календарное планирование выполняется в два этапа, предусматривающих два рабочих режима. На первом этапе *предварительного планирования* (ПП) создается предварительный план производственного процесса, проверяется принципиальная выполнимость плановых заданий для имеющихся производственных мощностей. На втором этапе – этапе *оператив-*

ного планирования (ОП) – создается окончательный план производственного процесса. Формируются расписание загрузки оборудования, сменные задания по рабочим местам, а также заказы на поставку комплектов инструмента, оснастки и приспособлений.

Система ОКПУ создает, хранит и актуализирует информацию, составляющую *информационную базу системы (ИБС)*.

Система ОКПУ включает в себя также подсистемы учета и корректировки информации. Функцией подсистемы учета является ввод учетной информации о фактическом ходе многономенклатурного производства и приведение информации, находящейся в ИБС, в соответствии с реальным состоянием производства. Эта работа выполняется по мере поступления учетной информации или непосредственно перед очередным сеансом ОП. Так или иначе, к моменту проведения сеанса ОП независимо от степени его автоматизации вся учетная информация о ходе производства в течение отрезка времени, протекшего после предыдущего сеанса ОП, должна быть введена в систему. Функцией подсистемы корректировки является обязательное обновление плановой информации в ИБС перед сеансами ПП и ОП, а также корректировка ИБС, осуществляемая по мере необходимости по решениям руководства.

Очевидно, что расписание работы оборудования в ЕМП нельзя составлять на длительный отрезок времени, так как реальный процесс производства вскоре отклоняется от запланированного. Поэтому сеансы ОП проводятся за сравнительно короткий отрезок времени. Длительность периода ОП зависит главным образом от двух факторов:

- степени надежности выполнения плановых заданий;
- возможности получения достоверной учетной информации о выполненной работе.

В период между двумя сеансами ОП может возникать необходимость в срочной корректировке сменных заданий. Эта работа может выполняться персоналом без системы ОКПУ в рамках оперативного управления, осуществляемого в реальном времени.

Кроме учета и корректировки, обеспечивающих обратную связь для системы ОКПУ, по результатам хода производства в системе должен быть предусмотрен режим редактирования, обеспечивающий возможность внесения изменений в ИБС в случае ее собственных сбоев или ошибочных действий управленческого персонала.

1.4.3. Информационное обеспечение и документооборот

Практическая реализация методов производственного планирования в условиях ИАСУ требует соответствующего информационного обеспечения.

Под информационным обеспечением в данной работе понимается система данных, отражающая существенные особенности производственного процесса, а также внутренней и внешней среды, в которых он функционирует.

Центральной частью системы планирования, представляющей собой ядро организации вычислительного процесса, является ИБС. Она образуется при начальной генерации системы, изменяется по результатам сеансов оперативного и предварительного планирования, а также может корректироваться персоналом в случае возникновения такой необходимости.

Для проведения сеансов предварительного и оперативного планирования в ИБС создаются массивы производственной информации, полный перечень которых указан в [17].

При проведении сеанса ПП исходные данные ИБС используются для формирования партий запуска, заказов на заготовки, расчета потребных, наличных и свободных фондов времени, проверки принципиальной выполнимости плановых заданий и пр. По результатам сеанса ПП вносятся корректировки в соответствующие массивы ИБС.

Если проводится сеанс ОП, то исходные данные и данные ИБС обрабатываются в соответствии с алгоритмом составления расписания, а результаты заносятся в специальные массивы, которые могут быть визуализированы в виде соответствующих форм. К подобным документам относятся сменные и сменно-суточные задания по отдельным рабочим местам и по участку в целом, а также задания на подготовку оснастки.

После окончания сеанса ОП можно осуществлять по мере необходимости ввод данных о производственной деятельности и корректировать ИБС, т.е. приводить массив ИБС в соответствие с реальным положением дел на производственном участке.

С созданием и ведением необходимых массивов информации тесно связан соответствующий документооборот. Документируются обычно следующие процедуры: обмен данными с традиционными планово-диспетчерскими службами и руководящим персоналом; запуск заказов, получение заготовок, инструмента и оснастки; регистрация различного рода запасов и заделов; регистрация состояния оборудования и причин простоев; учет хода производства.

Следует подчеркнуть, что при разработке документооборота многономенклатурного дискретного производства необходимо обеспечить возможность ведения производственного процесса в случае выхода из строя управляюще-вычислительного комплекса и восстановление данных о текущем состоянии производства и оборудования после восстановления его работоспособности.

Документальное представление данных используется для организации диалога оператора с управляюще-вычислительным комплексом и является организующим началом для разделения функций между компьютерной системой и персоналом, что существенно для современного производства.

1.4.4. Методы и модели автоматизированного календарного планирования

Эффективность системы ОПП в рыночных условиях, как, впрочем, и всей системы внутрифирменного планирования, определяется совокупностью методов и моделей, применяемых при проектировании желаемого будущего состояния производства и обосновании путей его достижения.

Моделирование планирования мелкосерийного и единичного производства имеет свои характерные особенности:

- составление календарных планов является трудоемким процессом; как правило, оно осуществляется большим количеством людей;
- если какая-либо часть календарного плана в результате нарушений в ходе производства не выполняется, остальная часть его может потерять смысл; это приводит к относительно частым трудоемким коррекциям плана или полному его пересчету.

Результатом влияния этих двух особенностей явилось то, что в мелкосерийном производстве распространились объемные методы планирования либо методы планирования по опережениям для верхних уровней (межцеховое планирование), а нижние уровни планирования (участковое) были оставлены в ведении мастера.

Такое положение в календарном планировании, по мнению авторов, нельзя признать удовлетворительным.

Применение объемных методов для межцехового планирования приводит к большим ошибкам, поскольку объемные методы не учитывают технологии изготовления изделия, что приводит к неравномерной загрузке оборудования и штурмовщине в конце планового периода.

В случае планирования исключительно по опережениям изготовление изделия разбивается на ряд этапов, при этом для каждого этапа определяются длительность цикла обработки и его опережение по сравнению с последним этапом. При привязке этапов к календарным периодам необходимое количество оборудования фактически не контролируется либо контролируется объемно, что приводит к неравномерности в загрузке оборудования.

Планирование работы участка на основе только опыта мастера также не всегда приводит к желаемым результатам. Применение локальных правил оптимизации, выведенных из опыта, приводит, как правило, к невыполнению номенклатурной программы, к работе участка по «дефициткам», что лихорадит работу и участка, и других производственных подразделений. Поэтому в настоящей работе под автоматизацией планирования понимается не простой перевод расчетов на ЭВМ, а разработка новых методов планирования, базирующихся на моделях, адекватных реальным условиям производства.

Наиболее ранние попытки оптимизации составления календарных планов связаны с созданием ЭВМ и развитием теории расписаний как самостоятельного раздела кибернетики. Однако первые же попытки применить модели теории расписаний в практике планирования натолкнулись на следующие существенные трудности:

- подготовка информации для составления календарных планов оказалась очень трудоемкой не только из-за большого объема информации, но и потому что части информации просто не существовало на предприятии;
- подготовка и перевод большого объема информации на машинные носители, ввод ее в ЭВМ и расчет календарного плана занимали так много времени, что составляемые планы устаревали раньше, чем были подготовлены;
- поток изменений, связанный с изменением продукции, технологии нормативов, с нарушениями плана, приводил к тому, что составляемые планы быстро теряли смысл.

В связи с этими трудностями более или менее широкое применение в практике планирования нашли модели верхних уровней планирования: составление производственной программы и межцеховое планирование.

Что касается задач нижнего уровня, то в экономической литературе высказываются мнения, что автоматизацию календарного планирования участков по всем указанным причинам проводить не следует, а лучше ос-

тавить планирование на участке в ведении мастера, который в основном с распределением работ справляется.

Неудачи первых попыток автоматизации календарного планирования обусловлены сведением их к решению отдельных разрозненных задач. Нынешний этап характеризуется системным подходом и комплексностью решения задач календарного планирования. Это означает вхождение системы календарного планирования в качестве подсистемы в единую ИАСУ предприятием, что подразумевает тесную функциональную связь с другими подсистемами, в первую очередь с подсистемами учета и оперативного регулирования хода производства. Интеграция отдельных подсистем позволяет применять модели и методы теории расписаний на обоих уровнях подсистемы календарного планирования. Некоторые из известных моделей теории расписаний будут рассмотрены в настоящей работе.

Наиболее известной в этой области является задача С. Джонсона [16], которая состоит в том, чтобы найти оптимальную последовательность обработки m деталей на n станках.

Решение задачи требует перебора $(m!)^n$ вариантов расписания. С ростом размера задачи количество вариантов растет настолько быстро, что при реальных вычислительных мощностях получить решение можно только для задачи небольших размеров. Эффективный алгоритм решения задачи был получен лишь для $n = 2$ и некоторых частных случаев при $n = 3$.

Для решения задачи Джонсона и ее модификаций применяются методы линейного и целочисленного программирования, динамическое программирование, метод «ветвей и границ», последовательный анализ вариантов и др. Каждый из этих методов в некоторых случаях улучшает схему решения задачи.

Эффективная эвристическая процедура известна под названием «CDS-алгоритма», которая распространяет правило Джонсона $n/3$ на общую проблему n/m и обеспечивает решение, близкое к оптимальному.

Все авторы, занимающиеся задачей Джонсона, отмечают, что ее идеализация слишком груба для календарного планирования реального производства, так что даже если бы был получен эффективный алгоритм решения задачи Джонсона, практического применения он не получил бы. Значительно более близкой к задачам календарного планирования является задача Б. Гиффлера и Д. Томпсона. Она близка к задаче Джонсона, отличие состоит в том, что вводится технологическая последовательность обработки деталей.

Решение данной задачи выполняется, как и в случае задачи Джонсона, перебором вариантов, а также приближенными методами: Монте-Карло, частичного перебора и др.

Хотя задача Гиффлера ближе к реальным задачам календарного планирования, чем задача Джонсона, однако она также является слишком идеализированной: она не учитывает таких важных факторов, как наличие эквивалентного оборудования и деталей с заданными сроками выпуска.

С развитием АСУП возникла потребность решать задачи календарного планирования большой размерности и не идеализированные, а учитывающие множество реальных производственных факторов. Было предпринято немало попыток решать такие задачи различными либо приближенными методами (Монте-Карло, неполного перебора), либо сильно сокращающими перебор, либо приводящими к единственному решению. Однако желаемого результата они также не принесли.

Методами, которые применяются в практике решения реальных задач, являются правила предпочтения. Это в основном эвристические правила построения расписания, которые дают хорошие результаты на некоторых классах задач. Обычно данные правила реализуются в виде функций приоритета, каждая из которых определяется на множестве деталей, при этом каждой детали приписывается некоторое значение функции. В соответствии с величиной значения функции устанавливается очередь на обработку. В качестве наиболее простых правил предпочтения используются:

- *FCFS (First Come, First Served)* – «первый пришел – первый обслужен». Первая работа, прибывающая на рабочий центр, выполняется первой;
- *EDD (Earliest Due Date)* – в первую очередь обрабатываются партии с более ранней требуемой датой выполнения;
- *SPT (Shortest Processing (Operation) Time)* – партии деталей обрабатываются в порядке, обратном требуемому времени их обработки;
- *LPT* – наиболее продолжительные и трудоемкие работы выполняются первыми;
- *FO (Fewest Operations)* – сначала запускаются заказы с наименьшим количеством оставшихся операций;
- *CR (Critical Ratio)* – предпочтение отдается работе, у которой значение отношения времени, оставшегося до срока выполнения работы (по плану), на остающееся время исполнения работы является минимальным и др.

Таким образом, примеры рассмотренных в настоящей работе оптимизационных задач свидетельствуют о неприемлемости их использования в реальной системе производственного планирования. На практике используются лишь эвристические правила предпочтения. Причины этого скрыты и в недостатках математических методов оптимизации, и в невозможности заложить в математическую модель трудноформализуемые факторы, учет которых необходим при выборе решения, и, главное, в непонимании управленческим персоналом сложного математического аппарата задач оптимизации, а также в трудности интерпретации полученных результатов.

1.5. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Усложнение промышленного производства, рост требований к качеству выпускаемой продукции, сокращению времени вывода новых продуктов на рынок, строгому соблюдению сроков поставки вызвали естественный процесс систематизации накопленных знаний, методов и подходов к управлению предприятием. Те из них, которые способствовали решению стоящих перед предприятием задач, получили дальнейшее развитие в процессе становления современных концепций и методологий управления производством.

Одной из таких концепций, которую необходимо исследовать в настоящей работе, является «философия» *JIT* (*just-in-time* «точно вовремя»). Суть ее состоит в том, что она предполагает приближение начального момента обработки деталей, поступающих на сборку, к предельно допустимому сроку.

Производство «точно вовремя» снижает потери времени, опирается на синхронизацию операций и минимальные запасы. Ключ *JIT* – это производство стандартных изделий малыми партиями. Уменьшение партий является главным условием, обеспечивающим снижение запасов и их стоимости.

Наиболее последовательным воплощением этой концепции является система управления «Канбан» (в переводе означает «карточка»), разработанная фирмой «Тойота мотор компани» [16].

Карточка или другой маркер в таких системах является сигнализатором необходимости перемещения партии деталей с одного рабочего места к следующему или необходимости их производства. Партии, как правило, очень малы и обычно требуют нескольких часов для их изготовления. Та-

кая производственная система требует точного планирования и частых переналадок машин. Небольшие количества всех деталей должны быть произведены несколько раз в день. Такая система должна функционировать ритмично, возникновение дефицита полуфабрикатов в любой ее части немедленно сказывается на работе системы в целом. «Канбан» усиливает исполнение планов в нужный срок и понижает время и затраты на требуемые переналадки.

«Канбан» успешно выполняет свои функции на предприятиях со стабильным планом производства, где поток деталей находится в устойчивом состоянии длительное время. Ее характеристики быстро ухудшаются, когда нагрузка или производственная номенклатура цеха часто меняются.

Значительно более универсальной считается методология планирования потребностей материалов – *Material Requirements Planning (MRP)* и ее продолжение – стандарт *MRP II (Manufacturing Resource Planning* – планирование ресурсов производства) [11]. В настоящей работе методология *MRP II* будет представлена наиболее подробно.

MRP II – в настоящее время это принятая в мире идеология, технология и организация управления промышленными предприятиями. На ее основе получен наилучший опыт управления предприятиями в условиях конкурентной рыночной среды, опыт осмысленный, систематизированный и реализованный в виде компьютерных систем; она включает набор проверенных на практике разумных принципов, моделей и процедур управления и контроля, служащих повышению показателей экономической деятельности предприятия.

Системы класса *MRP II* в основном, используются на производствах дискретного типа. Они дают наибольший эффект в ориентированных на производственный процесс системах, обслуживающих длительный цикл обработки и сложное многоступенчатое производство, в которых планирование деятельности и управление запасами наиболее сложны. *MRP II*-системы проявляют все свои свойства там, где имеет место интенсивный поток изменений и высокая вариабельность размеров заказа и партий. Приведенные характеристики применимы также и к ЕМП.

Основными обязательными модулями системы *MRP II* являются:

- 1) планирование продаж и операций;
- 2) управление спросом;
- 3) главный календарный план производства;
- 4) планирование потребности в материалах;

- 5) подсистема спецификаций;
- 6) подсистема операций с запасами;
- 7) подсистема запланированных поступлений по открытым заказам;
- 8) оперативное управление производством;
- 9) планирование потребности в мощностях;
- 10) управление входным/выходным материальным потоком;
- 11) управление снабжением;
- 12) планирование ресурсов распределения;
- 13) инструментальное обеспечение;
- 14) интерфейс с финансовым планированием;
- 15) моделирование;
- 16) оценка деятельности.

С середины 90-х годов этот стандарт наряду с прогнозированием и контролем производства применяется также для планирования потребностей в распределении ресурсов на уровне предприятия – *Enterprise Resource Planning (ERP)*. Данный стандарт является теоретической основой многочисленных АСУ, классификация которых представлена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Классификация *ERP*-систем, представленных на российском рынке

<i>Локальные</i>	<i>Малые</i>	<i>Средние</i>	<i>Крупные</i>
1С	<i>Concorde</i>	<i>JD Edwards</i>	<i>Sap R3</i>
БЭСТ	<i>Axapta</i>	<i>MFG/Pro</i>	<i>BAAN</i>
Илотек	<i>Platinum</i>	<i>SyteLine</i>	<i>Oracle Application</i>
Инфин	<i>Scala</i>	Галактика	
Инталев	<i>SunSystems</i>	Парус	
Инфософт	Босс-корпорация		
Супер-менеджер	Эталон		
+ еще более 100 систем	Ресурс		

В основу *MRP II* положена иерархия планов. Планы нижних уровней зависят от планов более высоких уровней, т.е. план высшего уровня задает входные данные, намечаемые показатели и/или какие-то ограничительные рамки для планов низшего уровня. Кроме того, эти планы связаны между

собой таким образом, что результаты планов нижнего уровня оказывают обратное воздействие на планы высшего уровня [25]. Характеристика уровней планирования стандарта *MRP II* подробно представлена в [16]. Общая структура планового механизма в стандарте *MRP II* представлена на рис. 1.4.

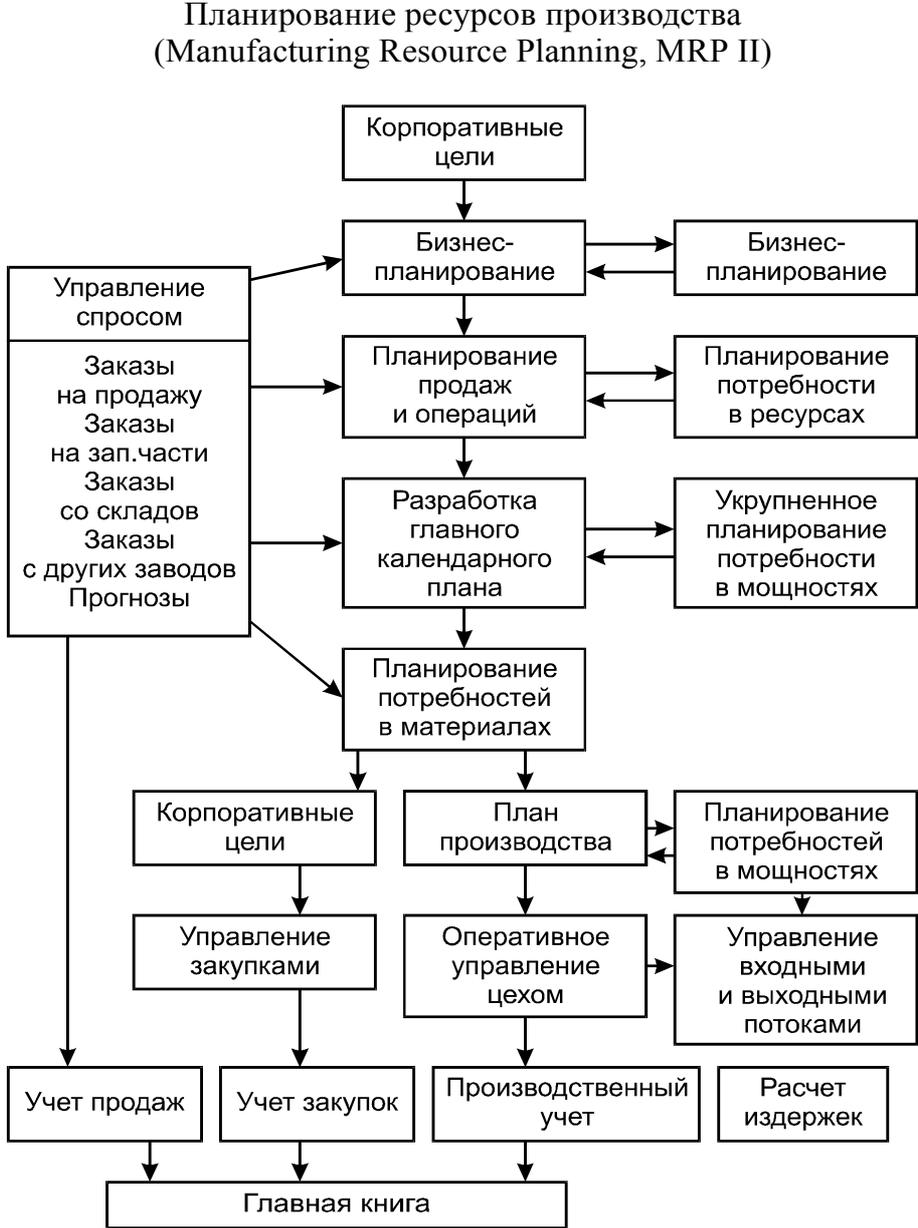


Рис. 1.4. Планирование ресурсов производства

Основными достоинствами *MRP*-систем являются: улучшение сервиса обслуживания клиентов – от 15 до 26 %, снижение уровня запасов –

от 16 до 30 %, рост эффективности работы производственных подразделений – от 11 до 20 %, снижение затрат на закупку – от 7 до 13 %.

Преимуществом применения *MRP II* является также реализация в системах данного типа механизмов проведения конструкторско-технологических извещений, количество и сложность которых в ЕМП достаточно велики. Например, за 2003 год в КБ «Арматура» выпущено более 300 извещений и технических решений. При этом в системах *MRP II* предоставляется возможность экспресс-анализа влияния изменений на издержки предприятия и уровень предполагаемой загрузки оборудования.

Кроме того, достоинством *MRP II* является тесная взаимосвязь с подсистемой финансового планирования. Операции, совершаемые на уровне производственного планирования (открытие и закрытие заказа, выдача со склада материала, закрытие рабочего наряда и др.), автоматически регистрируются на бухгалтерских счетах, чем обеспечивается абсолютная прозрачность деятельности предприятия.

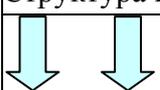
Тем не менее, используется *MRP* не всюду. Для целей настоящей работы необходимо обозначить наиболее желательные характеристики производственной системы, которые необходимы для эффективного внедрения *MRP*. К ним относятся:

- эффективная компьютерная система;
- точная информация о спецификациях продуктов – *Bill of material (BOM)* и состоянии запасов на предприятии;
- ориентация на производство дискретных продуктов, изготавливаемых из сырья, деталей, узлов и сборочных единиц, проходящих в процессе своего изготовления через многие производственные операции;
- длительность циклов обработки;
- надежность устанавливаемых длительностей производственных и закупочных циклов;
- достаточность главного календарного плана, фиксируемого на период времени, для заказа материалов без излишней спешки и путаницы;
- поддержка и участие верхних уровней управления предприятием (топ-менеджмента).

Одним из основных условий эффективности внедрения MRP является высокий уровень точности нормативно-справочной информации. Согласно представленной табл. 1.2, приемлемый уровень точности планирования (85 %) обеспечивается при уровне точности основного календарного плана производства 100 %, точности информации о запасах 95 %, незавершенного производства 95 %, точности конструкторско-технологических спецификаций 99 %.

Таблица 1.2

Зависимость точности результатов от уровня точности исходных данных, %

Спрос, <i>MPS</i>	60	100	100	100
Текущий запас	50	90	95	97
Открытые заказы	50	90	95	98
Параметры планирования	30	90	95	97
Структура продуктов (<i>BOM</i>)	90	95	99	99,50
				
Расчеты, производимые <i>MRP</i>				
Уровень точности результатов	4	69	85	92
Количество выдаваемых ошибок от общих результатов	24 из 25	1 из 3	3 из 20	1 из 12

Таким образом, подводя итоги исследования существующих систем производственного планирования, можно сделать вывод о перспективности использования в ЕМП стандарта управления *MRP II*. При этом эффективность его применения будет зависеть от возможности восполнения недостающей нормативно-справочной информации и адаптации существующих методов планирования к условиям рассматриваемых типов производства.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом совершенствование ОПП способствует улучшению экономических и финансовых показателей деятельности предприятия?
2. Какими показателями характеризуется ЕМП?
3. Почему известные системы ОПП не в полной мере отвечают особенностям ЕМП?

4. В чем проявляется сложность оперативного планирования и учета в условиях ЕМП по сравнению с другими типами производства?

5. Как обосновать целесообразность автоматизации ОПП в составе ИАСУ?

6. Какие эвристические процедуры планирования могут быть эффективно применены в условиях многономенклатурного ЕМП?

7. На чем основана перспективность применения в условиях ЕМП стандарта управления *MRP II*?

8. Какова роль нормативно-справочной информации в задачах планирования в условиях ЕМП?

2. ПЛАНИРОВАНИЕ ЕДИНИЧНОГО И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ СТАНДАРТА MRP II

Исходя из необходимости повышения эффективности ОПП в ЕМП, в настоящей главе рассматриваются:

- совершенствование методов планирования производственных заказов, а также минимизация времени их выполнения;
- совершенствование методов планирования производственных мощностей;
- разработка эффективных методов оперативного учета.

2.1. ПРОЦЕДУРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗАКАЗА

2.1.1. Формирование маршрутно-сборочной схемы и построение циклового графика изготовления заказа

Нормативной базой планирования ЕМП является система календарно-плановых расчетов, обычно выполняемых графоаналитическим способом. Прежде всего формируется маршрутно-сборочная схема, обычно оформляемая в виде «дерева» заказа. Значение сборочной схемы для ОПП заключается в том, что она показывает порядок и последовательность включения деталей и сборочных единиц в последующие сборочные соединения, наилучшим образом отражая отношения принадлежности и входимости номенклатурных позиций в структуре производственного заказа. Тем самым она определяет возможность параллельного выполнения сборки разных узлов изготавливаемого агрегата. Распараллеливанием сборочных работ достигаются значительное сокращение ДПЦ при неизменности затрат рабочего времени и уровня производительности труда, уменьшение величины незавершенного производства и ускорение оборачиваемости оборотных средств предприятия, эффективность использования которых, в конечном итоге, определяет уровень рентабельности выпускаемой продукции.

Маршрутно-сборочная схема по существу является многоуровневой спецификацией – *BOM*. Спецификация, согласно определению Американской организации по управлению производством и запасами (*American Production and Inventory Control Society – APICS*), – это «... список всех сборочных единиц, промежуточных продуктов, деталей и материалов, которые применяются в родительской сборочной единице, с указанием норм их расхода».

Для многономенклатурного мелкосерийного и единичного производства характерно использование многоуровневых спецификаций (*multilevel BOM*), которые могут быть представлены как в списковом, так и в графическом формате.

Специально подобранный в настоящей работе пример сборочной схемы (или многоуровневой спецификации), показан на рис. 2.1 и 2.2. На схеме представлен перечень компонентов некоторого изделия А, а также их количественная входимость в сборки вышестоящего уровня. В скобках указана потребность в каждом компоненте для изготовления изделия в количестве 3 шт.

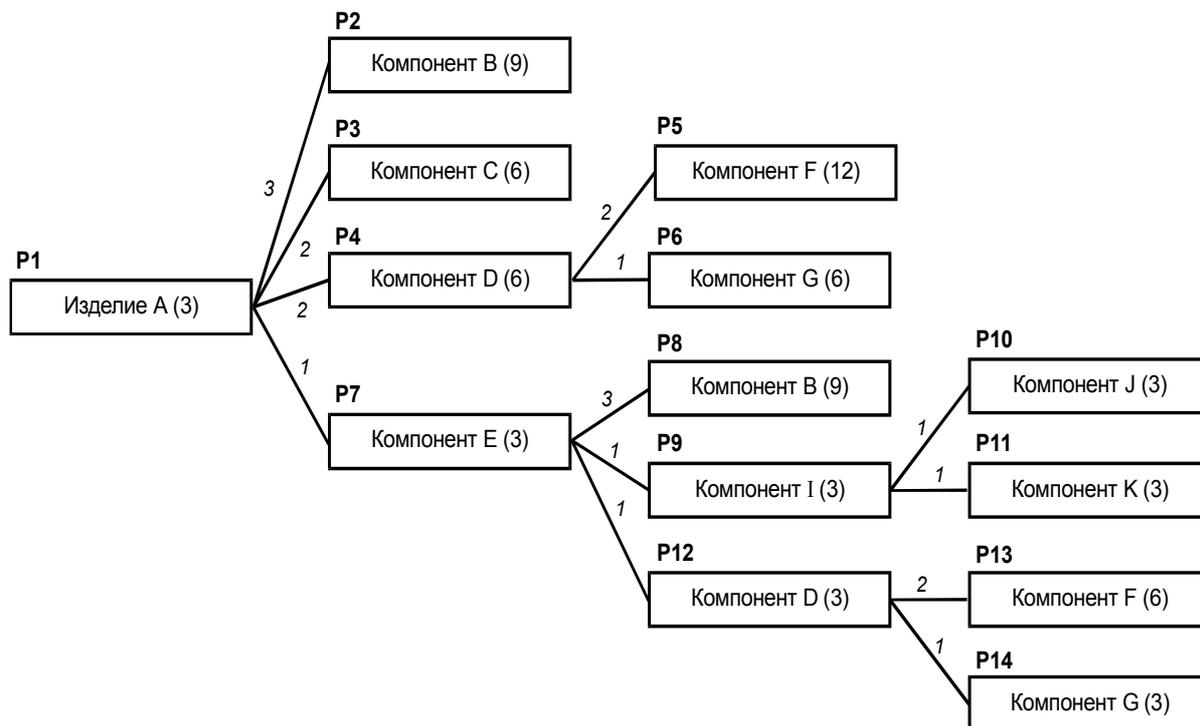


Рис. 2.1. Маршрутно-сборочная схема: компоненты заказа представлены в виде прямоугольников, для каждого из них указано количество для комплектации вышестоящей сборочной единицы, а также общее количество. Символом Р с цифрой указаны номера позиций спецификации заказа

Представленная в таком виде, или разузлованная, схема производственного заказа является основой при формировании главного документа, регламентирующего процесс единичного и мелкосерийного производства, – календарного циклового графика изготовления заказа. В отличие от схемы, которая ограничивается, в сущности, структурной характеристикой производственного заказа, цикловой график дает представление процесса его изготовления в масштабе времени (см. рис. 2.2).

Пример циклового графика подобран в работе специально. Представленные на графике значения ДПЦ и опережения запуска в производство компонентов заказа отражают логику дальнейших рассуждений. Единый (сложный) процесс изготовления заказа представляется на графике в виде множества технологических цепочек простых производственных процессов, начальные звенья которых соответствуют изготовлению номенклатурных позиций, находящихся на нижнем уровне входимости в структуре заказа, а конечные – финишному процессу, в котором создается готовый продукт.

Каждой номенклатурной позиции соответствует календарный отрезок времени на графике, в течение которого она должна быть изготовлена или закуплена (если позиция не является предметом собственного изготовления). При этом начало изготовления – опережение – регламентируется циклом ее изготовления, а также сроком опережения сборочной единицы, в которую она входит. Так, для того чтобы своевременно изготовить изделие А в количестве 3 шт., следует начать его сборку за день до требуемой даты. Далее к моменту начала их сборки необходимо иметь в наличии требуемое количество всех комплектующих данного изделия, а именно компоненты В, С, D и E, для получения которых требуется 5.5, 0.5, 1, 0.5 дн. соответственно и т.д. по всей глубине структуры изделия, по всем ее ветвям.

Здесь важно отметить следующее. ДПЦ изготовления заказа в целом определяется теми позициями, которые являются составными звеньями технологической цепочки наибольшей календарной продолжительности. Позиции, принадлежащие менее продолжительным технологическим цепочкам, изготавливаются параллельно с данной и не влияют на общую длительность цикла.

Процесс календарного планирования изготовления заказов, в ходе которого выясняются потребности в материалах, деталях, сборочных единицах для комплектации позиций верхнего уровня, а также определяются календарные сроки их запуска в производство (или приобретения), получил название планирования потребности в материалах.

Далее представленный процесс планирования формализуется и преобразуется с учетом особенностей функционирования ЕМП. При этом обосновываются и разрабатываются алгоритмы планирования потребности в материалах, расчета опережения запуска ДСЕ, пересчета потребности в материалах с учетом запуска ДСЕ единой партией. В качестве инструмента при этом в работе используется теория множеств.

2.1.2. Формализация планирования изготовления заказа

Как отмечалось выше, изготовление и выпуск продукции в ЕМП осуществляется на заказ. В соответствии с Р50.1-2000 под заказом понимается подкрепленный финансовыми ресурсами запрос (договор) на поставку продукции предприятия. Множество, представляющее производственный заказ, можно по аналогии с [3] задать следующим образом:

$$Z = \{Z^A, P\}, \quad (2.1)$$

где Z^A – множество атрибутов производственного заказа; P – множество номенклатурных позиций производственного заказа.

В настоящей работе под позицией производственного заказа понимается определенный его компонент, для которого определены количество, необходимое для комплектации родительской сборочной единицы, уровень входимости, а также порядковый номер, определяющий местоположение компонента в спецификации заказа. Множество позиций производственного заказа, их количество, а также порядок, в соответствии с которым они располагаются в заказе, называется спецификацией заказа, или разузлованным составом заказа.

Множество номенклатурных позиций производственного заказа имеет вид

$$P = \{P_i \mid i = \overline{1, I^P}\}, \quad (2.2)$$

где P_i – множество, представляющее i -ю позицию производственного заказа; I^P – количество позиций в производственном заказе;

Множество, представляющее i -ю позицию производственного заказа, имеет вид:

$$P_i = \{P_i^A, \tilde{P}^i\}, \quad (2.3)$$

где \tilde{P}^i – множество, представляющее состав i -й позиции; P_i^A – множество атрибутов i -й позиции:

$$P_i^A = (P_{i1}^A, P_{i2}^A, P_{i3}^A, P_{i4}^A, P_{i5}^A, P_{i6}^A, P_{i7}^A, P_{i8}^A, P_{i9}^A, \dots), \quad (2.4)$$

где P_{i1}^A – порядковый номер позиции в спецификации заказа; P_{i2}^A – уровень входимости позиции в заказе; P_{i3}^A – код компонента; P_{i4}^A – наименование компонента; P_{i5}^A – требуемое количество единиц компонента данной позиции; P_{i6}^A – цикл изготовления или закупки позиции; P_{i7}^A – опережение запуска позиции; P_{i8}^A – изготавливаемое количество единиц компонента; P_{i9}^A – порядковый номер некоторой позиции в спецификации заказа, в которой будет изготавливаться компонент i -й позиции. Здесь нужно отметить следующее. Изначально атрибут имеет значение P_{i1}^A . В случае неравенства значений атрибутов P_{i9}^A и P_{i1}^A потребность в изготовлении требуемых единиц компонента будет учтена в позиции со значением порядкового номера P_{i1}^A .

Множество, представляющее состав i -й позиции:

$$\tilde{P}^i = \{ \tilde{P}_j^i \mid j = 1, J^{\tilde{P}^i} \}, \quad (2.5)$$

где $J^{\tilde{P}^i}$ – количество дочерних позиций в составе i -й позиции; \tilde{P}_j^i – множество, представляющее входимость j -й дочерней позиции в i -ю позицию:

$$\tilde{P}_j^i = (\tilde{P}_{j1}^i, \tilde{P}_{j2}^i, \dots), \quad (2.6)$$

где \tilde{P}_{j1}^i – код j -й позиции; \tilde{P}_{j2}^i – количество, в котором j -я позиция входит в i -ю позицию.

Множество позиций независимого спроса (верхнего уровня входимости в заказ) можно представить:

$$P^0 = \{ P_y^0 \mid y = 1, Y^{P^0} \}, \quad (2.7)$$

где P_y^0 – y -я позиция верхнего уровня входимости; Y^{P^0} – количество позиций верхнего уровня входимости, причем $P^0 = P \setminus \bigcup \tilde{P}^i$, где $i = \overline{1, I^P}$; \bigcup – символ объединения; \setminus – символ вычитания.

Для описания разузлования заказа введем множество $R = \{R_i | i = \overline{1, I^R}\}$, где I^R – количество элементов в этом множестве, R_i – множество, представляющее i -й элемент во множестве R . Причем количество элементов во множестве R равно количеству позиций верхнего уровня входимости $I^R = Y^{P^0}$, а каждый i -й элемент множества R является позицией с индексом y множества P^0 : $R_i = P_y^0$, где $i = |P^0| - y + 1$; символ, обозначающий количество элементов во множестве P^0 или мощность множества.

Для разработки алгоритма планирования потребности в материалах нужно ввести следующие вспомогательные функции:

– функция $f_{P_y^0}$ определяет позицию P_i , которой соответствует позиция P_y^0 во множестве позиций верхнего уровня входимости:

$$P_y^0 \xrightarrow{f_{P_y^0}} P_i, \quad (2.8)$$

где \longrightarrow – символ «определяет...».

– функция f_{R_i} определяет позицию спецификации заказа P_j , которая соответствует i -й позиции множества R :

$$R_i \xrightarrow{f_{R_i}} P_j; \quad (2.9)$$

– функция $f_{\tilde{P}_j^i}$ определяет позицию спецификации заказа P_h , которая соответствует j -му элементу множества \tilde{P}^i :

$$\tilde{P}_j^i \xrightarrow{f_{\tilde{P}_j^i}} P_h; \quad (2.10)$$

– функция $f_{P_i^{rod}}$ определяет позицию спецификации заказа P_j , которая является родительской по отношению к позиции P_i :

$$P_i \xrightarrow{f_{P_i^{rod}}} P_j. \quad (2.11)$$

В случае, если позиция P_i является позицией верхнего уровня входимости:

$$\exists P_l^0 \in P^0 : f_{P_l^0} = P_i,$$

где \exists – символ «для некоторого...»; \in – символ принадлежности, функция $f_{P_i^{rod}}$ возвращает значение 0: $f_{P_i^{rod}} = 0$.

Введем переменные:

z – переменная, определяющая порядковый номер позиции в спецификации заказа;

u – переменная, определяющая уровень входимости позиции в спецификации заказа;

v – требуемое количество единиц компонента в спецификации заказа;

w – счетчик дочерних позиций в составе соответствующей родительской позиции.

С использованием введенных функций в работе предлагается следующий алгоритм планирования потребности в материалах.

1. Установить $z=0$.

2. Каждой позиции спецификации верхнего уровня входимости $\forall P_y^0 \in P^0, \exists P_v \in P : P_v = f_{P_y^0}$, где \forall – символ «для каждого...», присвоить значение $P_{v2}^A = 0$.

3. Выполнить действия, перебирая позиции R_i из множества R , начиная с последнего элемента: $R_i, i = |R|$.

3.1. Определить позицию спецификации заказа P_c , соответствующую элементу R_i : $\exists P_c \in P : P_c = f_{R_i}$.

3.2. Присвоить значение переменной v , равное требуемому количеству единиц компонента позиции P_c : $v = P_{c5}^A$; присвоить значение переменной u , равное уровню входимости позиции P_c : $u = P_{c2}^A$.

3.3. Если позиция P_c не имеет состав, то перейти к шагу 3.4.:

$$\tilde{P}^c = \{ \}, P_c = \{ P_c^A, \tilde{P}^c \}.$$

3.3.1. Перебирать состав позиции P_c . Перебор осуществляется по убыванию значения индекса элемента множества $\tilde{P}^c: \tilde{P}_{w,w}^c = \left\lceil \tilde{P}^c \right\rceil, 1$.

3.3.1.1. Позицию спецификации заказа $P_n: \exists P_n, P_m \in P: P_n = f_{P_m^{prod}}, P_m = f_{\tilde{P}_w^c}$ добавить во множество R , $R = R \cup \{P_n\}$.

3.3.1.2. Рассчитать значение требуемого количества единиц позиции $P_n: P_{n5}^A = v \cdot \tilde{P}_{w2}$; установить значение уровня входимости позиции P_n , равное $u + 1: P_{n1}^A = u + 1$.

3.3.1.3. Уменьшить значение счетчика позиций состава на 1: $w = w - 1$.

3.3.2. Перейти к шагу 3.3.1, если $w \neq 0$.

3.4. Увеличить значение переменной z на единицу: $z = z + 1$.

3.5. Присвоить значение порядкового номера позиции P_c в спецификации заказа, равное значению переменной $z: P_{c1}^A = z$; установить порядковый номер позиции в спецификации заказа, в котором будет изготавливаться позиция P_c , равный номеру этой позиции: $P_{c9}^A = P_{c1}^A$; установить значение изготавливаемого количества единиц компонента позиции P_c , равное требуемому количеству: $P_{c8}^A = P_{c5}^A$.

3.6. Выполнить процедуру расчета длительности цикла изготовления позиции P_c .

3.7. Выполнить процедуру расчета опережения запуска позиции P_c .

3.8. Удалить элемент R_i из множества $R: R = R \setminus \{R_i\}$.

4. Перейти к шагу 3, если количество элементов во множестве R не равно 0: $R \neq \{ \}$.

5. Завершение.

Результатом работы предложенного алгоритма является разузлованный состав заказа, для каждой позиции которого установлен срок опережения запуска в производство.

Здесь необходимо отметить, что работа представленного алгоритма в целом соответствует логике планирования, выполняемой процессорами спецификаций (*Bill of Material Processor*) систем класса *MRP II*. Вместе с тем, в предложенном алгоритме учтена специфика ЕМП, нашедшая отражение в п.3.4.

В разузлованной структуре производственного заказа одна и та же номенклатурная позиция, т.е. деталь или сборочная единица, может присутствовать несколько раз на различных его «ветках» и уровнях входимости (компоненты *B, D, F, G* на рис. 2.1). Согласно алгоритму, позиция будет изготавливаться каждый раз в том количестве, в каком это необходимо для комплектации родительской сборочной единицы. В то же время отличительной особенностью ЕМП является то, что размер запускаемой партии ДСЕ берется равным всей потребности в них на заказ. Поэтому разузлованную структуру производственного заказа в настоящей работе предлагается преобразовать таким образом, чтобы запуск всех потребных номенклатурных позиций осуществлялся единой партией, а изготавливаемое количество покрывало потребности в них для всех сборочных единиц заказа, в которых они применяются.

Для этого потребности в изготовлении ДСЕ, присутствующих в спецификации заказа неоднократно, должны быть пересчитаны путем их объединения. Объединение потребностей и изготовление повторяющейся ДСЕ производятся в позиции, срок опережения запуска в производство которой является наибольшим. Данное условие является обязательным для исключения возможностей появления конфликтных ситуаций в сроках изготовления позиций заказа. Объединение потребностей в любой другой позиции не обеспечивает своевременного изготовления родительских сборочных единиц с более ранним сроком опережения.

В позиции, в которой происходит объединение потребностей, пересчитываются значения изготавливаемого количества, длительности цикла и опережения запуска в производство, в остальных позициях потребность в изготовлении обнуляется, но при этом указывается номер позиции спецификации, в которой обнуляемая потребность учитывается.

В случае, если позиция является сборочной единицей, пересчету подлежит не только сама позиция, но также и весь структурный состав номенклатурной позиции. В позициях, в которых потребность обнуляется, структурный состав должен быть удален.

Согласно сформулированным выше условиям, потребности в компонентах *B* и *D* в рассматриваемом примере подлежат корректировке следующим образом: компонент *B* позиции *P2* будет учтен в позиции *P8*, так как опережение запуска позиции *P8* больше чем позиции *P2* ($6,75 > 6,5$ (дн.)); компонент *D* позиции *P12* будет учтен в позиции *P4* ($2 > 1,75$ (дн.)).

Одновременно корректируется весь структурный состав компонента D с последующим его удалением (позиции $P13, P14$) из спецификации заказа. Схемы корректировки спецификации заказа и циклового графика представлены на рис 2.3 и 2.4. Скорректированные спецификация заказа и цикловой график представлены на рис. 2.5 и 2.6.

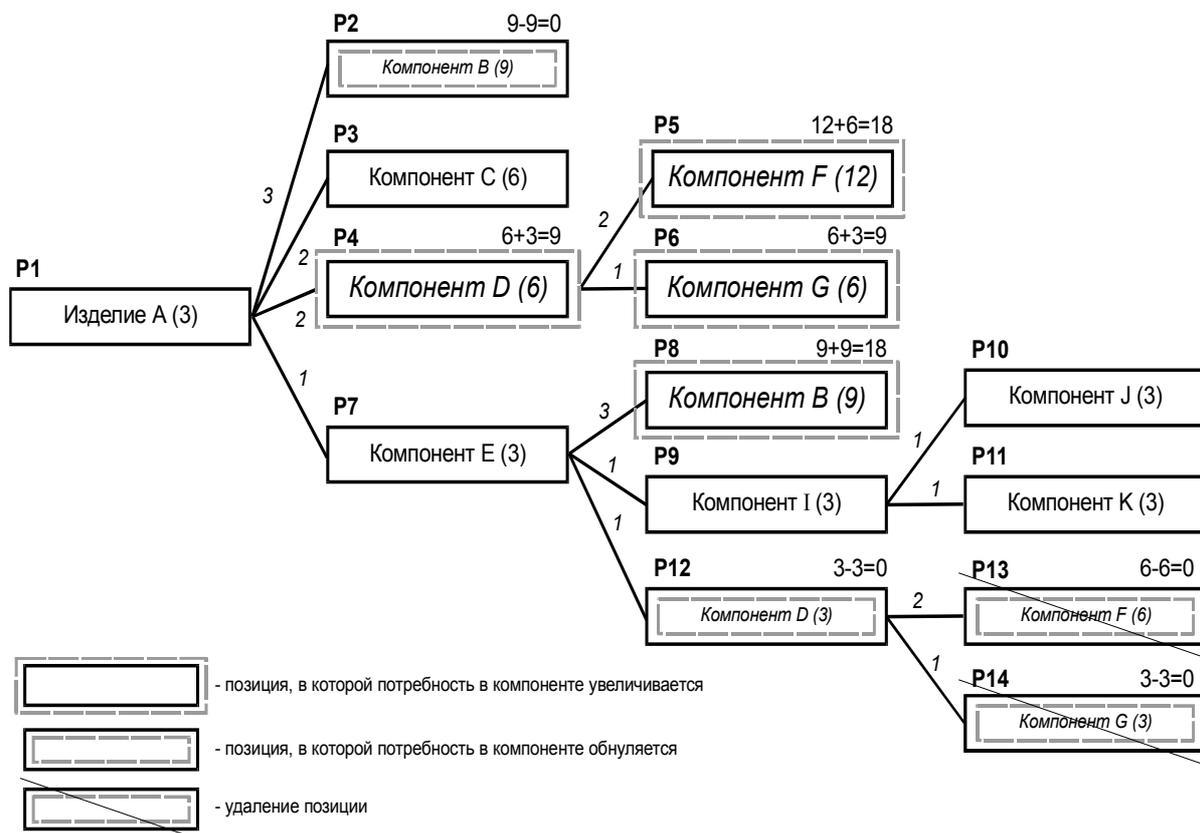


Рис.2.3. Схема корректировки спецификации заказа

Далее в работе приводится алгоритм перерасчета потребности в материалах с учетом особенности запуска номенклатурных позиций единой партией.

Вводится множество позиций производственного заказа $\dot{P}^i = \{\dot{P}_j^i \mid j = \overline{J^{\dot{P}^i}}\}$, код компонентов изготовления которых соответствует коду компонента позиции P_i , где \dot{P}_j^i - элемент с индексом j во множестве \dot{P}^i ; $J^{\dot{P}^i}$ - количество элементов во множестве \dot{P}^i .

В частном случае множество \dot{P}^i может быть представлено одним элементом $\dot{P}^i = \{P_i\}$, что означает однократное присутствие компонента в спецификации заказа.

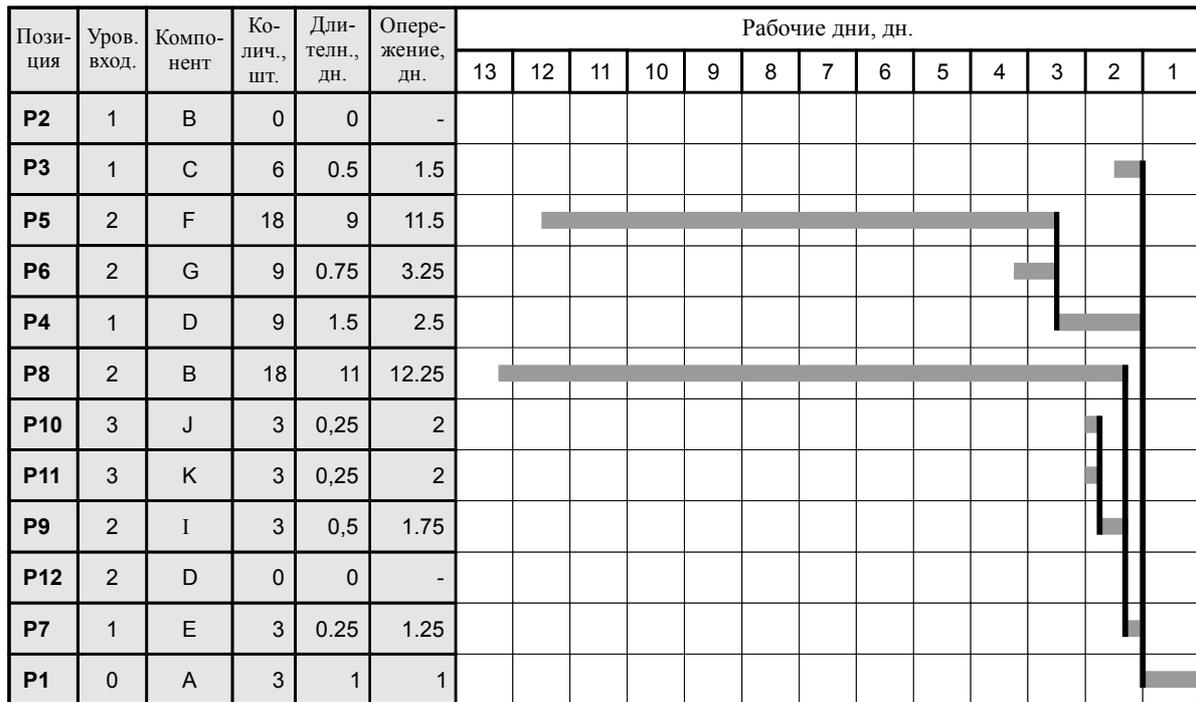


Рис. 2.6. Скорректированный цикловой график

Вводятся следующие функции:

– функция $f_{P_i^{kod}}$ определяет подмножество позиций спецификации заказа, код которых соответствует коду i -й позиции:

$$P_i \xrightarrow{f_{P_i^{kod}}} \dot{P}^i; \quad (2.12)$$

– функция $f_{\dot{P}^i}$ определяет суммарное количество единиц компонента в позициях подмножества \dot{P}^i , т.е. количество, необходимое для выполнения заказа:

$$\dot{P}^i \xrightarrow{f_{\dot{P}^i}} n, \quad (2.13)$$

причем $n = \sum_1^{J^{\dot{P}^i}} \dot{P}_j^i$;

– функция $f_{\dot{P}_j^i}$ определяет позицию спецификации заказа P_k , которая соответствует j -й позиции множества \dot{P}^i :

$$\dot{P}_j^i \xrightarrow{f_{\dot{P}_j^i}} P_k; \quad (2.14)$$

– функция $f_{P_j^{sort}}$ определяет позицию спецификации заказа, которая находится на j -м месте в проиндексированной их последовательности с индексным выражением «код компонента позиции + опережение позиции»:

$$j \xrightarrow{f_{P_j^{sort}}} P_i. \quad (2.15)$$

Введем переменные:

m – счетчик позиций в спецификации заказа;

\dot{n} – требуемое количество единиц компонента в спецификации заказа;

l – счетчик позиций в разузлованном составе соответствующей позиции спецификации заказа;

z – счетчик элементов множества \dot{P} – позиций с идентичным кодом;

c – код компонента позиции спецификации заказа.

Далее предлагается следующий алгоритм перерасчета потребности в материалах с учетом запуска ДСЕ единой партией.

1. Установить $m = 1$.

2. Выполнить в цикле перебор позиций в порядке их следования в спецификации заказа: $\exists P_i \in P : P_i^A = m$, где $m = \overline{1, |P|}$.

2.1. Если позиция $P_i = \{P_i^A, \tilde{P}^i\}$ не имеет состав: $\tilde{P}^i = \{ \}$, перейти к шагу 2.2.

2.1.1. Определить множество позиций спецификации заказа, код компонента которых соответствует коду позиции P_i : $\dot{P}^i = f_{P_i^{kod}}$, причем $\dot{P}^i \subset P$; подсчитать суммарное количество единиц компонента в позициях множества \dot{P}^i , необходимое для выполнения заказа: $n = f_{P^{kol}}$.

2.1.2. Определить позицию множества \dot{P}^i , срок опережения которого максимален: $\forall \dot{P}_m^i \in \dot{P}^i, \exists \dot{P}_j^i \in \dot{P}^i, \exists P_c, P_b \in P, P_c = f_{\dot{P}_j^i}, P_b = f_{\dot{P}_m^i} : P_{b7}^A \leq P_{c7}^A$, где $m \neq j$; запомнить в переменной \dot{n} требуемое количество единиц данной позиции: $\dot{n} = P_{c5}^A$; установить значение изготавливаемого количества, равное суммарному количеству единиц позиции: $P_{c8}^A = n$; запомнить в переменной r порядковый номер позиции: $r = P_{c1}^A$.

2.1.3. Выполнить процедуру расчета длительности цикла изготовления позиции P_c .

2.1.4. Выполнить процедуру расчета опережения запуска позиции P_c .

2.1.5. Перебирать по порядку позиции спецификации, начиная с позиции, которая следует за позицией $P_c: \exists P_g \in P: P_{g1}^A = l$, где $l = \overline{P_{c1}^A + 1, |P|}$.

2.1.5.1. Пересчитать значение изготавливаемого количества позиции состава: $P_{g8}^A = P_{c8}^A \cdot P_{g5}^A / \dot{n}$; установить значение номера позиции в спецификации, равное порядковому номеру данной позиции: $P_{g9}^A = P_{g1}^A$.

2.1.5.2. Выполнить процедуру расчета длительности цикла изготовления позиции P_g .

2.1.5.3. Выполнить процедуру расчета опережения запуска позиции P_g .

2.1.5.4. Увеличить значение l на единицу: $l = l + 1$.

2.1.6. Перейти к шагу 2.1.5, если уровень входимости позиции P_g меньше уровня входимости позиции $P_c: P_{g2}^A < P_{c2}^A$.

2.1.7. Удалить позицию \dot{P}_j^i из множества $\dot{P}^i: \dot{P}^i = \dot{P}^i \setminus \{\dot{P}_j^i\}$.

2.1.8. Перебирать позиции множества $\dot{P}^i: \dot{P}_z^i, z = 1, \overline{|\dot{P}^i|}$.

2.1.8.1. Определить позицию P_o , которая соответствует позиции $\dot{P}_z^i: \exists P_o \in P: P_o = f_{\dot{P}_z^i}$; установить значение порядкового номера позиции, в котором будет изготавливаться позиция, равное значению переменной $r: P_{o9}^A = r$; установить длительность цикла изготовления позиции P_o , равную 0: $P_{o6} = 0$; установить значение опережения запуска позиции, равное 0: $P_{o7} = 0$; установить значение изготавливаемого количества компонента позиции P_o , равное 0: $P_{o8}^A = 0$.

2.1.8.2. Перебирать по порядку позиции спецификации начиная с позиции, которая следует за позицией $P_o: \exists P_g \in P: P_{g1}^A = l$, где $l = \overline{P_{o1}^A + 1, |P|}$.

2.1.8.2.1. Удалить позицию P_g из спецификации заказа: $P = P \setminus \{P_g\}$.

2.1.8.3. Перейти к шагу 2.1.8.2, если уровень входимости позиции P_g : $\exists P_g \in P: P_{g1}^A = l$, $l = P_{o1}^A + 1$ меньше уровня входимости позиции P_o : $P_{g2}^A < P_{o2}^A$.

2.1.8.4. Увеличить значение счетчика z во множестве \dot{P}^i на единицу $z = z + 1$.

2.1.9. Перейти к шагу 2.1.8., если значение счетчика z меньше или равно количеству позиций в подмножестве \dot{P}^i : $z \leq |\dot{P}^i|$.

2.2. Установить $m = P_{i2}^A$; увеличить значение счетчика позиций m на единицу: $m = m + 1$.

3. Перейти к шагу 2, если значение счетчика m меньше или равно количеству позиций в спецификации: $m \leq |P|$.

4. Установить $c = " "$.

5. Перебирать позиции спецификации; $\exists P_i \in P, P_i = f_{P_m^{sort}}$, где $m = \overline{|P|}, 1$.

5.1. Если номер очередной позиции не равен номеру позиции, в которой она будет изготавливаться: $P_{i1}^A \neq P_{i9}^A$, установить $c = " "$ и перейти к шагу 5.2.

5.1.1. Если код очередной позиции равен значению переменной c : $P_{i3}^A = c$, перейти к шагу 5.1.4.

5.1.2. Установить значение переменной c , равное коду позиции P_i : $c = P_{i3}^A$.

5.1.3. Установить $j = P_{i1}^A$ и перейти к шагу 5.2.

5.1.4. Увеличить значение изготавливаемого количества позиции P_j на величину требуемого количества позиции P_i : $P_{j8}^A = P_{j8}^A + P_{i5}^A$.

5.1.5. Выполнить процедуру расчета ДПЦ изготовления позиции P_j .

5.1.6. Выполнить процедуру расчета опережения запуска позиции P_j .

5.1.7. Установить значение порядкового номера позиции, в котором будет изготавливаться позиция P_i , равное j : $P_{i9}^A = j$; установить значение цикла изготовления позиции P_i , равное 0: $P_{i6}^A = 0$; установить значение

опережения запуска позиции, равное 0: $P_{i7} = 0$; установить значение изготовляемого количества позиции P_i равное 0: $P_{i8}^A = 0$.

5.2. Увеличить значение счетчика на 1: $m = m + 1$.

6. Перейти к шагу 5, если счетчик m меньше или равен количеству позиций в спецификации: $m \leq |P|$.

7. Завершение.

В этих условиях предлагается также алгоритм расчета опережения запуска номенклатурных позиций заказа; он представлен в виде процедуры: *Operegenie* (i), где i – индекс позиции в спецификации заказа.

1. Если уровень входимости очередной позиции равен нулю: $P_{i2}^A = 0$, установить значение опережения запуска позиции, равное значению длительности цикла изготовления позиции (закупки): $P_{i7}^A = P_{i6}^A$ и перейти к шагу 4.

2. Определить позицию, которая является родительской по отношению к номенклатурной позиции P_i : $\exists P_j \in P : P_j = f_{P_i}^{rod}$, и присвоить $l = P_{j7}^A$.

3. Установить опережение запуска позиции P_i , равное сумме значения переменной l и значения длительности изготовления позиции P_i : $P_{i7}^A = l + P_{i6}^A$.

4. Завершение.

Формализованное описание алгоритма расчета в данных условиях ДПЦ изготовления позиций здесь не приводится; этот расчет может выполняться по изложенному в [16].

Предлагаемое изготовление компонентов заказа единой партией имеет ряд существенных достоинств. Во-первых, сокращается цикл изготовления партии запуска за счет снижения доли подготовительно-заключительного времени в трудоемкости единицы компонента и, следовательно, себестоимости его изготовления; во-вторых, повышается качество выпускаемой продукции, так как запуск ДСЕ единой партией предусматривает единый маршрут их изготовления и, следовательно, обработку одними и теми же рабочими, что способствует повышению качества, и, в-третьих, – конкретизируются плановые сроки изготовления компонентов заказа, что обеспечивает более надежную работу функциональных служб предприятия (материально-технического снабжения, проектирования и из-

готовления средств технологического оснащения и др.), призванных обеспечивать нормальное функционирование основного производства.

В качестве недостатка методики следует признать возможность увеличения общего цикла изготовления при запуске увеличенных партий тех позиций, которые находятся на критическом участке циклограммы заказа. В рассматриваемом примере увеличение партий запуска компонентов в позициях *P4* и *P8* до 9 и 18 шт. соответственно приводит к увеличению длительности на 4,25 дня. В связи с этим далее в работе предусматриваются мероприятия, позволяющие компенсировать это увеличение.

2.1.3. Планирование процесса изготовления компонентов заказа

Показатель ДПЦ лежит в основе производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Он характеризует достигнутый уровень организации производства, степень непрерывности процесса и тем самым – темпы изготовления продукции. Сокращение этой величины является для предприятия актуальной задачей, решение которой уменьшает размер потребных оборотных средств, связанных в незавершенном производстве, ускоряет их оборачиваемость и способствует более эффективному использованию основных фондов.

Сократить время изготовления заказа можно путем сокращения длительности наиболее трудоемких деталей и сборочных единиц и в первую очередь тех из них, которые принадлежат критической технологической цепочке циклового графика. Для выявления трудоемких компонентов заказа автором предлагается воспользоваться *ABC*-анализом.

В работе [17] установлено, что в ЕМП распределение трудоемкости изготовления заказа подчиняется принципу Парето (закону 80/20), т.е. 80 % трудоемкости заказа приходится на долю 20 % компонентов заказа. Изготовление остальных 80 % компонентов является нетрудоемким и, как правило, не представляет особой сложности. Компоненты ранжируются в порядке снижения трудоемкости их изготовления (см. таблицу), после чего в соответствии с полученным распределением им присваивается определенный класс, согласно *ABC* – классификации. Трудоемкость распределяется по классам следующим образом: класс *A* (20 % компонентов заказа) – 80 % трудоемкости, класс *B* (40 % компонентов) – 15 % трудоемкости, класс *C* (40 % компонентов) – 5 % трудоемкости заказа. Наиболее трудоемкие компоненты заказа, отнесенные к классу *A*, будут являться тем мно-

жеством деталей и сборочных единиц, для которых необходимо предусмотреть мероприятия по сокращению длительности цикла их изготовления. Согласно таблице, к числу трудоемких относятся компоненты *B* и *F*.

Распределение трудоемкости изготовления заказа

Позиция	Компонент	Трудоемкость		Процент трудоемкости нарастающим итогом	Процент компонентов	Классификация
		Дни	Процент к итогу			
<i>P8</i>	<i>B</i>	11	44	44	10	A
<i>P5</i>	<i>F</i>	9	36	80	20	
<i>P4</i>	<i>D</i>	1,5	6	86	30	B
<i>P1</i>	<i>A</i>	1	4	90	40	
<i>P6</i>	<i>G</i>	0,75	3	93	50	
<i>P3</i>	<i>C</i>	0,5	2	95	60	
<i>P9</i>	<i>I</i>	0,5	2	97	70	C
<i>P10</i>	<i>J</i>	0,25	1	98	80	
<i>P11</i>	<i>K</i>	0,25	1	99	90	
<i>P7</i>	<i>E</i>	0,25	1	100	100	

Сократить ДПЦ компонентов заказа можно несколькими способами [12], среди которых наиболее эффективными и применимыми в условиях ЕМП, по мнению автора, являются организация параллельно-последовательного движения деталей по технологическим операциям маршрута (*overlapping*) и одновременная обработка деталей из партии на нескольких рабочих местах (*splitting*).

Время выполнения операций обработки партии деталей, согласно стандартному алгоритму расчета ДПЦ, рассчитывается следующим образом:

$$T_i = \frac{n \cdot t_i}{k_i} + t_e + t_{MO}, \quad (2.16)$$

где T_i – время выполнения i -й операции; t_i – штучно-калькуляционное время обработки детали; n – количество деталей в партии запуска; k_i – количество машин, одновременно выполняющих операцию; t_e – продолжительность естественных процессов; t_{MO} – межоперационное время.

Согласно (2.16) время выполнения операции обработки партии деталей находится в обратно пропорциональной зависимости от количества

станков (рабочих мест), на которых данная операция выполняется. Поэтому использование возможности увеличения числа единиц оборудования позволяет практически в кратном отношении сократить ее продолжительность. Этот способ сокращения длительности получил название *splitting* («расщепление»), или многостаночная обработка.

Следует отметить, что чрезмерное сокращение времени выполнения операции за счет привлечения дополнительных единиц оборудования может отрицательно сказаться на плотности его загрузки в течение рабочего дня. Чтобы избежать этого, в настоящей работе рекомендуется устанавливать некоторый предел сокращения времени выполнения операции; например, это будет одна рабочая смена (1 рабочий день при односменной работе). Для примера допустим, что требуется выполнить фрезерную операцию, при этом количество деталей в партии 23 шт., количество станков в рабочем центре – три, трудоемкость выполнения операции 0:55:00, или 0,1146 дн. при 8-часовой рабочей смене. При обработке на одном станке время выполнения этой операции составляет 2,64 дн., на двух станках – 1,38 дн., на трех станках – 0,92 дн. (рис. 2.7).

Фрезерная операция

Партия деталей: 23 шт.

Штучно-калькуляционное время: 55 мин. (0,1146 дн.)

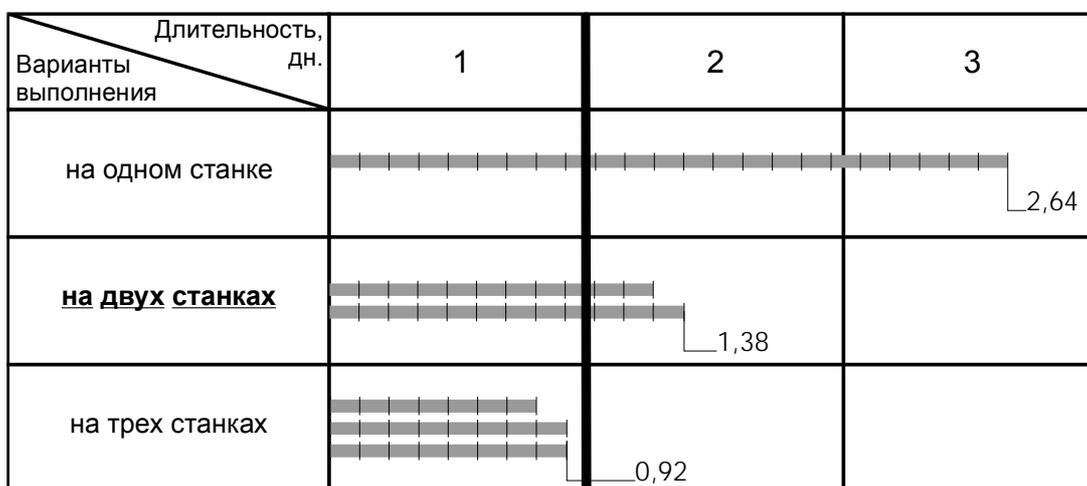


Рис. 2.7. Пример многостаночной обработки деталей

Таким образом, следует запланировать выполнение операции на двух станках, так как в третьем варианте продолжительность выполнения операции меньше одного дня. При этом первый станок будет обрабатывать 8 деталей, а второй – 7. Разница в количестве возникает из-за того, что ко-

личество деталей в партии запуска не является кратным количеству станков. Длительность выполнения операции считается по станку, который обрабатывает наибольшее количество деталей.

Принимая во внимание последнее замечание, а также исключая для упрощения расчетов параметры t_e и t_{mo} , формула (2.16) модифицируется в настоящей работе следующим образом:

$$T_i = \text{ceiling}(n/k_i)t_i, \quad (2.17)$$

где $\text{ceiling}()$ – функция округления выражения до ближайшего большего целого числа.

Сократить ДПЦ можно также путем организации перемещения деталей по операциям технологического процесса передаточными партиями (пакетами). Благодаря тому, что передача части деталей на последующую операцию происходит до окончания обработки всей партии запуска на предыдущей операции, достигается частичное совмещение времени их выполнения. Процесс совмещения времени выполнения смежных операций, при котором обработка деталей на каждой из них не прерывается, получил название параллельно-последовательное движение деталей.

Данный вид движения выгодно сочетает преимущества параллельного и последовательного видов движения. С одной стороны, сокращается длительность цикла, а с другой – обеспечивается непрерывность обработки деталей, которая способствует более плотной загрузке рабочих мест.

На основе обобщения опыта, изложенного в [16, 17], выделим следующие основные принципы организации параллельно-последовательного движения, которыми рекомендуется руководствоваться в условиях ЕМП.

1. Целесообразно сочетание двух видов движения – последовательного и параллельно-последовательного. Это следует из того, что операции, на которых эффективна организация параллельно-последовательного движения, чередуются, как правило, с операциями, на которых в силу их малой трудоемкости предпочтительно применение последовательного вида движения.

2. Применение параллельно-последовательного движения деталей рекомендуется для случаев, когда суммарная трудоемкость партии деталей на одной операции превышает 8 часов; только в этих случаях можно затратить дополнительный труд на транспортировку деталей.

3. Для организации параллельно-последовательного движения в сочетании с многостаночной обработкой деталей требуется, чтобы операция, начатая над партией на каком-либо агрегате, не прерывалась до окончания этой операции над последней деталью партии, обрабатываемой на данном агрегате.

4. Параллельно-последовательное движение деталей не должно применяться на операциях, для которых в силу отсутствия на предприятии технически обоснованных нормативов времени извне устанавливаются лимитированные сроки их задержки. К таким операциям, как правило, относятся все виды термической и гальванической обработки деталей.

5. Для применения параллельно-последовательного вида движения требуется повышенная четкость в обслуживании производства, особенно в части технического контроля и транспортных средств. Из-за увеличения количества перемещений возрастает риск различного рода нарушений установленного порядка движения деталей, т.е. увеличивается возможность появления в цикле дополнительных перерывов, способных существенно отразиться на эффективности производства.

Наиболее важным вопросом в организации параллельно-последовательного движения является определение размера передаточной партии. Чрезмерное увеличение количества деталей в партии приводит к растяжению цикла их изготовления, а уменьшение (вплоть до поддетальной передачи) влечет затруднения с практической реализацией данного процесса. Рациональным компромиссом может являться, например, дневная программа выпуска, т.е. количество деталей, обрабатываемых на операции за сутки.

Правила составления расписания при параллельно-последовательном движении деталей могут быть сформулированы на основе принципов, изложенных в [16]. Для этого в работе предлагается формальное описание параллельно последовательного движения. Принимая в качестве передаваемой части партии величину выпуска за сутки, нужно найти два момента времени – наиболее ранний возможный момент начала последующей операции и соответствующий ему момент ее окончания.

Введем обозначения:

$S_i^s(S_{i+1}^s)$ – начало выполнения текущей (последующей) операции;

$S_i^e(S_{i+1}^e)$ – окончание выполнения текущей (последующей) операции;

$T_i(T_{i+1})$ – время обработки партии деталей на предыдущей (последующей) операции);

$t_{p_i}(t_{p_{i+1}})$ – время обработки передаточной партии на текущей (последующей) операции;

$t'_{p_i}(t'_{p_{i+1}})$ – время обработки последней передаточной партии на текущей (последующей) операции;

n_{p_i} – количество деталей в передаточной партии (величина выпуска за сутки);

n'_{p_i} – количество деталей в последней передаточной партии (может быть меньше величины выпуска за сутки из-за некратности суточного пакета партии запуска);

$k_i(k_{i+1})$ – количество станков на текущей (последующей) операции;

$t_i(t_{i+1})$ – время выполнения текущей (последующей) операции обработки одной детали из партии запуска.

Расчет размера передаточных партий предлагается в настоящей работе осуществлять по формулам:

$$n_{p_i} = \text{int}(1/t_i)k_i; \quad (2.18)$$

$$n'_{p_i} = n - \text{int}(n/n_{p_i})n_{p_i}, \quad (2.19)$$

где $\text{int}()$ – функция выделения из выражения целой части.

Аналогично формуле (2.17) расчет времени обработки передаточных партий предлагается осуществлять следующим образом:

$$t_{p_i} = n_{p_i}/k_i \cdot t_i; \quad (2.20)$$

$$t'_{p_i} = \text{ceiling}(n'_{p_i}/k_i)t_i; \quad (2.21)$$

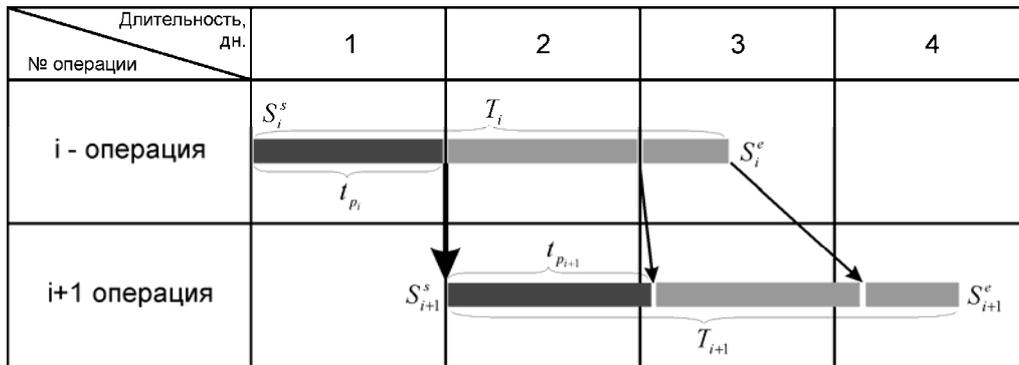
$$t_{p_{i+1}} = \text{ceiling}(n_{p_i}/k_{i+1}) \cdot t_{i+1}; \quad (2.22)$$

$$t'_{p_{i+1}} = \text{ceiling}(n'_{p_i}/k_{i+1})t_{i+1}. \quad (2.23)$$

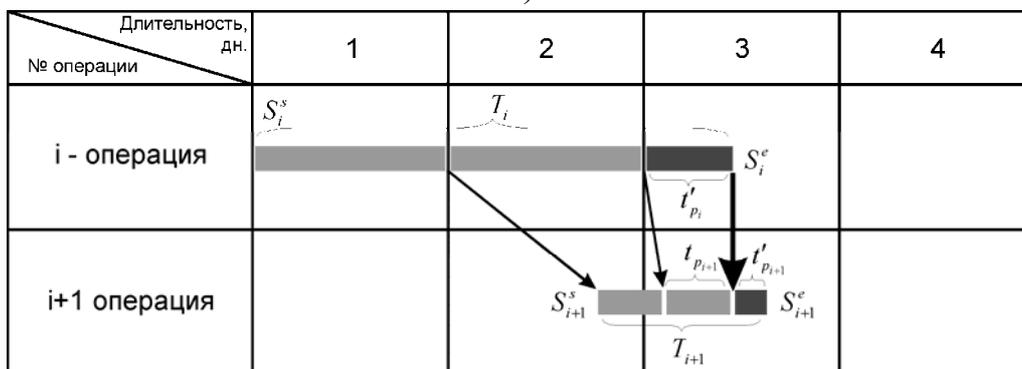
Возможны следующие случаи параллельно-последовательной передачи. Первый: время обработки передаточной партии на последующей

операции больше времени обработки на предыдущей $t_{p_{i+1}} \geq t_{p_i}$. Лимитирующим в этом случае является первый пакет партии: если начинать обработку первой партии в наиболее ранний срок, то вторая и все последующие части партии запуска оказываются готовыми к обработке на последующей операции не позднее того момента, когда это требуется. Это подтверждает рис 2.8, а. Моменты начала и окончания последующей операции рассчитываются здесь по формулам:

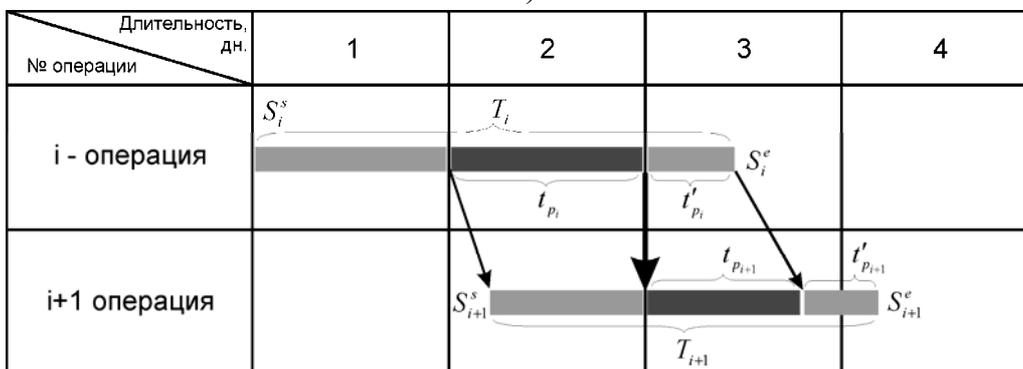
$$S_{i+1}^s = S_i^s + t_{p_i}; \quad S_{i+1}^e = S_{i+1}^s + T_{i+1}. \quad (2.24)$$



а)



б)



в)

Рис. 2.8. Случаи параллельно-последовательного движения деталей

Второй случай: время обработки передаточной партии на последующей операции меньше времени ее обработки на предыдущей. При этом время обработки последней передаточной партии на предыдущей операции больше или равно времени обработки суточного пакета на последующей операции $t_{p_{i+1}} < t_{p_i}$; $t'_{p_i} \geq t_{p_{i+1}}$ (рис. 2.8, б). Тогда лимитирующим пакетом, определяющим наиболее ранний возможный момент начала предыдущей операции, является последний пакет партии: если каждый пакет последующей партии обрабатывать сразу после его обработки на предыдущей операции, то рабочее место будет простаивать. Чтобы обработка пакетов на этой операции шла без перерывов, времена их обработки следует сдвигать. Но начало обработки последнего пакета сдвинуть во времени вперед нельзя, следовательно, обработка всех остальных пакетов должна быть приближена к нему.

Моменты начала и окончания последующей операции рассчитываются по формулам:

$$S_{i+1}^e = S_i^s + T_i + t_{p_{i+1}}; \quad S_{i+1}^s = S_{i+1}^e - T_{i+1}. \quad (2.25)$$

Третий случай: время обработки передаточной партии на последующей операции меньше времени ее обработки на предыдущей, но в отличие от второго случая, время обработки последней передаточной партии на предыдущей операции меньше времени обработки суточного пакета на последующей операции $t_{p_{i+1}} < t_{p_i}$; $t'_{p_i} < t_{p_{i+1}}$ (рис 2.8, в). Лимитирующим пакетом в этом случае является предпоследняя передаточная партия. Действительно, приблизить сроки обработки первых пакетов к сроку обработки последнего нельзя. Возникает ситуация, в которой обработка последнего пакета на последующей операции должна начинаться раньше, чем заканчивается ее обработка на предыдущей операции. Следовательно, обработка последнего пакета должна быть отодвинута на более поздний срок, а сроки обработки всех остальных пакетов должны быть приближены к сроку обработки последней передаточной партии.

Моменты начала и окончания последующей операции рассчитываются по формулам

$$S_{i+1}^e = S_i^s + T_i - t'_{p_i} + t_{p_{i+1}} + t'_{p_{i+1}}; \quad S_{i+1}^s = S_{i+1}^e - T_{i+1}. \quad (2.26)$$

Следует отметить, что последний случай в литературе не представлен, он введен и рассмотрен автором [16]; формулы для расчета времени начала и окончания операции для всех трех случаев также получены автором на основе введенного символического описания параллельно-последовательного движения.

Достоверность формул (2.18)÷(2.26) подтверждается примерами (П1.1-П1.4), отражающими варианты изготовления компонента B изделия A .

2.1.4. Примеры вариантов планирования изготовления компонентов заказа

Пример П1.1. Последовательное движение деталей (рис. 2.9).

Исходные данные:

$$n = 18; i = 1, 2, 3, 4, 5, 6;$$

$t_1=0:21:52$ ч:м:с (0.046 дн.), $t_2=1:50:24$ ч:м:с (0.230 дн.), $t_3=0:27:44$ ч:м:с (0.058 дн.), $t_5=0:32:00$ ч:м:с (0.067 дн.), $t_6=1:32:32$ ч:м:с (0.193 дн.); для 4-й операции установлено среднее время задержки партии деталей $T_4 = 0,33$ дн.

Параметры процесса:

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_5 = k_6 = 1;$$

Согласно (2.17) время выполнения 1-й операции:

$$T_1 = \text{ceiling}(18/1)0,046 = 0,82 \text{ дн.}, \text{ аналогично}$$

$$T_2 = 4,14 \text{ дн.}, T_3 = 1,04 \text{ дн.}, T_5 = 1,2 \text{ дн.}, T_6 = 3,47 \text{ дн.}$$

$$T = 0,82 + 4,14 + 1,04 + 0,33 + 1,2 + 3,47 = 11 \text{ дн.}$$

Длительность цикла изготовления компонента B – 11 дн. Достоверность расчетов подтверждается циклограммой процесса (см. рис. 2.9).

Пример П1.2. Последовательное движение деталей в сочетании с многостаночной обработкой на 2-й и 6-й операциях.

Параметры процесса:

$$n_{p1} = n_{p2} = n_{p3} = n_{p4} = n_{p5} = n_{p6} = n = 18;$$

$$k_1 = k_3 = k_5 = 1, k_2 = k_6 = 2;$$

$T_1 = 0,82$ дн., $T_3 = 1,04$ дн., $T_4 = 0,33$ дн., $T_5 = 1,2$ дн. (в соответствии с расчетами примера П1.1).

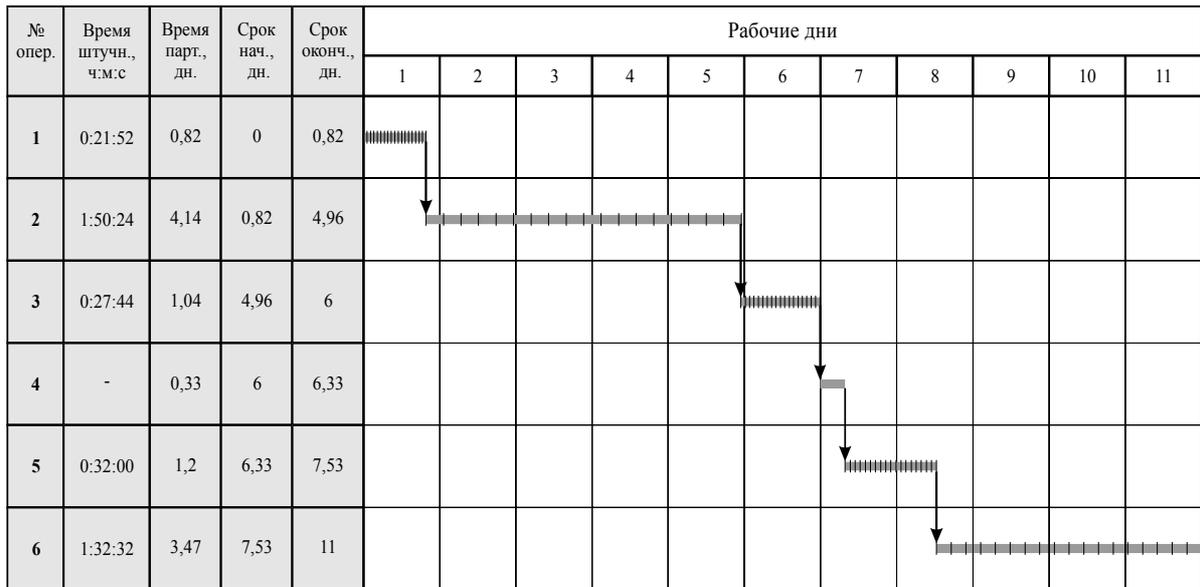


Рис. 2.9. Циклограмма к примеру П1.1

Длительность 2-й и 6-й операции, согласно (2.17):

$$T_2 = \text{ceiling}(18/2)0,230 = 2,07 \text{ дн.};$$

$$T_6 = \text{ceiling}(18/2)0,193 = 1,74 \text{ дн.}$$

$$T = 0,82 + 2,07 + 1,04 + 0,33 + 1,2 + 1,74 = 7,2 \text{ дн.}$$

Длительность цикла изготовления компонента *B* составляет 7,2 дн. Сокращение по сравнению с примером 1 составляет 3.8 дн. Достоверность расчетов подтверждается циклограммой процесса (рис. 2.10).

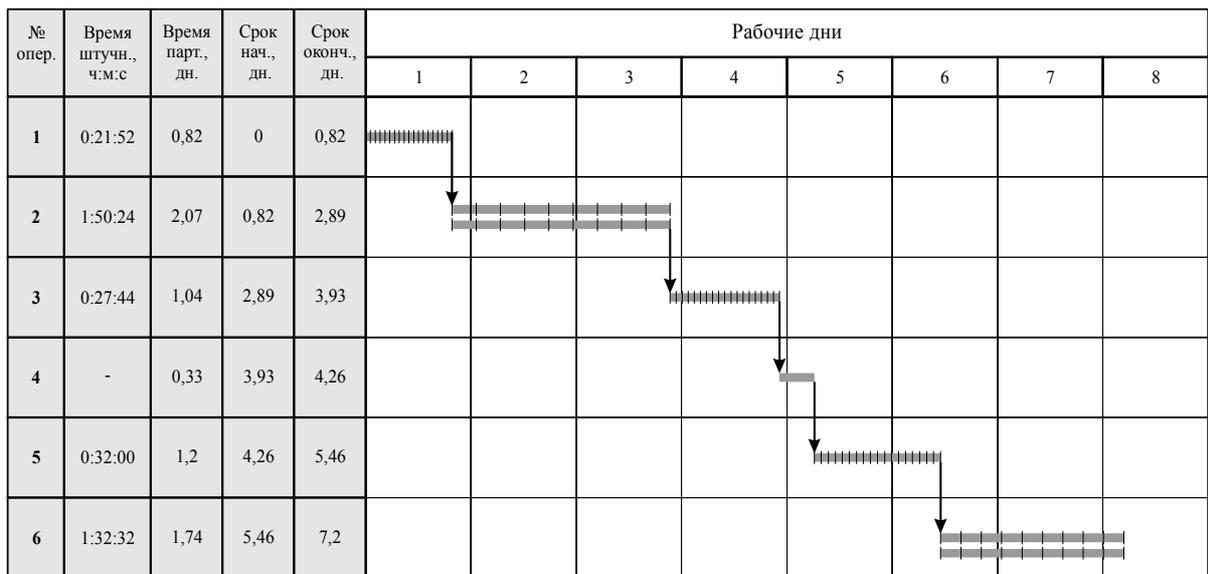


Рис 2.10. Циклограмма к примеру П1.2

Пример П1.3. Последовательное в сочетании с параллельно-последовательным на 2-ой и 5-ой операциях движение деталей.

Параметры процесса:

$$n_{p1} = n_{p3} = n_{p4} = n_{p6} = n = 18;$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_5 = k_6 = 1;$$

$$T_1 = 0,82 \text{ дн.}, T_2 = 4,14 \text{ дн.}, T_3 = 1,04 \text{ дн.}, T_4 = 0,33 \text{ дн.}, T_5 = 1,2 \text{ дн.}, T_6 = 3,47 \text{ дн.}$$

(в соответствии с расчетами примера П1.1).

Применим формулы (2.18) и (2.19) для расчета размеров передаточных партий на 2-й и 5-й операциях:

$$n_{p2} = \text{int}(1/0,23)1 = 4;$$

$$n'_{p2} = 18 - \text{int}(1/4)4 = 2;$$

$$n_{p5} = \text{int}(1/0,067)1 = 14;$$

$$n'_{p5} = 18 - \text{int}(18/14)14 = 4.$$

Время обработки передаточных партий рассчитывается по формулам (2.20) – (2.23):

– для 2-й операции:

$$t_{p2} = 4/1 \cdot 0,23 = 0,92 \text{ дн.};$$

$$t'_{p2} = \text{ceiling}(2/1)0,23 = 0,46 \text{ дн.};$$

$$t_{p_{2+1}} = \text{ceiling}(4/1)0,058 = 0,232 \text{ дн.};$$

$$t'_{p_{2+1}} = \text{ceiling}(2/1)0,058 = 0,116 \text{ дн.};$$

– для 5-й операции:

$$t_{p5} = 14/1 \cdot 0,067 = 0,938 \text{ дн.};$$

$$t'_{p5} = \text{ceiling}(4/1)0,067 = 0,268 \text{ дн.};$$

$$t_{p_{5+1}} = \text{ceiling}(14/1)0,193 = 2,702 \text{ дн.};$$

$$t'_{p_{5+1}} = \text{ceiling}(4/1)0,193 = 0,772 \text{ дн.}$$

Так как $t_{p_{2+1}} < t_{p2}$ и $t'_{p2} > t_{p_{2+1}}$, применим (2.25) для расчета моментов начала и окончания третьей операции:

$$S_{2+1}^e = 0,82 + 4,14 + 0,116 = 5,076 \approx 5,08 \text{ дн.};$$

$$S_{2+1}^s = 5,076 - 1,04 = 4,036 \approx 4,04 \text{ дн.}$$

Так как $t_{p_{5+1}} > t_{p_5}$, то моменты начала и окончания шестой операции рассчитываются по формуле (2.24):

$$S_{5+1}^s = 5,41 + 0,938 = 6,348 \approx 6,35 \text{ дн.};$$

$$S_{5+1}^e = T = 6,348 + 3,47 = 9,818 \approx 9,82 \text{ дн.}$$

Длительность цикла изготовления компонента *B* составляет 9,82 дн. Сокращение по сравнению с примером П1.1 составляет 1,18 дн. Достоверность расчетов подтверждается циклограммой процесса (рис. 2.11).

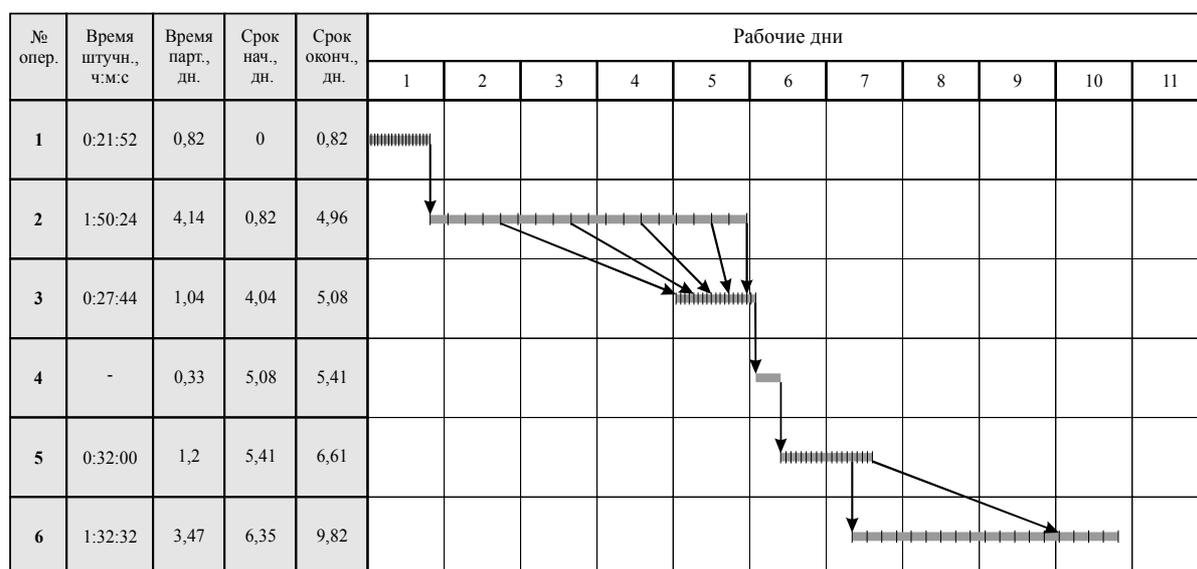


Рис. 2.11. Циклограмма к примеру П1.3

Пример П1.4. Последовательное в сочетании с параллельно-последовательным движение деталей, а также в сочетании с многостаночной обработкой.

Параметры процесса:

$$n_{p1} = n_{p3} = n_{p4} = n_{p6} = n = 18;$$

$$k_1 = k_3 = k_5 = 1, k_2 = k_6 = 2;$$

$T_1 = 0,82 \text{ дн.}, T_3 = 1,04 \text{ дн.}, T_4 = 0,33 \text{ дн.}, T_5 = 1,2 \text{ дн.}$ (в соответствии с расчетами примера П1.1);

$$T_2 = 2,07; T_6 = 1,74 \text{ (в соответствии с расчетами примера П1.2).}$$

Применим формулы (2.18) и (2.19) для расчета размеров передаточных партий на 2-й операции:

$$n_{p_2} = \text{int}(1/0,23)2 = 8;$$

$$n'_{p_2} = 18 - \text{int}(18/8)8 = 2;$$

на 5-й операции $n_{p_5} = 14$; $n'_{p_5} = 4$ (в соответствии с расчетами примера П1.2).

Время обработки передаточных партий рассчитаем по формулам (2.20) – (2.23):

– для 2-й операции:

$$t_{p_2} = 8/2 \cdot 0,23 = 0,92 \text{ дн.};$$

$$t'_{p_2} = \text{ceiling}(2/2)0,23 = 0,23 \text{ дн.};$$

$$t_{p_{2+1}} = \text{ceiling}(8/1)0,058 = 0,464 \text{ дн.};$$

$$t'_{p_{2+1}} = \text{ceiling}(2/1)0,058 = 0,116 \text{ дн.};$$

– для 5-й операции:

$$t_{p_5} = 0,938 \text{ дн.}; t'_{p_5} = 0,268 \text{ дн. (в соответствии с расчетами примера}$$

П1.3);

$$t_{p_{5+1}} = \text{ceiling}(14/2)0,193 = 1,351 \text{ дн.};$$

$$t'_{p_{5+1}} = \text{ceiling}(4/2)0,193 = 0,386 \text{ дн.}$$

Так как $t_{p_{2+1}} < t_{p_2}$ и $t'_{p_2} < t_{p_{2+1}}$, то моменты начала и окончания 3-й операции рассчитываются по формуле (2.26):

$$S_{2+1}^e = 0,82 + 2,07 - 0,23 + 0,464 + 0,116 = 3,24 \text{ дн.};$$

$$S_{2+1}^s = 3,24 - 1,04 = 2,20 \text{ дн.}$$

Так как $t_{p_{5+1}} > t_{p_5}$, то моменты начала и окончания 6-й операции рассчитываются по формуле (2.24):

$$S_{5+1}^s = 3,57 + 0,938 = 4,508 \approx 4,51 \text{ дн.};$$

$$S_{5+1}^e = T = 4,51 + 1,74 = 6,25 \text{ дн.}$$

Длительность цикла изготовления компонента *B* составляет 6,25 дн. Сокращение по сравнению с примером П1.1 составляет 4,75 дн. Достоверность расчетов подтверждается циклограммой процесса (рис. 2.12).

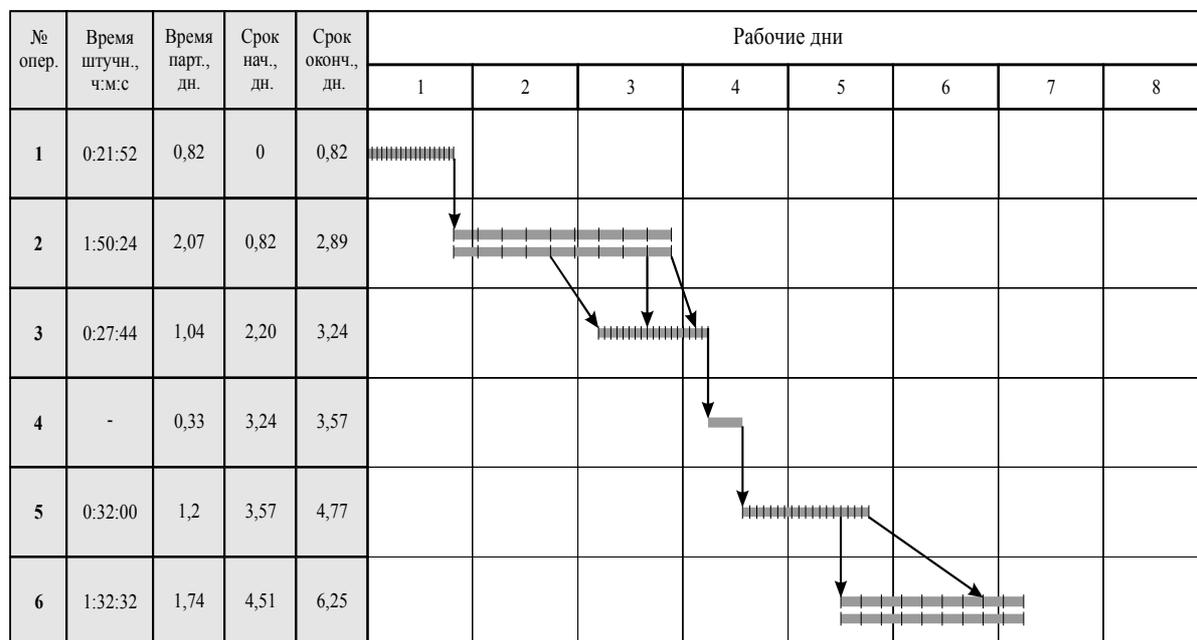


Рис. 2.12. Циклограмма к примеру П1.4

2.2. ПЛАНИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЯХ

2.2.1. Основные положения методики расчета загрузки производственных мощностей

В рыночных условиях функционирования отечественных предприятий формирование производственных планов должно выполняться с учетом наиболее эффективного использования производственных мощностей. Правильное определение потребности в производственных мощностях имеет важное экономическое значение не только для рационального использования ресурсов, но и стабилизации производства и насыщения рынка необходимыми товарами.

Согласно определению *APICS* «Планирование потребности в мощностях (*Capacity requirements planning – CRP*) – это функция установки, измерения и корректировки границ или уровней мощности. Термин *CRP* в данном контексте относится к процессу подробного определения

количества трудовых и машинных ресурсов, необходимого для выполнения производственных задач. Входными данными для *CRP* являются открытые и плановые производственные заказы *MRP*-системы, которые с использованием технологических маршрутов изделий и норм времени транслируются *CRP* в часы работы рабочих центров по периодам времени». Полный перечень исходных данных, необходимый для работы *CRP*, представлен в [12].

Процесс *CRP* включает вычисление структурированной во времени потребности в производственных мощностях для каждого рабочего центра, необходимой, чтобы произвести компоненты сборки и готовые изделия, потребность в которых отражена в плане материальных потребностей (*MRP*). Процесс *CRP* затрагивает только компоненты структуры изделия, обозначенные как производимые, и не имеет отношения к приобретаемым компонентам.

Результатом работы является так называемый «профиль загрузки», который может быть представлен в подробном и обобщенном форматах; он определяет мощности для каждого рабочего центра, необходимые для выполнения производственной программы.

Если имеющейся производительности оказывается недостаточно, чтобы удовлетворить требования *MRP*, то следует либо изменить *MRP*-потребность, сдвигая сроки изготовления отдельных изделий, либо увеличить производительность за счет сверхурочного времени, дополнительных смен, передачи части работ организациям-субподрядчикам и т.д.

Следует заметить, что стандартная система *MRP II* не предусматривает автоматической оптимизации загрузки рабочих центров. Основной ее задачей является прогнозирование и идентификация возникающих проблем с мощностями, решение которых остается за человеком. Однако в настоящее время уже существуют системы, решающие задачи управления производственными мощностями. Они получили название систем конечной загрузки. В практике управления такие системы пока не применяются, однако используются для моделирования производственных ситуаций, например, для уточнения объемно-календарного плана. Основное препятствие для их применения – недостаточная управляемость, поскольку повторить расчеты? выполненные системой конечной загрузки, и убедиться в правильности разработанного плана практически невозможно. В этих условиях возложение ответственности за выполнение плана, достоверность которого нельзя подтвердить, не вполне обосновано.

2.2.2. Формализация планирования загрузки рабочих центров

Планирование загрузки производственных мощностей в условиях ЕМП также имеет особенности и является непростой задачей. Авторами используется теория множеств для формализации данного процесса.

Рабочие центры, под которыми понимают группу однородных станков или рабочих мест в пределах производственного подразделения, формируются в настоящей работе следующим образом.

Первый этап – это инвентаризация, результатом которой является получение актуализированной информации о количественном и качественном состоянии имеющегося производственного оборудования. Представить множество единиц оборудования можно следующим образом:

$$M = \left\{ M_i \mid i = \overline{1, I^M} \right\}, \quad (2.27)$$

где I^M – количество единиц оборудования; M_i – множество, представляющее i -ю единицу оборудования:

$$M_i = (M_{i1}, M_{i2}, \dots), \quad (2.28)$$

где M_{i1} – инвентарный номер оборудования; M_{i2} – наименование оборудования.

Информации лишь о производственном оборудовании недостаточно для формирования рабочих центров. Производственное планирование в ЕМП лимитируется не только фондом времени рабочего оборудования, но также и имеющимися трудовыми ресурсами. Поэтому формирование рабочих центров следует осуществлять с учетом профессионального состава основных производственных рабочих, множество которых имеет вид

$$R = \left\{ R_i \mid i = \overline{1, I^R} \right\}, \quad (2.29)$$

где I^R – количество рабочих; R_i – множество, представляющее i -го рабочего:

$$R_i = (R_{i1}, R_{i2}, \dots), \quad (2.30)$$

где R_{i1} – табельный номер рабочего; R_{i2} – имя рабочего.

Имеющееся производственное оборудование и рабочие распределяются в группы по признакам взаимозаменяемости выполняемых работ и

принадлежности структурному подразделению, где множество подразделений можно задать множеством F :

$$F = \left\{ F_i \mid i = \overline{1, I^F} \right\}, \quad (2.31)$$

где I^F – количество подразделений; F_i – множество, представляющее i -е подразделение.

Объединенные в группы оборудование и рабочие, именуемые совместно рабочими центрами, могут быть представлены следующим образом:

$$W = \left\{ W_i \mid i = \overline{1, I^W} \right\}, \quad (2.32)$$

где I^W – количество рабочих центров; W_i – множество, представляющее i -й рабочий центр.

Тогда множество, представляющее i -е подразделение, имеет вид:

$$F_i = \left\{ F_i^A, W^{F_i} \right\}, \quad (2.33)$$

где W^{F_i} – множество рабочих центров в i -м подразделении; F_i^A – множество атрибутов i -го подразделения.

$$F_i^A = (F_{i1}^A, F_{i2}^A, \dots), \quad (2.34)$$

где F_{i1}^A – код подразделения, F_{i2}^A – наименование подразделения.

Осуществление расчета загрузки рабочих центров предполагает обязательное указание в основном технологическом документе кода рабочего центра выполнения операции обработки номенклатурной позиции. Однако в ЕМП технологический процесс разрабатывается укрупненно с указанием лишь операций обработки и основных подразделений, участвующих в изготовлении изделия (укрупненный маршрут изготовления). Оборудование, на котором будет обрабатываться номенклатурная позиция, определяется обычно в рабочем порядке, и указать его заранее в технологическом процессе, как правило, сложно.

В связи с этим в настоящей работе предлагается следующий подход. Прежде всего необходимо сформировать на предприятии справочник технологических операций. Сформировать его можно на основе общероссийского классификатора путем выделения из него тех операций, которые применяются на предприятии. Схематически это представлено на рис. 2.13, а, б, в.

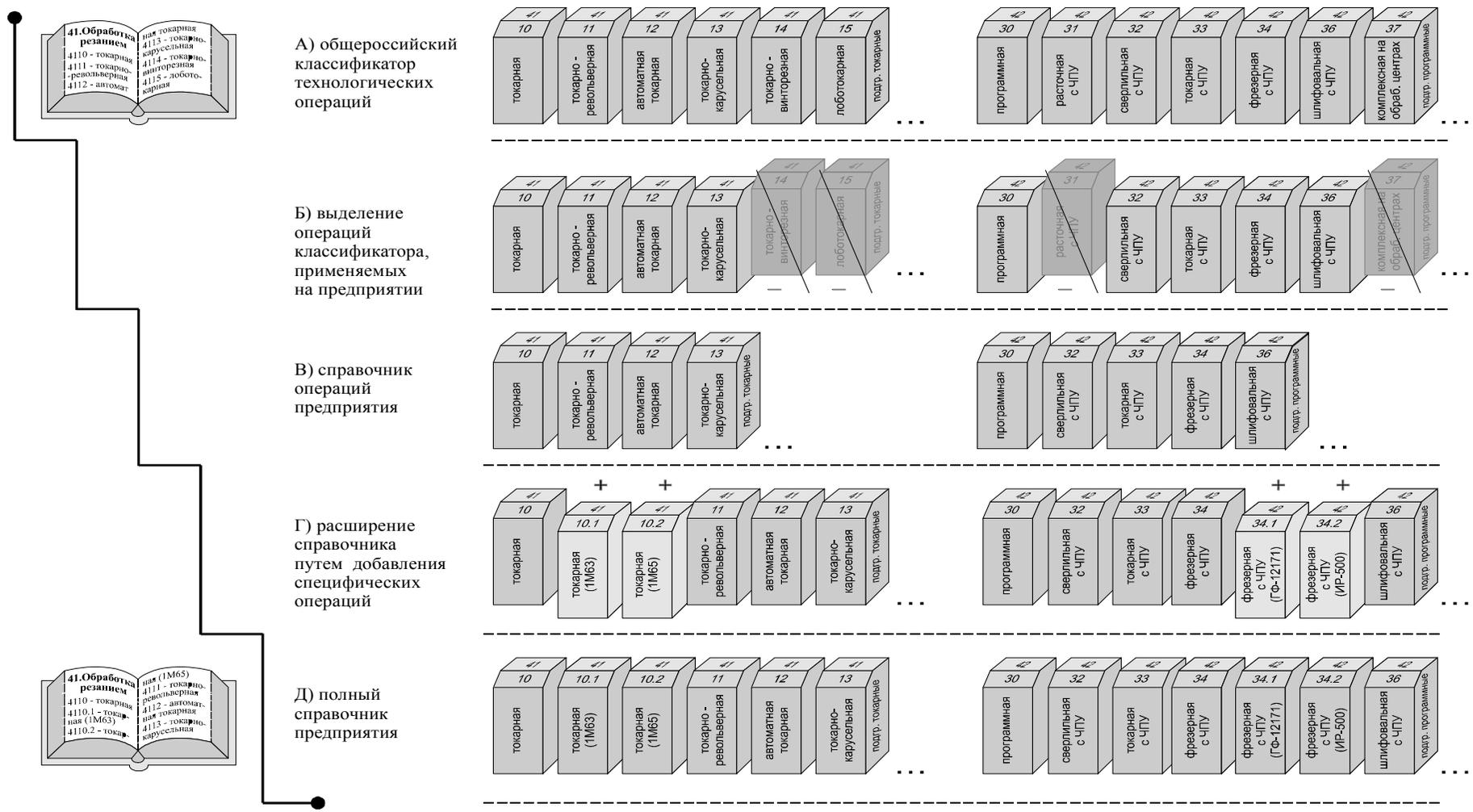


Рис. 2.13. Этапы формирования справочника технологических операций: операции представлены в виде многогранников, для каждой из которых указаны группа, подгруппа и порядковый номер местоположения в классификаторе. Знаком «+» обозначено добавление, а знаком «-» удалением операции

Далее для каждого рабочего центра необходимо определить выполняемые на нем операции, после чего, устанавливая соответствие по схеме «номенклатурная позиция – технологическая операция – рабочий центр», код рабочего центра обработки номенклатурной позиции можно будет определять по наименованию операции технологического процесса.

Очевидно, что одна и та же операция может быть выполнена на разных рабочих центрах, одинаковых с точки зрения выполняемых ими функций, но разных по расположению. В таком случае определяющую функцию должен выполнять укрупненный технологический маршрут, представляющий собой список основных подразделений, участвующих в изготовлении номенклатурной позиции. При этом подразделение, указанное первым в данном списке, считается ответственным за ее изготовление, а именно за обработку и перемещение по операциям технологического процесса вплоть до сдачи ее в комплектовочную кладовую.

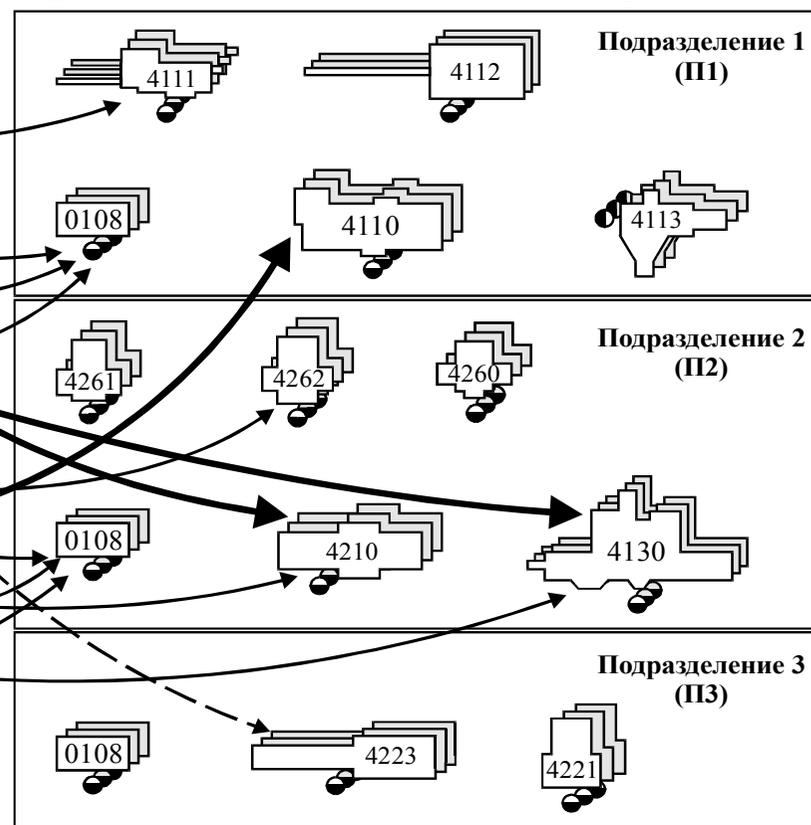
Рассмотрим условный пример, отражающий предлагаемую методику закрепления деталеопераций за рабочими центрами (рис. 2.14). Операции 10, 30, 50, 70 технологического процесса изготовления номенклатурной позиции HE1 закрепляются за рабочими центрами подразделения П1, так как данное подразделение указано первым в маршруте и является ответственным за ее изготовление. Операции 20, 60 будут выполняться согласно маршруту в подразделении П2, а операция 40 – в подразделении, где имеется соответствующий рабочий центр, т.е. в П3, что является по сути исключительной ситуацией, так как данное подразделение в маршруте не указано.

В реальном производстве всегда имеются «узкие» места, т.е. какое-то оборудование, пропускная способность которого ограничена, например, ввиду его уникальности. Чтобы контролировать ситуацию с загрузкой подобных мест, в настоящей работе предлагается расширить справочник технологических операций до уникальных, а затем закрепить введенные операции за отдельным узкоспециализированным оборудованием. Например, подгруппу «токарная» расширить следующим образом (рис. 2.13, в, з, д).

Перечень номенклатурных позиций, запланированных к изготовлению

Номенклат. единица (НЕ) / МАРШРУТ	Условный фрагмент тех. процесса		
	№ оп.	наименование	код
НЕ 1 П1, П2	10	Токарно-револьверная	4111
	20	Сверлильная	4210
	30	Слесарная	0108
	40	Координатно-расточная	4223
	50	Слесарная	0108
	60	Шлифовальная	4130
	70	Слесарная	0108
НЕ 2 П2, П1	10	Горизонтально-фрезерная	4111
	20	Слесарная	4210
	30	Токарная	0108
	40	Сверлильная	4223
	50	Слесарная	0108
	60	Шлифовальная	4130
	70	Слесарная	0108
⋮			
НЕ N			

Производственные мощности подразделений



Обозначения:

- - операция выполняется на раб. центре ответственного подразделения изготовителя (указанного первым в маршруте)
- - операция выполняется на рабочем центре соответствующего подразделения, которое указано в маршруте
- - - -> - операция может выполняться в любом подразделении, где есть подходящий рабочий центр

Рис. 2.14. Условный пример закрепления детали операций за рабочими центрами

4110.1 токарная 1М63;

4110.2 токарная 1М65.

За счет добавления операций 4110.1, 4110.2 номенклатура деталей операций производственного плана, выполняемых на узкоспециализированном оборудовании, в данном случае на станках 1М63, 1М65, ограничивается.

Руководствуясь сформулированными принципами расчета загрузки рабочих центров, введем следующие множества.

Множество технологических операций, выполняемых на предприятии:

$$O = \left\{ O_i \mid i = \overline{1, I^O} \right\}, \quad (2.35)$$

где I^O – количество операций; O_i – множество, представляющее i -ю операцию:

$$O_i = (O_{i1}, O_{i2}, \dots), \quad (2.36)$$

где O_{i1} – код технологической операции, O_{i2} – наименование операции.

Тогда множество, представляющее i -й рабочий центр, будет иметь следующий вид:

$$W_i = \left\{ W_i^A, M^{W_i}, R^{W_i}, O^{W_i} \right\}, \quad (2.37)$$

где M^{W_i} – множество единиц оборудования i -го рабочего центра; R^{W_i} – множество рабочих, закрепленных за i -м рабочим центром; O^{W_i} – множество операций, выполняемых на i -м рабочем центре, W_i^A – множество атрибутов i -го рабочего центра:

$$W_i^A = (W_{i1}^A, W_{i2}^A, \dots), \quad (2.38)$$

где W_{i1}^A – код рабочего центра; W_{i2}^A – наименование рабочего центра.

Множество номенклатурных позиций, запланированных к изготовлению:

$$P = \left\{ P_n \mid n = \overline{1, N^P} \right\}, \quad (2.39)$$

где N^P – количество номенклатурных позиций; P_n – множество, представляющее n -ю номенклатурную позицию:

$$P_n = \left\{ P_n^A, F^{P_n}, O^{P_n} \right\}, \quad (2.40)$$

где P_n^A – множество атрибутов n -й номенклатурной позиции, F^{P_n} – множество подразделений, участвующих в изготовлении номенклатурной позиции P_n (укрупненный технологический маршрут), причем $F^{P_n} \subseteq F$, O^{P_n} – множество операций изготовления номенклатурной позиции P_n , причем $O^{P_n} \subseteq O$;

$$F^{P_n} = \left\{ F_i^{P_n} \mid i = \overline{1, I^{F^{P_n}}} \right\}, \quad (2.41)$$

где $I^{F^{P_n}}$ – количество подразделений, участвующих в изготовлении номенклатурной позиции P_n ; $F_i^{P_n}$ – множество, представляющее i -е подразделение;

$$O^{P_n} = \left\{ O_i^{P_n} \mid i = \overline{1, I^{O^{P_n}}} \right\}, \quad (2.42)$$

где $I^{O^{P_n}}$ – количество операций изготовления номенклатурной позиции P_n ; $O_i^{P_n}$ – множество, представляющее i -ю технологическую операцию.

В процессе планирования загрузки производственного оборудования возможно неоднозначное закрепление очередной технологической операции, т.е. возникновение ситуации выбора одного из нескольких возможных рабочих центров, принадлежащих разным производственным подразделениям. Критериями предпочтения в этой ситуации могут быть расстояние до рабочего центра, степень загрузки, стоимость выполнения операции и др. В настоящей работе в качестве определяющего критерия принят наиболее простой – расстояние от исходного до предполагаемого рабочего центра. Для формализации данного критерия определим бинарные отношения на множестве рабочих центров W . Множество отношений H , представляющее собой подмножество декартова произведения $W \times W$, можно задать так:

$$H = \left\{ H_i \mid i = \overline{1, I^H} \right\}, \quad (2.43)$$

где H_i – множество, представляющее i -е отношение; $I^H = |H|$;

$$H_i = \left\{ h_i^l, h_i \right\}, \quad (2.44)$$

где h_i^l – расстояние между рабочими центрами, соответствующее i -му отношению; $h_i = \{W_x, W_s\}$ – кортеж декартова произведения $W \times W$, где W_x – исходный, а W_s – предполагаемый рабочие центры.

Для разработки алгоритма введем следующие функции:

– функция $f_{O_i^{P_n}}$ однозначно закрепляет за рабочим центром W_j выполнение i -й операции обработки n -й номенклатурной позиции

$$O_i^{P_n} \xrightarrow{f_{O_i^{P_n}}} W_j; \quad (2.45)$$

– функция f_{O_i} определяет множество рабочих центров W^{O_i} , на которых возможно выполнение i -й операции

$$O_i \xrightarrow{f_{O_i}} W^{O_i}, \quad (2.46)$$

где

$$W^{O_i} = \left\{ W_j^{O_i} \mid j = 1, \overline{J^{W^{O_i}}} \right\}, \quad (2.47)$$

где $W_j^{O_i}$ – множество, представляющее j -й рабочий центр, на котором возможно выполнение операции O_i ; $J^{W^{O_i}}$ – количество рабочих центров, на которых возможно выполнение i -й операции;

– функция $f_{W^{O_m}}$ устанавливает соответствие между элементами множеств рабочих центров $W_j^{O_m}$, на которых возможно выполнение операции O_m и рабочих центров W_i

$$W_j^{O_m} \xrightarrow{f_{W^{O_m}}} W_i; \quad (2.48)$$

– функция $f'_{O_i^{P_n}}$ устанавливает соответствие между элементами множеств технологических операций изготовления номенклатурной позиции O^{P_n} и технологических операций O :

$$O_i^{P_n} \xrightarrow{f'_{O_i^{P_n}}} O_j. \quad (2.49)$$

Введем переменные:

n – счетчик номенклатурных позиций;

m – счетчик технологических операций;

k – счетчик подразделений в технологическом маршруте;

\dot{z} – индекс исходного рабочего центра;

\ddot{z} – индекс предполагаемого рабочего центра;

l – значение расстояния между взаимосвязанными рабочими центрами;

t – количество рабочих центров, на которых можно выполнить операцию;

y – счетчик рабочих центров.

Алгоритм распределения операций изготовления номенклатурных позиций по рабочим центрам представлен следующим образом.

1. Установить значение счетчика номенклатурных позиций в единицу: $n = 1$.

2. Инициировать перебор номенклатурных позиций: $P_n, n = 1, \overline{|P_n|}$.

2.1. Установить значение счетчика технологических операций изготовления номенклатурной позиции, равное единице: $m = 1$; установить значение индекса исходного рабочего центра на котором выполнялась предыдущая операция, равным нулю: $\dot{z} = 0$.

2.2. Инициировать перебор технологических операций изготовления номенклатурной позиции: $O_m^{P_n}, m = 1, \overline{|O_m^{P_n}|}$.

2.2.1. Установить значение индекса предполагаемого рабочего центра, на котором предполагается выполнение очередной операции, равным нулю: $\ddot{z} = 0$; установить $l = \infty$.

2.2.2. Если имеется возможность выполнить операцию на рабочем центре ответственного подразделения (указано первым в укрупненном технологическом маршруте): $\exists F_i \in F^{P_n}, \exists W_j \in W^{F_i} : O_m^{P_n} \in O^{W_j}, F_i = F_1^{P_n}$, то перейти к шагу 2.2.14.

2.2.3. Установить значение счетчика подразделений, указанных в укрупненном технологическом маршруте, равное двум $k = 2$.

2.2.4. Инициировать перебор подразделений, указанных в укрупненном технологическом маршруте, $F_k^{P_n}, k = 2, \overline{|F_k^{P_n}|}$.

2.2.4.1. Если нет возможности выполнить операцию на рабочем центре в k -м подразделении, то есть не выполняется условие

$\exists F_i \in F^{P_n}, \exists W_j \in W^{F_i} : O_m^{P_n} \in O^{W_j}, F_i = F_k^{P_n}$, то перейти к шагу 2.2.4.4.

2.2.4.2. Если расстояние между исходным и предполагаемым рабочими центрами больше или равно значению переменной l :

$\exists H_q \in H : H_q = \{h_q^l, h_q\}, h_q = (W_{\dot{z}}, W_j), h_q^l \geq l$, то перейти к шагу 2.2.4.4.

2.2.4.3. Установить значение индекса предполагаемого рабочего центра, равным значению индекса рабочего центра очередного k -го подразделения, которое указано в технологическом маршруте: $\ddot{z} = j$; запомнить расстояние между соответствующими рабочими центрами $l = h_q^l$.

2.2.4.4. Увеличить значение счетчика подразделений, указанных в укрупненном технологическом маршруте, на единицу: $k = k + 1$.

2.2.5. Если счетчик подразделений не превышает их количество: $k \leq |F^{P_n}|$, то возвратиться к шагу 2.2.4.

2.2.6. Если значение индекса предполагаемого рабочего центра не равно нулю $\ddot{z} \neq 0$, то перейти к шагу 2.2.11.

2.2.7. Определить количество рабочих центров t , на которых возможно выполнение операции $O_m^{P_n} : O_b = f_{O_m^{P_n}}; W^{O_b} = f_{O_b}; t = |W^{O_b}|$.

2.2.8. Установить значение счетчика рабочих центров, на которых возможно выполнение операции, равным единице: $y = 1$.

2.2.9. Инициировать перебор рабочих центров, на которых возможно выполнение операции $W_y^{O_b}, y = \overline{1, t}$.

2.2.9.1. Если расстояние между исходным и предполагаемым рабочими центрами больше или равно значению переменной l

$\exists H_q \in H : H_q = \{h_q^l, h_q\}, h_q = (W_{\dot{z}}, W_s), W_s = f_{W^{O_b}}, h_q^l \geq l$, то перейти к шагу

2.2.9.3.

2.2.9.2. Установить значение индекса предполагаемого рабочего центра, равным индексу очередного рабочего центра, на котором возможно выполнение операции $\ddot{z} = s$; запомнить значение расстояния между соответствующими рабочими центрами $l = h_q^l$.

2.2.9.3. Увеличить значение счетчика рабочих центров, на которых возможно выполнение операции, на единицу $y = y + 1$.

2.2.10. Если значение счетчика рабочих центров, на которых возможно выполнение операции, не превышает их количество $y \leq t$, то перейти к шагу 2.2.9.

2.2.11. Закрепить выполнение операции за рабочим центром с индексом \ddot{z} : $f_{O_m^{P_n}} = W_{\ddot{z}}$.

2.2.12. Приравнять значение индекса исходного рабочего центра, равное значению индекса предполагаемого рабочего центра: $\dot{z} = \ddot{z}$.

2.2.13. Перейти к шагу 2.2.16.

2.2.14. Закрепить выполнение операции за рабочим центром ответственного подразделения-изготовителя, установив соответствие: $f_{O_m^{P_n}} = W_j$.

2.2.15. Установить значение индекса исходного рабочего центра равным индексу рабочего центра, за которым закреплено выполнение текущей операции $\dot{z} = j$.

2.2.16. Увеличить значение счетчика технологических операций изготовления ткущей номенклатурной позиции на единицу $m = m + 1$.

2.3. Если значение счетчика технологических операций не превышает их количество $m \leq |O^{P_n}|$, то возвратиться к шагу 2.2.

2.4. Увеличить значение счетчика номенклатурных позиций на единицу $n = n + 1$.

3. Если значение счетчика номенклатурных позиций не превышает их количество $n \leq |P|$, то перейти к шагу 2.

4. Завершить работу.

Предложенный в настоящей работе теоретико-множественный подход и основанные на нем методики формирования рабочих центров и планирования потребности в производственных мощностях отвечают специфике функционирования единичного и мелкосерийного производства, способствуют более эффективному использованию ресурсов предприятия, получению им дополнительной прибыли и росту уровня рентабельности. Эффективность предлагаемого алгоритма закрепления детали операций за рабочими центрами подтверждают расчеты в условиях реального производства.

2.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ШТРИХ-КОДИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УЧЕТА

Выполнение функций производственного планирования возможно только при наличии на предприятии эффективной системы оперативного учета. Предлагаемый в настоящей работе подход к организации учета связан с использованием технологии штрих-кодирования, уже получившей широкое распространение в сфере торговли, чего нельзя сказать о производственном предприятии.

Одним из этапов запуска изделий в производство традиционно является выпуск комплекта маршрутных карт (маршрутных паспортов, сопроводительных паспортов). Маршрутный паспорт открывается на каждую вновь запускаемую в производство партию деталей. Все изменения, происходящие с деталями в процессе их изготовления, отражаются в данном документе.

Маршрутный паспорт сопровождает партию деталей с начала запуска в производство заготовки и в процессе перехода ее из цеха в цех вплоть до сдачи их в комплектовочную кладовую. Все основные стадии, которые проходит партия ДСЕ (получение заготовки, комплектация, выдача в сборку, окончательное изготовление), фиксируются в отрывных документах (приемо-сдаточных накладных), они направляются с определенной периодичностью в ПДО для машинной регистрации. Для этих целей в накладные изначально включается информация, полностью идентифицирующая партию ДСЕ в производстве: номер ведомости запуска, номер позиции номенклатурной единицы в этом запуске и номер партии.

Массив информации, который приходится заносить оператору в ЭВМ, исчисляется десятками тысяч записей в год, что характеризует данную работу как трудоемкую и однообразную. Помимо трудоемкости выполняемой работы ввод информации «с клавиатуры» сопровождается многочисленными ошибками, которые могут серьезно исказить действительную картину состояния производства. По статистике одна ошибка происходит на каждые 300 нажатий клавиш. Это означает, что, к примеру, при вводе десятизначного цифрового кода оператор неверно определяет состояние каждой тридцатой ДСЕ.

Повысить надежность позволяет нанесение идентифицирующей информации (номера заказа, номера позиции заказа, номера партии) в виде штрих-кодов; образец паспорта со штрих-кодом представлен на рис. 2.15.

Форма СП1

ДАТА _____ Сопроводительный паспорт детали № 4444600590 Срок изготовления: 13.01.04

ИЗДЕЛИЕ АКР-016.0100.00 Отдел 02 Участок 32		ВМ № 44446 ПОЗИЦИЯ № 600 И/з № 44268 Партия №	Лист _____ Листов _____	
Количество 72	Обозначение по чертежу, наименование АКР-016.0121.05 КОРПУС		Выявлено от брака (расход)	Дата Кол. Номер паспорта Разряд, Ст. мастер
Доп. технол. образцы		Доп. технол. требования		
Материал Замена	Документ на поставку (ГОСТ, ОСТ, ТУ) ПРУТОК АК8. КР. 80 ГОСТ 21488-97		Сортамент/размеры/кол. заг./вес, кг КРУГ 80 L=113 72 ЗАГ. КОЛ. МАТ. 124.14 КГ.	
	Отклонения от тех. требований		Нач. подр. 37	
Протокол исслед. №		Плавка №		Регистр. № паспорта
Материал выдан		Кол. заг.	Дата	Подпись кладовщика
На замену		Кол. подр.	Дата	Подпись
		К0		
		01		
		02		
		03		
		04		
		05		
		06		
		07		
		08		
		09		
		10		
		11		
		12		
		13		
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
		19		
		20		
		21		
		22		
		23		
		24		
		25		
		26		
		27		
		28		
		29		
		30		
		31		
		32		
		33		
		34		
		35		
		36		
		37		
		38		
		39		
		40		
		41		
		42		
		43		
		44		
		45		
		46		
		47		
		48		
		49		
		50		
		51		
		52		
		53		
		54		
		55		
		56		
		57		
		58		
		59		
		60		
		61		
		62		
		63		
		64		
		65		
		66		
		67		
		68		
		69		
		70		
		71		
		72		
		73		
		74		
		75		
		76		
		77		
		78		
		79		
		80		
		81		
		82		
		83		
		84		
		85		
		86		
		87		
		88		
		89		
		90		
		91		
		92		
		93		
		94		
		95		
		96		
		97		
		98		
		99		
		100		

Сведения о расходе деталей

Дата	Кол.	Номер СП сборки	Дата	Кол.	Номер СП сборки	Дата	Кол.	Номер СП сборки	Контроль деталей, 2% от партии
	72	2249300540							

Работу выполнили и предъявили:

Сер. №	Номер оп.	Наименование операции	Фамилия, Имя	Таб. №	Контроль первой детали, подпись	Пер. лист, дата	Нормативы изготовления:		Принят, детали	Кемку провели: контролер, подпись, дата, штамп	Отметка о допуске деталей с несоответствиями КД
							Перед партией/колич. раб. мест	Планов. срок нач. выполн.			
	5	ОТРЕЗНАЯ					72/1	03.11.03			
	10	ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБ.					72/	04.11.03			
	15	ФРЕЗЕРНАЯ					44/4	07.11.03			
	20	ФРЕЗЕРНАЯ С ЧПУ					72/2	11.11.03			
	25	ОБРАБ.									
	30	ФРЕЗЕРНАЯ С ЧПУ					6/2	26.11.03			
	35	ТОКАРНАЯ					29/1	09.12.03			
	40	СЛЕСАРНАЯ					29/1	11.12.03			
	45	ФРЕЗЕРНАЯ С ЧПУ					4/2	15.12.03			
	50	СЛЕСАРНАЯ					38/1	01.01.04			
	55	ФРЕЗЕРНАЯ					40/4	06.01.04			
	60	СЛЕСАРНАЯ					72/3	08.01.04			
	65	ПРОМЫВКА					72/	13.01.04			
	75	ПОЛУЧЕНИЕ ПОКРЫТ.					72/	13.01.04			

ПРИЕМО-СДАТОЧНАЯ НАКЛАДНАЯ

ВМ №/ПОЗ. №	Изделие/Обозначение по чертежу	Кол.	Подр.	Разрешил	Сдал	Принял
44446	АКР-016.0100.00	72	Дата			
600	АКР-016.0121.05 КОРПУС		Подпись			



4 4 4 4 6 0 0 6 0 0

ПРИЕМО-СДАТОЧНАЯ НАКЛАДНАЯ

ВМ №/ПОЗ. №	Изделие/Обозначение по чертежу	Кол.	Подр.	Разрешил	Сдал	Принял
44446	АКР-016.0100.00	72	Дата			
600	АКР-016.0121.05 КОРПУС		Подпись			

4444600600

Рис. 2.15. Форма сопроводительного паспорта на деталь

Штрих-код состоит из серии параллельных, расположенных рядом штрихов и промежутков между ними. Ширина штрихов используется для кодирования данных в символы. Считывание информации осуществляется специальным сканирующим устройством, которое восстанавливает закодированные данные в формате, воспринимаемом программным обеспечением. Технология штрих-кодирования позволяет собирать данные автоматически быстро и точно.

Простота внедрения, надежность и эффективность являются основными достоинствами данной технологии.

Вероятность появления ошибки существенно ниже, чем при ручном вводе. Только одна из сотен тысяч записей будет введена неверно. Даже частичное разрушение изображения штрих-кода, происходящее из-за небрежного обращения с документацией в производственных условиях, практически не отражается на качестве распознавания кода. Об этом свидетельствует двухлетний опыт использования данной технологии в КБ «Арматура» (г. Ковров); эффективность технологии штрих-кодирования подтверждается также расчетами.

Выше рассматривалась система поддетального учета изготовления ДСЕ. В данном разделе исследуется также использование технологии штрих-кодирования в пооперационном учете. Имея полный технологический процесс перед началом запуска партии деталей, можно было бы предусмотреть включение штрих-кодов в отрывные талоны маршрутного паспорта. Процесс идентификации позволял бы в этом случае определить точное местонахождение детали за счет включения в структуру штрих-кода номера операции. Однако в реальных условиях ЕМП сроки запуска намеренно форсируются, дабы сократить время на подготовку производства, и потому доработка технологического процесса осуществляется одновременно с работой заготовительного участка по данному заказу. Именно отсутствие необходимой информации перед началом запуска партии деталей делает неприемлемым данный вариант.

Поэтому рациональным представляется использование рабочих нарядов для организации системы пооперационного учета (рис 2.16). Традиционное ручное заполнение карточки наряда может быть заменено автоматизированной печатью с нанесением штрих-кода, которая должна осуществляться непосредственно перед выдачей деталей на очередную операцию. К этому времени, как правило, уже имеется полная информация о

технологическом процессе. Любые же ее изменения, проводимые в рабочем порядке и обусловленные характером ЕМП, должны сопровождаться обязательной корректировкой электронного представления как самого технологического процесса, так и трудовых нормативов по его операциям.

НАРЯД НА СДЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ Дата 12.04.01 Подр. 32 № докум. 733

Таб. № 17096 Ф. И. О. СЕРГЕЕВ В. А. Призн. премир. 99 *2150000010

Шифр. затрат 7325201 Мастер смены (шифр) КАТКОВ М. Ю. (09)

Наименование работ МРУ-001.0100.01 ОСНОВАНИЕ

Особые отметки _____

№ ВМ	№ поз. в ВМ	Номер операции	Вид опл.	% опл.	Норма на ед.		Расценка на ед.		Кол. к оплате, шт.	Факт. вр.		Разр. раб.
					час.	мин.	руб.	коп.		час.	мин.	
21500	10	130	183		2	20	18	454	22			4

Урочно			Количество годных прописью		Выдано на обраб. Шт.			
	дата	время			22			
нач. раб.			Подп. и печать ОТК		Не обработано			
кон. раб.					Брак			
					исправл.	неисправ.		
					не по вине раб.	по вине раб.	не по вине раб.	по вине раб.

Мастер _____

Распред _____

Нормир. _____

Рис. 2.16. Наряд на сдельные работы

Включение в структуру штрих-кода номера заказа, номера позиции заказа, номера партии и операции позволит надежно идентифицировать местонахождение деталей на любой стадии их изготовления, а сканирование рабочих нарядов непосредственно после окончания каждой операции позволит менеджменту получать объективную картину состояния производства в режиме реального времени.

Реализация предлагаемых мероприятий по реализации управленческого оперативного учета в ЕМП позволит организовать эффективное выполнение функции оперативного учета, что, в свою очередь, в значительной мере отразится на корректности выполнения плановых процедур и, в конечном счете, эффективности функционирования всей системы внутрифирменного оперативно-производственного планирования.

2.4. СХЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗА В СИСТЕМЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

При проведении календарно-плановых расчетов изготовления изделий единичного производства проявляется противоречие между требованием максимального сокращения процесса их изготовления и объемом работ по инженерному обеспечению заказа (разработка конструкторско-технологической документации, нормативов и норм для планирования и организации производства). Обеспечить полную разработку нормативов затрат трудовых и других ресурсов для каждого заказа на стадии формирования планов в мелкосерийном производстве практически невозможно. Попытка охватить все типоразмеры изготавливаемых изделий индивидуальными календарно-плановыми нормативами вызывает неоправданную задержку сроков производства или приводит к тому, что большинство нормативов к моменту завершения их разработки становятся ненужными, так как изготовление изделий их опережает.

В связи с этим в производстве часто возникают ситуации, связанные либо с отставанием изготовления отдельных ДСЕ, либо с опережением изготовления менее приоритетных в данный момент компонентов заказа. И в том, и в другом случае может произойти срыв сроков поставки продукции либо увеличение общей ДПЦ. Повысить эффективность планирования и управления изготовлением сложных заказов единичного типа в настоящей работе предлагается за счет использования документа, содержащего представление производственного заказа в виде графической схемы и выполняющего функцию информационной поддержки на этапе его выполнения.

Графические средства представления информации обладают следующими преимуществами: наглядно отображают состояние и ход производства, структуру и связи, позволяя сопоставлять ряд показателей (явлений) одновременно и делать соответствующие выводы. Наглядность основана на свойстве синоптичности, т.е. быстрой читаемости, обзримости или улавливания взаимосвязи показателей с первого взгляда. Графики можно читать быстро и во всех направлениях (слева направо, сверху вниз, по диагонали, с разложением на части и в целом). Они также обладают широким обзором. Эти преимущества, несмотря на условность представления о событиях, явлениях и связях, определяют целесообразность применения графических средств в управлении единичным и мелкосерийным

производством. Ниже представлены примеры эффективного применения графических схем.

Пример П2.1. Схематическое представление информации используется на стадии конструкторской подготовки производства при разработке схем деления изделия на составные части. Выполнение схем деления изделия регламентируется государственным стандартом (ГОСТ 2.711–82).

Схема деления изделия – это конструкторский документ, определяющий состав изделия, его составных частей, их назначение и взаимосвязь. Схему разрабатывают для изделий (составных частей изделия), на которые имеются тактико-техническое задание или техническое задание заказчика (рис. 2.17).

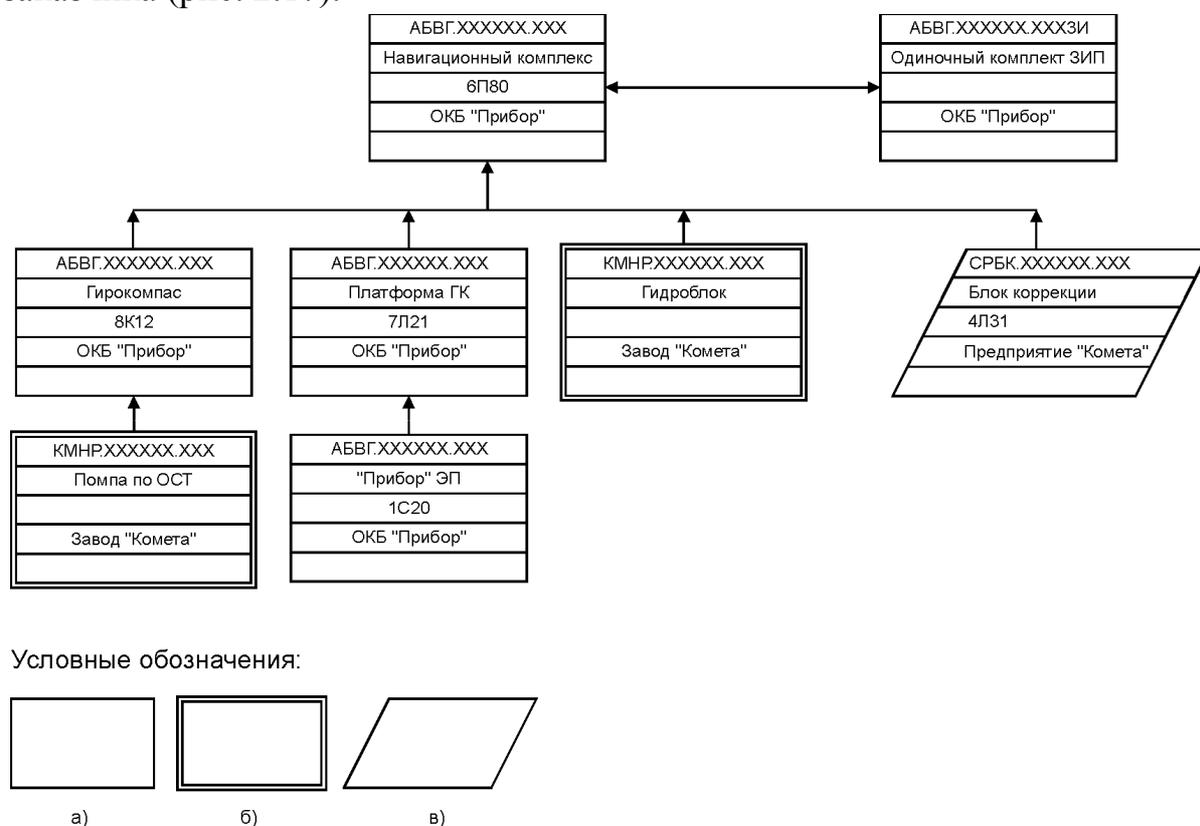


Рис. 2.17. Пример схемы деления изделия на составные части: а – вновь разработанные изделия и составные части; б – заимствованные изделия; в – покупные изделия

На схеме приводится состав изделия – комплексы, сборочные единицы, детали, входящие в изделие, как вновь разработанные, так и заимствованные и покупные. При этом указывают: обозначение изделия и его составных частей; наименование изделия и его составных частей; индексы, присвоенные заказчиком изделию и составным частям.

Пример П2.2. Схематические представления используются в сборочном процессе, на начальном этапе которого составляются технологические схемы, представляющие собой графическое изображение последовательности сборки и основных сведений о слесарно-сборочных операциях (рис. 2.18).

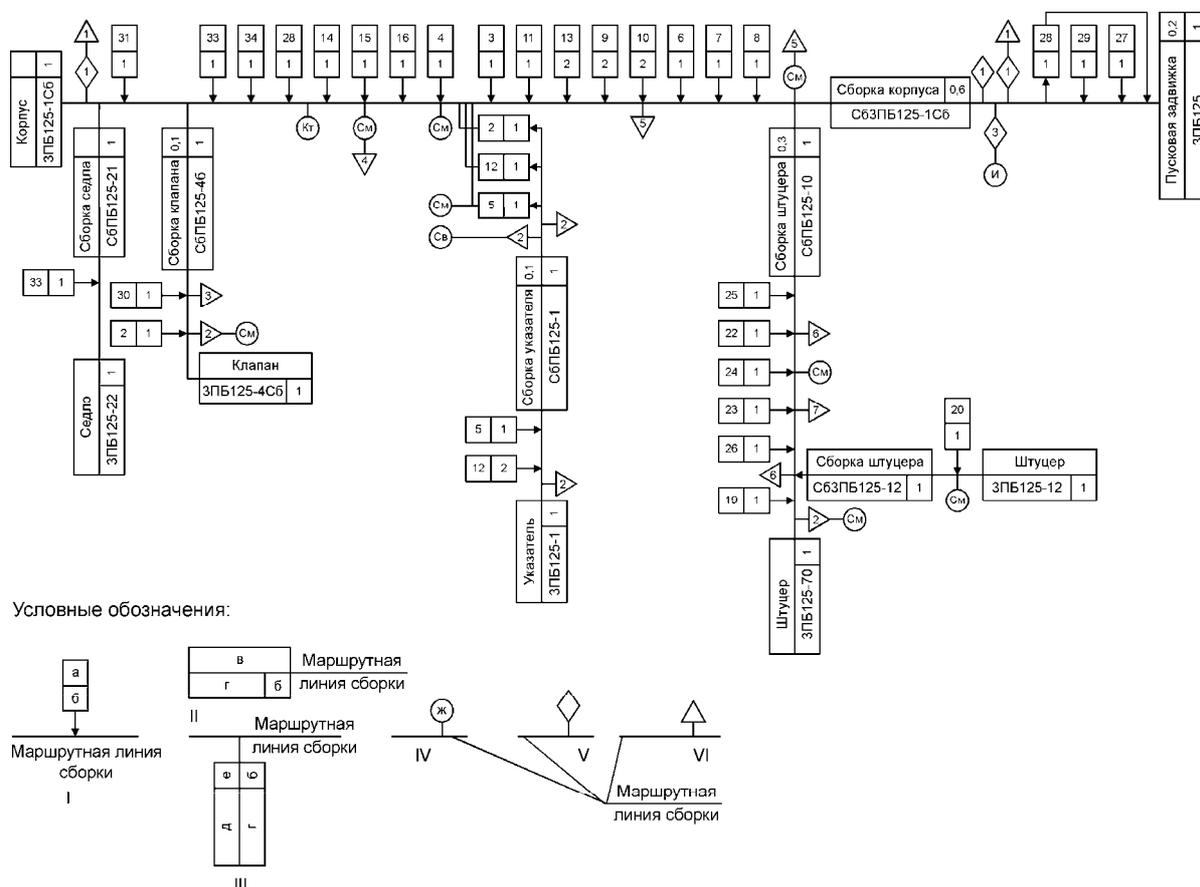


Рис. 2.18. Пример технологической сборки изделия: I – деталь; II – базовая деталь; III – сборочная единица; IV – операция; V – оборудование; VI – оснастка и инструмент; а – порядковый номер детали по спецификации чертежа собираемой сборочной единицы; б – число деталей или сборочных единиц; в – наименование деталей; г – обозначение чертежа; д – наименование сборочной единицы; е – трудоемкость сборочной операции; ж – сокращенное обозначение наименования операции

В сочетании с технологическими инструкциями по проведению типовых слесарно-сборочных операций технологические сборки часто заменяют технологические карты. Детали и сборочные единицы обозначаются прямоугольниками, операции сборки – стрелками, связывающими их с маршрутной линией сборки. При этом детали располагаются слева, а

сборки – справа от маршрутной линии сборки. Принимая направление маршрутной линии от базовой детали к готовому изделию, определяют очередность присоединения компонентов. Параллельность маршрутных линий обозначает возможность параллельной сборки отдельных сборочных единиц. Вид слесарно-сборочной операции, а также применяемые при этом оборудование, оснастка и инструмент указывают условными обозначениями, внутри которых проставляют буквенные обозначения операций и порядковый номер оснащения по спецификации технологической схемы.

Принципами их построения можно воспользоваться при определении требований схематического представления производственного заказа. Основные требования сформулированы следующим образом:

- схему производственного заказа целесообразно использовать в условиях мелкосерийного и единичного производства конструктивно сложных изделий или заказов, сопоставимых с годовой мощностью предприятия;
- схема должна выполнять функцию информационной поддержки оперативного управления основным производством;
- основное место на схеме должен занимать структурный состав производственного заказа;
- для каждой структурной единицы на схеме должна присутствовать информация, полностью идентифицирующая ее в производстве, а также ее текущее состояние;
- схема должна формироваться полностью автоматизированным способом, оперативно по запросу потенциального пользователя;
- схема должна быть понятной и удобной в использовании.

В настоящее время подобный документ используется в КБ «Арматура» филиала ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (г. Ковров). Основные этапы формирования описанной схемы производственного заказа на данном предприятии являются следующими.

Первоначально составляемые на предприятии схемы не имели статуса полноценного производственного документа, изготавливались вручную и содержали в сгруппированном виде лишь указания о том, какие структурные блоки производственного заказа по какой документации были заказаны. Однако данные схемы, хотя и формировались на достаточно примитивном уровне, все же имели большое значение для организации выполнения крупномасштабных заказов в намеченные сроки.

Следующим вариантом схематического представления заказа стало изображение его в виде цепочки взаимосвязанных таблиц, каждая из которых включала список номенклатурных единиц заказа, находящихся на определенном уровне входимости (рис. 2.19).

ВМЗ	ПОЗ.	ТИП	УЧ.	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	КОМПЛ.	СБОРКА	ИСПЫТ.	КОЛ.
22198	0		34	АВ-053	ВЕНТИЛЬ ЗАПОРНЫЙ				32(32)

СХЕМА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ
АВ-053
ВЕНТИЛЬ ЗАПОРНЫЙ
ВМЗ №22198

ВМЗ	ПОЗ.	ТИП	УЧ.	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	КОМПЛ.	СБОРКА	ИСПЫТ.	КОЛ.
					КЛАПАН				32(32)
					КОЛПАК				32(32)
					МАХОВИК				32(32)
					СИЛЬФОН В СБОРЕ				32(32)
					БОЛТ				32(32)
					ВИНТ М6-6г*8,23.05X16НМБ, 11 ГО				32(32)
					ВКЛАДЫШ				64(64)
					ГАЙКА М8-ВН,23.09X16НМБ, 11				32(32)
					ГАЙКА НАКИДНАЯ				32(32)
					КОЛЬЦО СТ 20*11*2,5 ГОСТ 288-7				32(32)
					КОРПУС				32(32)
					КРЫШКА К1 М30*1,5-К-1 ГОСТ 2				64(76)
					ПРОМБА 1-6-В-АД1М ГОСТ 1467				64(76)
					ПРОКЛАДКА				32(32)
					ПРОКЛАДКА				32(32)
					ПРОКЛАДКА				32(32)
					ПЯТА				32(32)
					ШАЙБА С.8.21 ГОСТ 11371-78				32(32)
					ШТОК				32(32)

ВМЗ	ПОЗ.	ТИП	УЧ.	ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	КОМПЛ.	СБОРКА	ИСПЫТ.	КОЛ.
22198	200	Д	39	АВ-054.2-1	ВКЛАДЫШ				32(38)
22198	240	Д	ЧПУ	АВ-053.5	ВТУЛКА				32(32)
22198	260	Д	ЧПУ	АВ-053.7	ВТУЛКА				32(32)
22198	250	Д	39	АВ-053.6	ГАЙКА				32(32)
22198	180	Д	39	ЮМИГ.713161.001	ГАЙКА				32(38)
22198	210	Д	39	АВ-053.3	КЛАПАН				32(32)
22198	170	Д	39	АВ-053.1	КОЛПАК				32(32)
22198	220	Д	32	АВ-053.4	КОЛЬЦЮ				32(32)
22198	300	Д	РПИ	АВ-054.СБ2.МТ	МАТЕРИАЛ ДЛЯ АВ-054.СБ2				32(38)
22198	190	Д	39	АВ-053.18	ШТИФТ				32(32)
22198	270	П	34	3695721181	СИЛЬФОН 21-10-0.18-1 ГОСТ 2238				32(38)

Рис. 2.19. Пример представления схемы заказа в виде цепочки таблиц

Последовательное разворачивание таблиц в пространстве при таком варианте представления схемы позволяет в ячейках пересечения строк взаимосвязанных таблиц указывать число промежуточных деталейсборочных единиц, входящих в сборку вышестоящего уровня. Неоднократно применяемые детали и сборочные единицы включаются в схему только один раз с многократным количественным указанием принадлежности, что является преимуществом подобного представления схемы. Данный вариант представления заказа удобен при высокой взаимной применяемости

деталей и сборочных единиц. К недостаткам можно отнести достаточно слабую наглядность схемы.

Необходимо заметить, что в КБ с опытным заводом к настоящему времени окончательно сформировалась система запуска и учета производственных заказов. Представленный в электронном виде производственный заказ позволяет отслеживать его изготовление на стадиях технологического процесса. Подробно система запуска производственных заказов изложена в работе [16].

Наиболее удачным с точки зрения зрительного восприятия стал вариант представления схемы сборки и комплектации заказа в виде дерева (рис. 2.20).

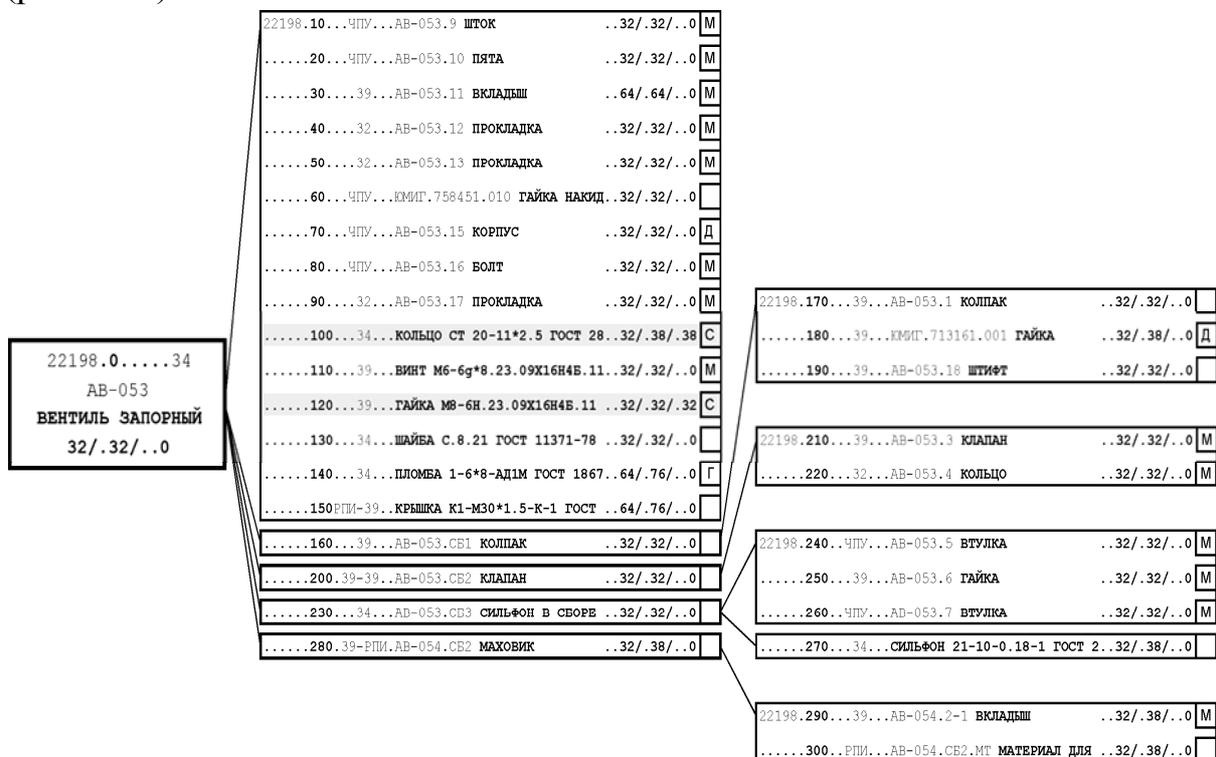


Рис. 2.20. «Дерево» заказа

Каждая ДСЕ заказа представлена на схеме в виде информационной строки, которая содержит следующую информацию:

- документ и номер позиции в нем, по которому заказана ДСЕ;
- обозначение и наименование ДСЕ из конструкторской документации; ответственные участки-изготовители ДСЕ;
- количество ДСЕ, необходимое для комплектации родительской сборочной единицы;
- полное количество ДСЕ на заказ;

- изготовленное к настоящему времени количество ДСЕ;
- условное обозначение текущего состояния ДСЕ.

Информация о состоянии ДСЕ в производственном процессе отмечается на схеме следующими условными обозначениями: Д – позиция находится в дефиците; М – выдан материал для изготовления данной позиции; Г – позиция изготовлена; С – позиция выдана в сборку вышестоящей по уровню входящей сборочной единицы.

Документ формируется полностью автоматизированным способом с использованием СОМ-технологии [1, 2]. Сформированная схема выводится в стандартное офисное приложение – MS Excel.

Выделение на схеме сборочных единиц и покупных комплектующих, группировка деталей собственного изготовления, а также рациональное оформление позволили существенно увеличить наглядность формируемой схемы.

Недостатком подобного представления схемы является существенное разрастание ее в размерах с увеличением структуры производственного заказа, что затрудняет использование документа в реальных условиях производства. Данный недостаток был практически полностью автором устранен, когда было принято решение придерживаться определенного формата при формировании документа. Отдельные фрагменты структуры заказа выносятся на отдельные листы при минимальном участии оператора.

Следует заметить, что не всегда требуется показывать на схеме полную структуру заказа. При ограничении содержания схемы компонентами заказа, имеющими наиболее важное значение, размеры ее значительно сокращаются. Например, уменьшение схемы достигается на 10 – 15 % только за счет исключения из нее метизных изделий.

Схема производственного заказа может использоваться в двух форматах: в виде электронного представления и бумажного документа. В обоих случаях требуется предусмотреть механизм обратной связи, позволяющий в режиме реального времени отображать изменение состояния изготовления составляющих заказа. Конечно, можно проводить ежедневные изменения и при использовании бумажных документов (например на основе накладных о сдаче ДСЕ производственными подразделениями), но более эффективным является построение динамической связи между электронной схемой заказа и базой данных. Электронное представление древовидной структуры заказа позволит оперативно получать информацию и соответственно эффективнее координировать работу по его выполнению.

Следует подчеркнуть, что предложенный в работе подход не отвергает современных методологий информационной поддержки оперативного управления. Более того, он может стать их дополнением, позволяющим наглядно представлять состояние производственного процесса, способствуя более эффективному планированию и управлению на этапе комплектации и сборки заказа в мелкосерийном многономенклатурном производстве.

Вопросы для самоконтроля

1. Как обосновать использование стандарта управления *MRP II* в качестве методологической основы совершенствования ОПП в ЕМП?
2. Как можно учесть в методике планирования процесса изготовления производственного заказа особенности запуска всех потребных ДСЕ единой партией, при котором изготавливаемое количество ДСЕ покрывает потребности в них для всех сборочных единиц заказа, в которых они применяются?
3. Как можно использовать теорию множеств в качестве основы формализации планирования потребности в материалах?
4. Как можно обосновать применение принципа Парето для сокращения цикла изготовления заказа в ЕМП?
5. Что дает для сокращения ДПЦ трудоемких компонентов заказа метод расщепления партии деталей?
6. Как может быть использовано параллельно-последовательное движение деталей по операциям технологического процесса для сокращения ДПЦ?
7. В чем состоит сущность методики формирования рабочих центров?
8. Как строится методика планирования потребности в производственных мощностях в условиях ЕМП?
9. Каковы особенности использования теории множеств при решении задачи закрепления деталиопераций за рабочими центрами?
10. Как можно применить технологию штрих-кодирования для организации поддетального и пооперационного оперативного учета изготовления заказов?
11. Что дает использование графических средств для планирования и управления единичным производством?

Заключение

Повышение экономической эффективности производства для отечественных машиностроительных предприятий является проблемой исключительной важности. Поэтому использование всех средств, доступных в данном направлении, имеет большое значение. Одним из основных путей повышения эффективности производства в условиях действующих рыночных отношений является совершенствование системы внутрифирменного ОПП.

В настоящей работе сформированы теоретические и методические основы повышения эффективности ЕМП применительно к условиям работы отечественных предприятий, сформулированы новый подход и основанная на нем методика ОПП, позволяющие на единой методологической и информационной основе выполнять функции оперативного планирования и учета. Проанализировано влияние основных факторов, обуславливающих экономическую эффективность совершенствования ОПП.

Эффективное использование известных систем ОПП в условиях ЕМП затруднено отсутствием на этапе запуска изделий в производство подробно разрабатываемых технологических процессов, маршрутов изготовления и пооперационных трудовых нормативов. Кроме того, ни одна из известных систем ОПП не предлагает инструментов контроля состояния изготовления опытных изделий в условиях практически полного отсутствия нормативно-справочной информации. Наиболее перспективным для этих целей признается международный стандарт управления *MRP II*. Однако эффективность его применения в условиях ЕМП напрямую зависит от возможности восполнения недостающей нормативно-справочной информации и адаптации существующих методов планирования к условиям рассматриваемых типов производства. В работе представлены результаты исследования стандарта управления *MRP II* как методологической основы совершенствования системы ОПП в ЕМП. В результате обоснована необходимость и определены пути совершенствования ОПП в ЕМП.

Разработанная методика сокращения ДПЦ производственного заказа путем сокращения цикла изготовления трудоемких компонентов заказа основана на принципе Парето. С учетом особенностей рассматриваемых типов производства предложены метод расщепления партии деталей (параллельное выполнение операции на нескольких рабочих местах) и метод организации параллельно-последовательного движения деталей по операциям технологического процесса. Рассмотрены возможные случаи параллельно-последовательного движения с учетом величины передаточной партии, равной количеству деталей, обрабатываемых на операции за сутки.

С целью наиболее эффективного использования производственных мощностей предложены методика формирования рабочих центров и связанная с ней методика планирования потребности в производственных мощностях, учитывающие существующий в условиях ЕМП дефицит нормативно-справочной информации.

Рассмотрена организация поддетального и пооперационного оперативного учета изготовления изделий с использованием технологии штрихкодирования. Эта технология позволяет сократить затраты на выполнение учетных операций и повысить качество их выполнения, что, в конечном счете, положительно отражается на общей эффективности ОПП в ЕМП.

Разработана модель схематического представления состояния изготовления производственного заказа, применяемая на этапе комплектации и сборки заказа для планирования и управления единичным производством в условиях дефицита нормативно-справочной информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров, Д.В. Системное моделирование бизнеса / Д.В. Александров; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2004. – 300 с. – ISBN 5-89368-501-6.
2. Александров, Д.В. Развитие методологии системного моделирования для обеспечения реинжиниринга организаций. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.- Владимир, 2000 г.
3. Александров Д.В., Костров А.В. Распределенные информационные системы. CASE-технологии реинжиниринга.- ВлГУ, 2001.-136с.
4. Грабауров В.А. Информационные технологии для менеджеров.- М.: Финансы и статистика, 2001 – 368 с. (Прикладные информационные технологии)
- 5.
6. Адамия К.Г. Разработка методов и средств оперативной коррекции производственных расписаний механообрабатывающего цеха в условиях мелкосерийного производства. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.- Москва, 1997 г.
7. Альбеков А.У., Федько В.П., Митько О.А. Логистика и коммерция. Серия "Учебники, учебные пособия". Ростов-на-Дону: Феникс, 2001.-512 с.
8. Андреев Е.Д. Оперативное планирование в единичном и мелкосерийном производстве. М., Машгиз, 1955.-188 с.
9. Асташкин Г.П., Зубок И.Г., Киселев Ю.М. Автоматизация управления опытным производством.- Новосибирск: Наука, 1982.
10. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа.- Финансы и статистика, 1997.- 416 с.
11. Бухалков М.И. Внутрифирменное планирование: Учебник.-2-е изд., испр. и доп.-М.: ИНФРА-М, 2001.- 400с.

12. Варжапетян А.Г., Глущенко В.В. Системы управления: исследование и компьютерное проектирование. Учебное пособие.- М.: Вузовская книга, 2000.
13. Ватник П.А. Статистические методы оперативного управления производством. М., "Статистика", 1978.
14. Викторов Н.И., Подлесных В.И. Системный подход к повышению эффективности производства.- Л.: Лениздат, 1988.- 136с.
15. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II. – СПб: Питер, 2002.- 320с.: ил.- (Серия "Теория и практика менеджмента").
16. Геворкян А.М. Методы и модели в управлении опытным производством М.: Машиностроение, 1980.- 224 с., ил.
17. Годин В.В. Корнеев И.К. Управление информационными ресурсами: 17-модульная программа для менеджеров "Управление развитием организации". Модуль 17. – М.: ИНФРА-М, 2000.- 352с.
18. Гончаров В.Н. и др. Оперативное управление производством. (Опыт разработки и совершенствования систем)/ В.Н. Гончаров, А.Н. Колосов, Г.И. Дибнис.- М.: Экономика, 1987. – 120 с.
19. Горбоконь А.А., Соколицын С.А. Комплексная подготовка производства новых изделий.- Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980, ил.
20. Горев А., Ахаян Р., Макашарипов С. Эффективная работа с СУБД – СПб.: Питер, 1997.- 404 с.: ил.
21. Дик В.В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки.- М.: Финансы и статистика, 2001.-368с.
22. Дудорин В.И. и др. Управление опытным производством с применением ЭВМ. [М.] "Экономика", 1969.
23. Думлер С.А. Управление производством и кибернетика. Создание автоматизированных систем управления в машиностроении и приборостроении. М.: Машиностроение, 1969.- 424 с.
24. Егоров Ю.Н, Варакута С.А. Планирование на предприятии. М.: ИНФРА-М, 2001 – 176 с.- (Вопрос-ответ)
25. Жабин А.И., Мартынов А.П. Сборка изделий в единичном и мелкосерийном производстве.- М.: Машиностроение, 1983.- 184 с.

26. Жданов С.А. Экономические модели и методы в управлении. – М.: Издательство "Дело и Сервис", 1998 г.-176 с.
27. Жулина Т.Н. Информатизация как важнейший фактор повышения эффективности управления промышленным предприятием. Диссертация на соискание уч. степени кан. экон. наук.- Владимир, 2001 г.
28. Звягинцев Ю.Е. Оперативное планирование и организация ритмичной работы на промышленных предприятиях.- Киев: Техника, 1990.- 159 с.
29. Иванов Н.Ф., Биншток Ф.И. Оперативно-производственное планирование на машиностроительном предприятии. М., Госпланиздат, 1961.- 207 с.
30. Информационные системы в управлении производством/ Под ред. Ю.П. Васильева.- М.: Прогресс, 1973.
31. Информационные системы в экономике/ Под ред. В.В. Дика – М.: Финансы и статистика, 1996.- 270 с.
32. Исаченко В.А., Шишкин В.С., Польшкалкин В.С. Моделирование автоматического оборудования в задачах организационно-технологического управления гибкими автоматизированными производствами. – М.: Наука, 1986.- 290 с.
33. Казанцев А.К., Серова Л.С. Основы производственного менеджмента: Учебное пособие.- М.: ИНФРА-М, 2002.- 348с.
34. Как работают японские предприятия: Сокр. пер. с англ./ Под ред. Я. Мондена и др.; Науч. ред. и авт. предисл. Д.Н. Бобрышев.- М.: Экономика, 1989.- 262 с.
35. Калиберда Ю.Г. Основы расчета длительности производственного цикла, – М.: "Машиностроение", 1968.- 136 с.
36. Канцебоген В.Я. Оперативно-календарное планирование на машиностроительном заводе.- М.: Машгиз, 1958.- 235 с.
37. Карданская Н.Л., Чудаков А.Д. Системы управления производством: анализ и проектирование: учебное пособие.- М.: Русская Деловая Литература, 1999.- 240 с.
38. Карминский А.М. Нестеров П.В. Информатизация бизнеса.- М.: Финансы и статистика, 1997.- 416 с.
39. Климов. А.Н., Оленев И.Д., Соколицын С.А. Организация и планирование производства на машиностроительном заводе: Учебник для

маш. вузов.- 3-е изд., перераб. и доп./ Под ред. С.А. Соколицына.- Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979.- 463 с., ил.

40. Козловский В.А., Козловская Э.А., Савруков Н.Т. Логистический менеджмент: Учебное пособие. 2-е изд., доп.- СПб.: Издательство "Лань", 2002.-272с.- (Учебники для вузов. Специальная литература).

41. Козловский В.А., Маркина Т.В., Макаров В.Н. Производственный и операционный менеджмент: учебник.- СПб.: Специальная литература, 1998.

42. Кокин А.С. Внутрицеховое оперативное управление производством (вопросы теории, методологии и практики оптимизационных методов): Автореферат диссертации доктора экономических наук спец. 08.00.05 – экономика, планирование, организация управления народным хозяйством и его отраслями.

43. Колесников С.Н. Инструментарий бизнеса: современные методологии управления предприятием.- М.: Издательско-консультационная компания "Статус-Кво 97", 2001.-320 с."

44. Комплексные информационные системы – основа современного эффективного управления предприятием. Материалы конференции. Российское авиационно-космическое агенство, Москва, 2001г.

45. Корзун П.П., Слодкевич Н.И. Оперативно-производственное планирование на машиностроительном заводе. М., Машгиз, 1956.-192 с.

46. Костров А.В. Информационный менеджмент. Учебное пособие.- М.: Финансы и статистика, 2001.- 336 с.

47. Костров А.В. Информационный менеджмент. Управление ресурсами информационной системы.- Владимир: ВлГУ, 2003.- 80 с.

48. Костров А.В., Меркель И.Н., Морев С.А. Оценка эффективности информационных систем.- Владимир: Демиург, 2002.-89 с.

49. Костров А.В., Морев С.А. Основы совершенствования системы управления машиностроительным предприятием.- Владимир: Демиург, 2003.- 292с.

50. Крайкова Т.Г. Длительность производственного цикла (нормирование и контроль в условиях мелкосерийного производства). "Машиностроение", 1969.- 104 с.

51. Крепиш П.В. Методика календарного планирования производства на машиностроительном предприятии. М., Машгиз, 1956.- 252 с.

52. Кузин Б.И., Дубоглазов В.А. Организация и оперативно-календарное планирование машиностроительного производства в АСУП. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1978.- 240 с.
53. Летенко В.А. и др. Оперативное планирование производства на машиностроительном заводе. М., "Машиностроение", 1968.-352 с.
54. Летенко В.А., Гальперин Я.Б. Оперативно-производственный план и организация его выполнения (Единичное и мелкосерийное производство) М.: Машиностроение, 1975.
55. Летенко В.А., Туровец О.Г. Организация машиностроительного производства: Теория и практика. М.: Машиностроение. 1982.- 208 с., ил.
56. Либерман В.Б., Шнайдерман И.Б. Информационные основы автоматизации управления производством. М., "Статистика", 1973.
57. Либерман Е.Г. и др. Организация и планирование производства на машиностроительных предприятиях. М., "Машиностроение", 1967.- 230 с.
58. Литвак Б.Г. Разработка управленческого решения : Учеб.- М.: Дело, 2000.- 392 с.
59. Лопата А.Г. Постоянная информация в управлении производством. Киев, Техника, 1974.- 210 с.
60. Маклаков С.В. ВРwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем.- 2-е изд., испр. и дополн.- М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2001.- 304 с.
61. Менеджмент (Современный российский менеджмент): Учебник/ Под ред. Ф.М. Русинова и М.Л. Разу. – ФБК-ПРЕСС, 1988.- 504с.
62. Методика расчета календарно-плановых нормативов. М., изд. ВПТИ Министерства транспортного и тяжелого машиностроения, 1954.-34 с.
63. Метт Г.Я. Оперативно-производственное планирование, его база и выбор метода.- В сб. Организация оперативно-производственного планирования на машиностроительных заводах. М., НДНТП, 1964.
64. Милаев В.А., Фаткин А.А, Рулева Т. В. Автоматизация управления в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства.// PC Week/RE, 2001, №10,11

65. Минаев Э.С. и др. Управление производством и операциями: 17-модульная программа для менеджеров "Управление развитием организации". Модуль 15.-М.: ИНФРА-М, 2000. -298 с.
66. Нелидов И.Е. Организация и планирование энергомашиностроительного производства.- М.: Высшая школа, 1968.- 360 с.
67. Оболенский А.И. и др. Оперативно-календарное планирование, учет и регулирование многономенклатурного серийного производства. М., Изд. филиала ВИНТИ (№ 0-57-46/9), 1957.- 38 с.
68. Организация и планирование машиностроительного производства. Справочник. Ахумов А.В. Л., "Машиностроение", 1972 г.
69. Организация и планирование машиностроительного производства: Учебник/ Под ред. И.Н. Разумова, Л.Я. Шухгалтера, Л.А. Глаголевой. 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1974 – 591с.
70. Организация производства на промышленных предприятиях США. Пер. с англ. Общая редакция и вступит. статья С.А. Хейнмана.- М.: Прогресс, 1969.
71. Организация управления промышленным производством. Учебник/ Козлова О.В., Александров Л.А., Саркисов М.А., Саломатин Н.А. и др.; Под ред. Козловой О.В., Каменицера С.Е.- М.: Высш. школа, 1980.- 399 с., ил.
72. Организация, планирование и управление деятельностью промышленных предприятий: Учеб. для экон. спец. вузов/ Каменицер С.Е., Русинов Ф.М., Мельников М.В. и др.; Под ред. С.Е. Каменицера и Ф.М. Русинова. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш.шк., 1984.-335с.
73. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием. Учебник в 2 частях. Ч.1. Организация и управление машиностроительным предприятием/ Под ред. В.А. Летенко, Б.Н. Родионова.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. школа, 1979 – 296 с.
74. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием. Учебник в 2 частях. Ч.2. Внутри заводское планирование/ Под ред. В.А. Летенко, Б.Н. Родионова.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. школа, 1979 – 232 с.
75. Организация, планирование и управление машиностроительным производством: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов/ Б.Н. Родионов, Н.А. Саломатин Л.Г., Осадчая и др.; Под общ. ред. Б.Н. Родионова. – М.: Машиностроение, 1989.

76. Основы управления производством/ Н.А. Сероштан, И.П. Алдохин, С.А. Кулиш и др.; Под ред. Н.А. Сероштана.- 2-е изд., перераб. и доп.- Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987 – 256 с.

77. Палий В.Ф., Суздальцева Л.П. Техничко-экономический анализ производственно-хозяйственной деятельности машиностроительных предприятий: Учебник для вузов по специальности "Экономика и управление в машиностроении".- М.: Машиностроение, 1989.

78. Первин Ю.А., Португал В.Н., Семенов А.И. Планирование мелкосерийного производства в АСУП (информационное и математическое обеспечение).- М.: Наука, 1973.

79. Петров В.А. Групповое производство и автоматизированное оперативное управление. Л., "Машиностроение" (Ленингр. отд-ние), 1975.- 312 с.

80. Петров Ю.А. и др. Комплексная автоматизация управления предприятием: Информационные технологии – теория и практика управления / Ю.А. Петров, Е.Л. Шлимович, Ю.В. Ирюпин.- М.: Финансы и статистика, 2001.- 160 с.

81. Пивин Ф.С. Оперативно-производственное планирование в серийном производстве. Л., Машгиз, 1962.- 207 с.

82. Пищик А.А., Аникин Б.А. Комплектно-узловая система оперативно-календарного планирования.- М: Знание, 1970.- 49 с.

83. Пугачев Ю.А. Система оперативно-производственного планирования "Прибор-комплект".- М.: Машиностроение, 1987.- 88 с., ил.

84. Розенберг И.А. Сокращение длительности производственного цикла.-Свердловск: Машгиз, 1956.- 132 с.

85. Розенблат Г.И., Рахманин Г.Д., Перцовский А.С. Служба оперативного управления основным производством.- Л.: Лениздат, 1989.-134 с., ил.

86. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента.-М.: Наука, 1971.

87. Русско-английский терминологический словарь систем управления класса МRP II-ERP. Составление, перевод и интерпретация терминов выполнены С.А. Андреевым, А.Г. Грабoем, Л.Х. Загрутдиновой, Л.Е. Мазуром, В.М. Мячиным, 1998.

88. Саломатин Н.А., Панфилова Е.Е. Управление производственной программой в организациях машиностроения: Учеб. пособие. Ч. 1-2 – М.: ГУУ, 2000.

89. Саломатин Н.А., Фель А.В., Шаламова Н.Г. Новые информационные технологии в управлении производством.- М.: ГУУ, 1996.

90. Семь нот менеджмента. – 5-е изд., доп.- М.: ЗАО "Журнал Эксперт", 1998. – 424с.

91. Слодкевич Н.И. Вопросы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии. М. "Знание", 1966.- 24 с.

92. Слодкевич Н.И. Пути совершенствования оперативного планирования на предприятиях машиностроения. М.: МИУ, 1974.

93. Соколицын С.А. Кузин Б.И. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: Учебник для вузов по специальности "Экономика и организация машиностроительной промышленности" – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.- 527с.

94. Соколицын С.А. Применение математических методов в экономике и организации машиностроительного производства. Л., "Машиностроение", 1970 г., 216 с.

95. Справочная книга по математической логике: В 4-х частях/ Под ред. Дж. Барвайса.- Ч.II. Теория множеств: Пер. с англ.- М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982.- 376с.

96. Стивенсон Дж. Вильям Управление производством/ Пер. с англ.- М.: ООО "Издательство" Лаборатория базовых знаний", ЗАО "Издательство БИНОМ", 1998 – 928 с.

97. Татевосов К.Г. Основы оперативно – производственного планирования на машиностроительном предприятии: Учеб. пособие для инженерно-экономических специальностей вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.- 278 с., ил.

98. Татевосов К.Г., Шейнман Р.П. Справочник календарно-плановых расчетов. Л. "Машиностроение", 1971 г., 256 с.

99. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов.- М.: Финансы и статистика, 2003 (I).- 13 л.

100. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Учеб. пособие для втузов/ Л.А. Астреина, В.Д. Балдесов и др.; Под ред. В.К. Беклешова.- М.: Высш. шк., 1991.-176 с.: ил.

101. Трошин А.Н. Автоматизированная система оперативного управления производством на машиностроительном предприятии. М., "Статистика", 1978.
102. Тямшанский Н.Д. Организация и планирование опытного производства. "Машиностроение", 1971.- 168 с.
103. Уайт У. Оливер. Управление производством и материальными запасами в век ЭВМ. – М.: Прогресс, 1978.- 304с.
104. Управление организацией: Учебник/ под ред. А.Г. Поршнева, З.П. Румянцевой и Н.А. Саломатина.- М.: ИНФРА-М, 1999.
105. Управление производством: Учебник/ Под ред. Н.А. Саломатина.- М.: ИНФРА-М, 2001.- 219с.- (Серия "Высшее образование").
106. Управленческий учет: Учебное пособие/ Под редакцией А.Д. Шеремета.- М.:ФБК-ПРЕСС, 1999.- 152с. (Серия "Академия бухгалтера и менеджера").
107. Файнгольд М.Л. Кузнецов Д.В. Основы расчета длительности производственного цикла (методология и теория) / Под научной ред. М.Л. Файнгольда.- Владимир: Издательство ВГПУ, 2001.- 63с.
108. Файнгольд М.Л. Кузнецов Д.В. Принципы расчета производственной мощности и загрузки оборудования/ Под научной ред. М.Л. Файнгольда.- Владимир: Издательство ВГПУ, 2001.- 85с.
109. Файнгольд М.Л., Кузнецов Д.В. Методика расчета длительности производственного цикла и календарных планов выпуска продукции/ Под научной ред. М.Л. Файнгольда.- Владимир: Издательство ВГПУ, 2003.- 111с.
110. Файнгольд М.Л., Кузнецов Д.В. Проблемы совершенствования методики расчета длительности производственного цикла/ Под научной ред. М.Л. Файнгольда.- Владимир: Издательство ВГПУ, 2001.- 47с.
111. Фаткин А.А. Ранжирование элементов заказа на основе принципа Парето. // PC Week/RE, 2003, №19.
112. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: Учебник для студентов ВУЗов, обуч. по спец. и направл. "Менеджмент", 1997.
113. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент: Учебник для вузов.- 3-е изд., – М.: ЗАО "Бизнес-школа Интел-Синтез", 1999, – 416 с.
114. Хан Д. Планирование и контроль: Концепция контроллинга.- М.: Финансы и статистика, 1997.- 123 с.

115. Шепеленко Г.И. Экономика, организация и планирование производства на предприятии: Учеб. пособие для ВУЗов – 2-е., доп. и перераб.- Ростов Н/Д: Март, 2001.- 237 с.

116. Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С. Методика финансового анализа.- М.: ИНФРА-М, 1996.- 176 с.

117. Шонбергер Р. Японские методы управления производством: (девять простых уроков): Сокр. пер.с англ./ Науч. ред. и авт. предисл. Л.А. Конарева.- М.: Экономика, 1988.- 251 с.

118. Экономика, организация и планирование промышленного производства: Учеб. для экон. спец. вузов/ М.Н. Грункин, А.П. Жевтяк, Ю.А. Санамов и др., Под ред. Ю. А. Санамова.- М.: Высш. шк., 1985.

Экономическая стратегия фирмы. Учебное пособие. Под редакцией проф. Градова А.П.: Спб, "Специальная литература", 1995.- 411с.

Учебное издание

КОСТРОВ Алексей Владимирович
СОКОЛОВ Александр Николаевич
ФАТКИН Анатолий Алексеевич

ИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ
ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ
Учебное пособие

Редактор А.П. Володина
Компьютерная верстка Е.Г. Радченко

ЛР № 020275. Подписано в печать 04.09.05.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 6,28. Уч.-изд. л. 6,69. Тираж 100 экз.

Заказ №

Издательство

Владимирского государственного университета
600000, Владимир, ул. Горького, 87.