

Оптимизация планов производства/Лычагин М. В.,  
Маркова В. Д., Мироносецкий И. Б. и др.—Ново-  
сибирск: Наука, 1987.

В книге описан опыт разработки и практического использования  
комплекса оптимизации планов производства для трех групп  
предприятий: машиностроения, микроэнергетики и малых предпри-  
ятий. Рассмотрены вопросы использования моделей в интерактивном  
режиме с развитым диалоговым обеспечением, организации на  
этой базе деловых игр.

Книга рассчитана на руководителей предприятий, экономистов  
и математиков, занимающихся вопросами управления промышлен-  
ным производством.

Авторы: М. В. Лычагин, В. Д. Маркова, И. Б. Мироносец-  
кий (руководитель коллектива), В. Г. Горшков, В. П. Дара-  
гин, В. М. Левченко, Ю. А. Поляков, В. С. Подкопаев,  
Б. В. Прилепский, В. И. Несрев

Рецензенты В. А. Бажанов, В. П. Суворов

О 0604020102—826  
042(02)—87 68—87—II

© Издательство «Наука», 1987 г.

Полная электронная копия издания расположена по адресу:

[http://lib.ieie.su/docs/2000before/Optimizaciya\\_Planov\\_Proizvodstva-1987.pdf](http://lib.ieie.su/docs/2000before/Optimizaciya_Planov_Proizvodstva-1987.pdf)

## ОСВОЕНИЕ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

---

### § 2.1. ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА — ВАЖНЕЙШИЙ ЭТАП СОЗДАНИЯ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Для деятельности современного промышленного предприятия характерно непрерывное обновление и совершенствование выпускаемой продукции. Ускорение темпов внедрения достижений науки и техники, интенсивное развитие и перевооружение всех отраслей

<sup>\*\*</sup> Одним из наиболее распространенных является ППП «Линейное программирование в АСУ». Этот пакет предназначен для решения задач линейного, сепарабельного, параметрического программирования, задач с частично или полностью целочисленными переменными и задач со специальной структурой матрицы. В нем реализован модифицированный симплекс-метод с мультиплексиативным представлением обратной матрицы, допускающей работу со свободными или ограниченными переменными и двусторонними ограничениями на строки матрицы, что сокращает время вычислений и требует меньшего объема памяти. Число столбцов (переменных) практически неограничено, число строк (ограничений) — до 16 383. Пакет работает под управлением ОС ЕС, к нему можно подключать программы пользователя, написанные на языке ФОРТРАН-IV.

Большие соревновательные возможности предоставляет и такой пакет, как «Вариантные расчеты годовой производственной программы на линейных оптимизационных моделях в режиме диалога» (ППП СОЛ МИ ЕС). (См.: Ефетова К. Ф., Подчасова Т. П., Португал В. М., Гринчук Б. Е. Планирование производства в условиях АСУ. — С. 36—38.)

общественного производства приводят к тому, что в народном хозяйстве непрерывно создается и осваивается новая, более совершенная продукция. Причем под новой продукцией понимаются не только новые машины, материалы, но и новые технологические процессы, различные научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, обладающие технико-экономическими преимуществами по сравнению с лучшими существующими образцами аналогичного назначения. Очевидно, что ускорение темпов и повышение эффективности технического прогресса в значительной степени зависят от решения вопросов, связанных с интенсификацией процесса создания новой продукции. Практика показывает, что сроки освоения и внедрения новой продукции в производство зачастую непомерно затягиваются, тем самым снижаются темпы обновления продукции.

Основные требования к организации производства новой продукции связаны, во-первых, с сокращением сроков ее создания, во-вторых, с повышением сложности изделий, в-третьих, с ростом количества одновременно осваиваемых на предприятии изделий. Вопросам освоения новой и совершенствования уже выпускаемой продукции должно уделяться первостепенное внимание, и от того, как они решаются, во многом зависят результаты производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Одно из важнейших звеньев процесса создания новой продукции — стадия подготовки к ее производству и организации серийного выпуска на предприятии. Эта стадия занимает в общем цикле процесса значительную долю (иногда больше половины) времени. Актуальность проблем подготовки производства объясняется тем, что в настоящее время узким местом, сдерживающим технический прогресс, является неудовлетворительное освоение технических достижений. Практическое внедрение новых научных идей — это сегодня не менее важная задача, чем их разработка, а подготовка производства играет большую роль в ускорении реализации достижений науки и техники.

Разнообразие и сложность процессов, предшествующих промышленному производству новых изделий, обусловливают необходимость не только технической, но и экономической, организационной и других видов подготовки, объединяемых под названием «комплексная подготовка производства». Состав и содержание процесса подготовки производства новых изделий как функции предприятия достаточно полно и широко исследованы в работах Л. В. Барташева, М. А. Башина, С. Б. Михалева, С. П. Митрофанова, С. А. Соколицына и др.<sup>1</sup>

В общем случае, независимо от типа производства, отрасли, структуры и особенностей изделия, подготовка производства на предприятии начинается со всесторонней проработки конструкторор-

<sup>1</sup> Горбоконь А. А., Соколицын С. А. Комплексная подготовка производству новых изделий.—Л., 1980; Технико-организационный уровень производства: Определение, экономическая оценка, анализ.—Киев, 1979; Башин М. А. Новая техника и опытное производство.—М., 1979; и др.

ско-технологической документации, полученной от предприятия-разработчика, и включает разработку технологических процессов, создание средств технологического оснащения, изготовление и испытание опытно-промышленных образцов, корректировку документации по результатам испытаний и т. д. Поэтому под подготовкой производства новой продукции понимается весь целенаправленный комплекс работ, в том числе конструкторско-технологические, организационно-плановые и социально-экономические мероприятия, выполняемые в определенной последовательности и взаимосвязи. Мы относим к подготовке производства также совершенствование действующего основного производства, выключая его оперативную подготовку, и работы, обеспечивающие достижение заданного выпуска новой продукции с предусмотренными технико-экономическими показателями. Методологической основой изучения подготовки производства служит системный подход к ее организации, т. е. предприятие рассматривается как сложная социально-экономическая система. При этом подготовка производства является одной из подсистем, от rationalной организации которой зависит эффективность функционирования системы в целом.

Характер и содержание работ по подготовке производства новой продукции, их распределение по исполнителям и во времени зависят от новизны, сложности изделия, масштаба предполагаемого выпуска, наличия на предприятии достаточно квалифицированного конструкторско-технологического подразделения, уровня механизации труда инженерно-технических работников, а также от других факторов.

На наш взгляд, целесообразно выделить такие основные стадии подготовки производства, как научно-исследовательская, конструкторская, технологическая, организационная, материально-техническая, экономическая, финансовая, социально-психологическая, подготовка вспомогательного и обслуживающего производства для выпуска новых изделий, обеспечение трудовыми ресурсами, обеспечение производственными фондами и площадями, информационное обеспечение.

Эти составные части подготовки охватывают широкий круг вопросов: от изучения спроса на новую продукцию и составления задания на ее проектирование до организации подготовки внешней кооперации и поставок, составления производственных программ цехам и участкам и разработки систем стимулирования.

Выделение процесса подготовки производства в особый объект исследования основано на следующих факторах.

Значительная доля общего проста эффективности производства формируется на стадии внезаводской и внутризаводской подготовки производства. На этой стадии решаются наиболее важные технические, технологические, организационные и экономические вопросы.

Подготовка производства превращается в одну из постоянных и основных функций предприятия. Это связано с неуклонным ростом темпов и масштабов обновления продукции (в годовой но-

менклатуре ряда отраслей промышленности новая продукция составляет 60% и эта доля растет) и обусловлено перемещением центра тяжести усилий из сферы производства продукции в сферу подготовки ее производства.

Подготовительная стадия оказывает разностороннее воздействие на ускорение научно-технического прогресса и повышение эффективности производства. Это выражается, во-первых, в улучшении потребительских свойств и качества вновь создаваемых орудий и предметов труда (в росте их производительности, надежности, повышении прочности и т. д.); во-вторых, в ускорении темпов научно-технического прогресса за счет сокращения времени проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, сроков конструкторской и технологической подготовки производства, за счет применения прогрессивных методов работы, распространения новой техники в народном хозяйстве и, в-третьих, в достижении высокой экономичности изделий при их производстве благодаря нормализации и унификации, повышению технологичности конструкций, применению прогрессивной технологии, улучшению организации производства.

Методы управления данным процессом значительно отличаются от методов управления производством освоенной продукции. Это связано с особенностями подготовительной стадии производства. Наиболее характерными из них являются:

неопределенность результатов работ, связанная с исследовательским характером процесса создания опытно-промышленных образцов;

отсутствие научно обоснованных нормативов на вводимые в производство оригинальные компоненты нового изделия;

утглубление разделения труда и увеличение числа подразделений, участвующих в подготовке производства;

сложность взаимосвязей между отдельными этапами и комплексами работ;

подвижность, динамичность перестройки и переналадки современного производства в связи с необходимостью освоения новых видов изделий;

многократность изготовления особо сложных элементов изделия в связи с отработкой конструкции и технологии;

внесение изменений в изделие на различных стадиях его освоения;

рост затрат, связанных с работами по подготовке производства, что предопределяет необходимость значительного ускорения последних;

усиление хозрасчетных рычагов с целью повышения эффективности работ на этой стадии.

Такое выделение подготовки производства не противоречит общесистемной методологии и оправдано спецификой данного этапа, занимающего промежуточное положение между прикладными научными исследованиями и собственно промышленным производ-

ством<sup>2</sup>. От уровня организации и управления подготовкой производства, от скорости и точности выполнения этих предпроизводственных работ зависит сокращение времени от научно-технических разработок до промышленного освоения выпуска новой продукции. Высокое качество и завершенность работ на предпроизводственной стадии реально сокращают сроки достижения запроектированных технико-экономических показателей продукции, влияют на производственные показатели предприятия и эффективность общественного производства в целом.

Эффективность и качество работы службы подготовки производства зависят, с одной стороны, от факторов, связанных с автоматизацией и стандартизацией элементов подготовки производства. Это, в частности, типизация технологических процессов, применение методов групповой обработки, повышение технологичности изделий, стандартизация оснастки, оборудования, заготовок, автоматизация проектирования изделий, технологических процессов и оснастки<sup>3</sup>.

С другой стороны, работа на предпроизводственной стадии зависит от организации и управления процессом подготовки производства. Возникающие при этом задачи весьма сложны и требуют много затрат из-за необходимости создания нормативной базы для их решения и недостаточной теоретической отработки методов управления. Основные направления совершенствования в этой области — использование методов прогнозирования и конкурсного выполнения проектов, применение современных систем управления, основанных на экономико-математических методах, улучшение организации служб подготовки производства, совершенствование планирования и регулирования работ по подготовке производства, рациональное финансирование затрат по этапам разработки, совершенствование системы материального стимулирования, хозрасчета и другие методы, направленные на всенарядное сокращение продолжительности процесса создания и освоения в производстве новой продукции. При этом следует помнить, что каждый метод управления должен учитывать требования объективных экономических законов социалистического производства.

Из всех многообразных задач, решаемых в процессе подготовки производства, мы рассмотрим только вопросы заводского планирования работ по подготовке к выпуску новой продукции.

Опыт передовых предприятий свидетельствует, что планирование и управление ходом подготовки производства новых изделий целесообразно осуществлять на основе сетевых моделей. Эти модели используются при формировании перспективных и текущих планов подготовки производства и обеспечивают наиболее эффективное сочетание двух факторов: необходимости выполнения конкрет-

ретного набора работ и соблюдения определенных ограничений, которые ставит реально сложившаяся ситуация.

Высококачественное планирование работ по подготовке производства не может быть обеспечено без создания и поддержания в образцовом порядке нормативной базы. Она должна создаваться путем систематизации отчетных и учетных данных, разработки соответствующих классификаторов и единой методологии определения трудоемкости работ.

Поскольку на этапе подготовки производства формируется большая часть информационной системы предприятия, рассмотрим подробнее вопросы информационной подготовки, которая призвана решать задачи информационного обеспечения собственно подготовки производства и остальных направлений производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

При перспективном планировании подготовки производства используется агрегированная информация. Текущее же планирование требует достаточно полной детализированной информации, включающей характеризующий отдельные элементы планируемых работ. В процессе текущего планирования определяются состав, объем и сроки выполнения работ по подготовке производства как в целом для изделия, так и по этапам подготовки, элементам изделия и отдельным действиям; работы рационально распределяются по конкретным функциональным подразделениям-исполнителям и координируются; устанавливается оптимальная последовательность работ по подготовке производства и изготовлению каждого конкретного элемента изделия.

Более высокими плановыми показателями, характеризующими процесс выпуска нового изделия, являются длительность цикла подготовки производства и стоимость изделия. Установление реальных сроков подготовки производства нового изделия является одной из важнейших задач планирования, поскольку от него значительной мере зависит качество планов. С одной стороны, необходимо всемерно стремиться к сокращению длительности процесса внедрения новой продукции, поскольку эффект от ее создания является убывающей функцией во времени и зависит не только от степени совершенства изделия, но и от календарных сроков его внедрения. Но, с другой стороны, устанавливаемые сроки должны быть достаточными для качественного проведения работ по созданию и освоению производства новой продукции. Попытки необоснованного сокращения сроков проведения работ приводят к тому, что в производство поступают документация и образцы техники, недостаточно отработанные и скорректированные в соответствии с современными требованиями техники и технологии, а это неизбежно удлиняет срок освоения машины и оборудования.

Практика показывает, что в области управления подготовкой производства ощущается наибольший дефицит информации. Руководители подразделений, участвующих в подготовке производства нового изделия, не имеют перспективной и оперативной информации, которая очень часто запаздывает, а поэтому решения припи-

<sup>2</sup> Управление научно-техническими программами.— М.: Экономика, 1983.— С. 185.

<sup>3</sup> Есютин Н. И. Совершенствование организации подготовки производств.— М., 1977.

маятся в условиях значительной неопределенности. Отсутствуют положения, устанавливающие, какому уровню руководства должна поддаваться та или иная информация.

Специфика рассматриваемых процессов требует соответствующих динамических методов организации управления, которые бы позволили не только фиксировать ход работ, но и, главным образом, прогнозировать его с должным опережением, учитывая статистический характер управляемого процесса.

В этой связи неотъемлемым элементом и предпосылкой эффективного управления является моделирование процесса подготовки производства нового изделия.

Цель моделирования заключается в рациональной организации комплекса работ по переходу на выпуск нового изделия, оптимальном планировании процесса технической подготовки производства и получении достоверного прогноза относительно поведения изучаемого объекта при принятии тех или иных технических и организационных решений. Конечная цель организации и планирования подготовки производства — создание необходимых условий для выполнения полного объема работ с обеспечением требуемых производственных параметров.

Эти вопросы могут быть решены при создании и внедрении в составе современных АСУ подсистемы управления, комплексом работ по подготовке производства, которая в синтезе с другими подсистемами образует многоконтурную систему управления предприятием. Основу подсистемы управления подготовкой производства в соответствии с особенностями данного процесса должны составлять модели — сетевые и основанные на стochастических ориентированных графах. В целом подсистема представляет собой сложный комплекс процедур и алгоритмов самого различного вида, в котором сетевая модель занимает сравнительно малую часть, но сыграв свою роль воедино всю подсистему, являясь координационной моделью<sup>4</sup>.

Сетевые методы получили, пожалуй, наибольшее распространение в различных системах управления подготовкой производства новой продукции. Дело в том, что при всем многообразии и сложности задач, решаемых при подготовке производства, все они тесно связаны между собой и направлены в конечном итоге на достижение единой цели. Эти сложные взаимосвязи технологического и организационного характера, выступающие в качестве логических условий развертывания процесса во времени, удобно задавать с помощью сетевой модели, которая позволяет ясно видеть основные связи и обеспечивать координацию этапов работ, выделять «узкие места» процесса и устанавливать наиболее рациональную последовательность выполнения работ, автоматизировать обработку больших объемов информации. Сетевые модели являются наиболее приемлемой формой описания процесса создания новой продукции

на всех его этапах. Такой вывод вытекает из следующих соображений.

Процесс создания нового изделия отображается обычно в виде графика (или дерева процесса), используемого для представления конструктивно-технологического деления изделия, схемы сборки и т. д. Дальнейшее отображение разработки с помощью сетевых моделей обеспечивает логическую связь между методами описания структуры изделия и методами моделирования процесса его создания.

Сетевые методы позволяют моделировать процесс создания новых изделий на всех этапах с момента получения технического задания на разработку изделия до организации его промышленного выпуска. Кроме того, они позволяют переходить от одной задачи исследования процесса к другой, например от задачи долгосрочного планирования и прогнозирования к составлению краткосрочных планов и в задачам оперативного управления, что дает возможность осуществлять непрерывное планирование выполняемых работ, базируясь на принципе преемственности плановых расчетов. Это обеспечивается модификацией сетевого графика путем укрупнения либо детализации элементарных операций рассматриваемого процесса.

Имеются широкие возможности включения в сетевую модель результатов решения «несетевых» задач, а также использования в других моделях результатов сетевого планирования. Так, при решении задач научно-технического прогнозирования сетевые методы могут использоваться для прогнозирования сроков выполнения разработки или ее элементов и необходимых затрат ресурсов, причем затраты могут быть распределены по видам ресурсов, по календарным периодам.

Указанное свойство сетевых методов — возможность прогнозирования и оценки хода разработки и ее различных параметров — имеет большое значение в связи с высокой степенью неопределенности новых сложных проектов.

Сетевая модель позволяет широко использовать электронно-вычислительную технику при разработке планов технической подготовки производства, учете их выполнения, иннесенции соответствующих изменений, а также для оперативной выдачи информации, необходимой для различных уровней управления. При этом следует отметить, что сетевые методы должны использоваться в комплексе с другими методами управления.

Опыт показывает целесообразность применения сетевых методов в подготовке производства любого вида продукции; организация управления при этом улучшается благодаря более точной координации действий многочисленных исполнителей, обеспечению связей и согласование норм затрат и графиков работ со структурой осваиваемого изделия. В итоге сокращается время освоения новой продукции. Сетевые методы облегчают работу по созданию нормативной базы для планирования подготовки производства, так как при их использовании накапливается статистический материал, который,

<sup>4</sup> Мироновецкий И. Б., Андерсон А. Р. Управление подготовкой производства — Новосибирск, 1976.

будучи подвергнут системному анализу, обработке и обобщению, может стать основой нормативной базы.

Вместе с тем, по мнению специалистов, область практического использования сетевых методов управления процессами создания новых объектов пока еще чрезвычайно узка вследствие недостаточности разработанности некоторых теоретических и практических аспектов сетевого планирования. По-видимому, наиболее существенными причинами низкой эффективности использования сетевых методов в планировании подготовки производства новых изделий являются несовершенство средств учета случайных воздействий, что снижает адекватность отображения исследуемого процесса детерминированными сетевыми моделями, а также преимущественно ручное формирование сетевой модели и отсутствие хорошей информационной базы.

ционной базы.

Трудоемкость и необходимость оперативной разработки концептной модели на каждое осваиваемое изделие явились важными причинами, препятствующими эффективному использованию как сетевых моделей, так и моделей, основанных на графах более сложной структуры, для управления процессом подготовки производства новой продукции. Зачастую на получение результатов расходуется время, превышающее продолжительность моделируемого этапа. При этом модель перестает отражать фактическое состояние выполняемого комплекса работ и не может быть использована в качестве инструмента управления. Указанные недостатки преодолеваются при создании автоматизированных систем управления путем разработки библиотек типовых фрагментов модели и соответствующего программного обеспечения, что позволяет генерировать рабочую модель подготовки производства конкретного изделия с помощью ЭВМ из фрагментов-подграфов и создавать на их основе нормативные и прогнозные оценки процесса<sup>3</sup>.

тивные и прогнозные оценки процесса.

Многообразие создаваемой продукции, производственно-технологических условий, организационных форм освоения делает невозможным построение универсальных моделей рассматриваемого этапа. Вместе с тем накопленный опыт управления такими объектами позволяет выделить достаточно обоснованные компоненты процесса, которые поддаются обобщению и формализации, а типизация компонент процесса подготовки производства новых изделий, описание их на уровне формализуемых моделей — генерировать модели для конкретных объектов. Возможности создания типовых сетевых моделей подготовки производства и выпуска новой продукции или типовых фрагментов таких моделей, которые значительно облегчают ускоряют процесс построения модели для вновь осваиваемого изделия, заложены в типовых этапах работ по подготовке производства. Такие этапы, как получение и проработка конструкторско-технологической документации, разработка и отработка технологических процессов, проектирование, изготовление и испытание техно-

логической оснастки, подготовка оборудования (модернизация, монтаж, наладка), определение номенклатуры материалов и комплектующих, расчет норм расходов материалов и ряд других работ, присущи, как правило, стадии подготовки производства любого нового изделия. Следовательно, какие бы новые качества ни имел конкретный управляемый процесс по сравнению с выполнявшимся ранее, состав, взаимосвязи и последовательность работ в условиях данной организации являются в значительной мере стабильными и могут быть представлены в виде типового сетевого графика подготовки производства и выпуска новых изделий на данном предприятии.

Следует отметить, что выбор типовых элементов зависит от конкретных организационно-производственных условий предприятия: номенклатуры и общих конструкторско-технологических характеристик осваниемых изделий, структурной схемы, типа производства и т. д. Особенности каждой конкретной разработки, а следовательно, и подготовки производства могут быть учтены при конкретизации модели, которая проводится с момента получения чертежной документации на изделие путем исключения части работ или, наоборот, введения в модель индивидуальных фрагментов, характерных для данной разработки.

Одни из основных вопросов построения и использования сетевых графиков — разработка обоснованных нормативов параметров работ. Так как проектирование и освоение новой продукции представляет собой творческий процесс, отличающийся значительной неопределенностью как в технических решениях, так и в оценках необходимых ресурсов, то определение научно обоснованных нормативов представляется весьма затруднительным делом. Один из возможных подходов заключается в том, что при оценке затрат на подготовку производства новых изделий используется накопленный опыт выполнения аналогичных работ по подготовке производств изделий-аналогов. В бюро сетевого планирования отдела технической подготовки производства накапливаются статистические данные о параметрах работ сетевого графика по результатам фактического выполнения этих работ. На базе этих данных, а также сведений о конкретном изделии (количество, степень унификации, составные части изделия и т. д.), определяемых в результате обработки конструкторской документации на ЭВМ, осуществляется оценка сетевого графика, построенного для нового изделия. Как показал опыт практического применения рассматриваемой подсистемы, такой подход приносит вполне приемлемые результаты. Это проявляется в том, что фактические затраты на выполнение работ по подготовке производства зачастую немного или совсем не отличаются от запланированных. Однако необходимо заметить, что изделия, для которых реализован такой подход, имеют достаточно близкие прототипы и унификация частей достигает 70—80%.

В общем случае точность оценок выполнения работ по подготовке производства зависит от того, насколько рационально решены вопросы детализации рассматриваемого процесса и агрегирования

<sup>5</sup> См.: Мироновский И. Б., Андерсон А. Р. Управление подготовкой производства.

его работ. Мы считаем, что эти вопросы решаются созданием двухуровневой системы информационного обеспечения при разработке подсистемы подготовки производства.

Основу верхнего уровня такой системы составляют типовые сетевые фрагменты, содержащие «агрегированные» работы. Нижний уровень представляет собой детализацию этих работ. «Дезагрегация» уменьшает неопределенность «агрегированных» работ сети, уточняет состав конкретных элементов этих работ, выполняемых на каждом функциональном подразделении. При выполнении определенных этапов подготовки производства можно получать необходимую для управления этим процессом конкретную информацию. Организуемый на нижнем уровне оперативный процесс обработки информации на ЭВМ постепенно и последовательно устраивает неопределенность работ верхнего уровня.

В результате решения кибернетических задач каждое подразделение получает информацию о конкретном составе элементов «агрегирования» работы сетевого фрагмента и соответствующей ей трудоемкости. Эти данные представляют собой нормативную основу для решения задач календарного планирования и оперативного управления в условиях одновременного освоения нескольких изделий.

Реализация двухуровневой системы информационного обеспечения для подсистемы управления подготовкой производства возможна только в условиях АСУП на основе централизованной обработки информации с использованием экономико-математических методов и ЭВМ.

На двухуровневой системе информационного обеспечения с использованием сетевых моделей основываются планирование и управление процессом освоения изделий, т. е. распределение заданий подразделениям и контроль за соблюдением установленных сроков. В условиях функционирования автоматизированной системы управления имеется возможность планировать и управлять подготовкой производства в качестве новом виде. Это достигается путем значительного увеличения числа решаемых задач, повышения обоснованности планов и своевременного доведения производственно-экономических показателей до всех подразделений, участвующих в подготовке производства. В условиях, когда сроки освоения изделий устанавливаются вышестоящими организациями без учета реальных возможностей предприятия, формализация процедуры обоснования сроков имеет существенное значение. Периоды времени, определенные в процессе объемно-календарного планирования, являются исходными данными для решения задач второго этапа — оперативно-календарного планирования, на котором работы распределяются между подразделениями. При этом в два этапа решается и общая задача оптимизации: сначала по срокам освоения, а затем по загрузке подразделений.

Разработка сетевого графика процесса освоения нового изделия является исходным этапом планирования подготовки производства. Завершается данная работа определением календарных дат начала и окончания каждой работы. Объемно-календарное планирование,

в процессе которого совокупность работ распределяется по планируемым периодам, является важнейшим промежуточным этапом. В качестве оптимального принимается по возможности равномерное распределение объемов работ по календарным отрезкам времени, при котором не нарушаются организационно-технологические связи и последовательность выполнения работ сетевого графика, а также директивный (расчетный) срок окончания освоения.

Применение сетевых моделей доказало свою практическую целесообразность, позволило повысить качество управления подготовкой производства за счет устранения противоречия между динамичностью рассматриваемого процесса и статичностью разработанных планов. Однако на предприятиях с высоким уровнем неопределенности в подготовке производства использование указанных моделей оказывается недостаточно эффективным. Это связано с тем, что наличие случайных воздействий во многом определяет реальные параметры процесса подготовки производства нового изделия, объясняет трудности в прогнозировании затрат времени и ресурсов на освоение изделия. Воздействие случайных факторов проявляется, в частности, в многочисленных изменениях на всех этапах создания новой продукции. Причем усложнение изделий, сокращение сроков разработки и другие проявления научно-технического прогресса усиливают поток изменений, вызывающих, в свою очередь, необходимость дополнительных и доводочных работ, так что игнорировать их влияние в настоящее время нельзя.

В зависимости от причины все изменения с известной долей условности можно разделить на две большие группы. Первую составляют изменения, вносимые разработчиками и отражающие научно-технический прогресс в данной отрасли. Причиной их может быть появление новых результатов исследований, новых материалов или технологических процессов, стремление улучшить качество изделия, надежность и другие технико-экономические показатели. Эти конструкторские и иные изменения изделия, происходящие в период его освоения, можно рассматривать как внешние воздействия на сетевую модель подготовки производства новой продукции. Следует отметить, что работа по совершенствованию конструкции изделия и технологии его изготовления ведется вплоть до снятия изделия с производства. Это означает, что постоянно возникают изменения, связанные с необходимостью модернизации конструкции, с внедрением новых материалов и методов изготавления, с повышением качества продукции.

Другую группу составляют изменения (позвоем их возвратами), возникающие в процессе подготовки производства при отрицательных исходах работ и приводящие к повторным циклам, т. е. к доработке и корректировке ранее выполненных этапов работ. Возвраты связаны с тем, что уровень рациональности принятых решений обычно уточняется после их проработки на последующих этапах подготовки. Возвраты на доработку могут быть вызваны:

нетехнологичностью разработанных конструкций, которая устанавливается лишь на стадии их технологической проработки;

недостаточной проработанностью технической документации; ошибками в чертежах и технологических процессах; заменой материалов и полуфабрикатов, предусмотренных в проекте, на другие; несоответствием инструментов и приспособлений технологическим условиям; другими отступлениями от технологии или конструкции, выявленными при контроле.

События, из которых могут произойти возвраты к ранее выполненным этапам работ, встречаются в различных фрагментах модели, но особенно высока доля возвратов при согласовании различных этапов работ, при контроле или испытаниях отдельных компонент или изделий в целом. Следует отметить, что возвраты на доработку и корректировку ранее выполненных этапов работ не являются исключением или следствием недостаточно точного планирования, они присущи процессу создания новой продукции на всех его стадиях, но особенно велико число возвратов на этапе подготовки производства новых изделий. Это связано с тем, что данный этап характеризуется всесторонней проверкой конструкции изделия как объекта промышленного производства и эксплуатации, завершением отработки ее технологичности, отработкой конструкторско-технологической документации применительно к условиям установившегося производства, отладкой узлов и изделий в целом. Возвраты, как правило, непредвидимы даже при последовательном выполнении классических этапов подготовки производства (конструкторского, технологического, изготовления опытного образца или партии изделий, испытания и т. д.), а при совмещении этапов во времени путем параллельно-последовательного их выполнения, вызванного стремлением сократить время освоения производства нового изделия, поток изменений, а также объемы доработок еще больше увеличивается. Однако чрезмерное увеличение параллельности выполнения этапов работ может привести к увеличению затрат и свести на нет результат параллельно-последовательного метода подготовки — сокращение сроков выпуска новых изделий. В каждом случае следует определить и обосновывать рациональную степень совмещения крупных этапов технологической подготовки.

Необходимо отметить эффект «цепной реакции», характерный для внесения изменений. Это означает, что любое изменение в одной из составных частей может потребовать согласования проведения соответствующих изменений в других частях процесса подготовки производства. С экономической точки зрения наиболее затратной отработке должна подвергаться конструкторская документация. Чем совершилось исходная документация, тем быстрее и экономичнее протекает освоение серийного производства нового изделия, хотя даже в этом случае в определенных пределах неизбежны переделки вследствие внесения конструкторских изменений, а также вызванных ими или не зависящих от них изменений в технологических процессах, оснастке.

Не может быть единных рекомендаций для определения оптимального объема или процента допустимых доработок и переделок.

Эти показатели зависят от сложности разрабатываемой продукции, темпов технического прогресса в данной отрасли, обоснованности установленных для создания новой продукции директивных сроков, коэффициента параллельности выполнения работ, наконец, от опыта и квалификации работников подразделений. Практика освоения даже однотипных машин показывает большие отклонения в объеме и стоимости доработок. Существуют предприятия и производственные ситуации, где работы по доводке могут занимать до 50% всей длительности цикла разработки нового изделия.

Таким образом, характерная черта процесса подготовки производства новой продукции — наличие различного рода изменений, которые в значительной степени искажают запланированный ход процесса, изменяют (как правило, в сторону увеличения) все параметры разработки — время выполнения проекта, ресурсы, необходимые для его осуществления, стоимость. Для того чтобы выполнить свое назначение, модель процесса подготовки производства должна обладать механизмом, позволяющим отражать изменения, происходящие в окружающей среде и в самом процессе подготовки. Если же модель не отражает происходящих изменений и ее структура не меняется, она перестает быть адекватной истинному течению процесса. Обычно применимые для моделирования рассматриваемого процесса сетевые графики включают в себя комплекс работ по возможной отладке отдельных этапов и предусматривают какой-то запас времени и ресурсов, но этот запас может не соответствовать реальной ситуации вследствие того, что, во-первых, методы определения страховых запасов в таких сложных производственных ситуациях недостаточно разработаны, во-вторых, возможные возвраты на доработку являются случайными величинами, в-третьих, работы по переделке могут иметь различную структуру — от одной операции до сложного комплекса работ. Это приводит к тому, что предусматриваемые запасы в один случаях могут быть недостаточными для успешного завершения разработки, в других — излишними, что снижает эффективность планирования. Учет возвратов посредством перестройки структуры сетевого графика несолько улучшает возможную точность прогнозирования параметров разработки, но ведет к многократному увеличению размеров графика и значительным вычислительным трудностям. Принципиальная трудность заключается в том, что определить точную структуру сетевого графика, строго говоря, невозможно, так как исходы рассматриваемых ситуаций случайны.

В автоматизированных системах управления, которые базируются на аппарате сетевого планирования и управления (СПУ), имеются средства обновления сетевых графиков; каждое изменение может быть учтено в оперативном режиме в момент его появления в виде информации для обновления графика, что поддерживает адекватность сетевой модели. Однако такой метод учета изменений не может быть информационной основой планирования процесса подготовки производства, а служит для оперативного управления, поскольку обновление возможно только в момент фактического из-

менения в моделируемом процессе. Следовательно, не устраивается фактор внезапности возникновения указанных работ и порождаемых ими изменений в плане разработки изделия.

В процессах с сильным влиянием стохастических факторов проблема планирования может быть решена с помощью моделей, основанных на стохастических графах специального вида<sup>6</sup>. В этих моделях имеются средства моделирования случайно возникающих возвратов, и они сохраняют все достоинства сетевых моделей и преимущества системы сетевого планирования. Модели, основанные на стохастических графах, используются в режиме имитационного моделирования хода подготовки производства и в режиме сетевого планирования. Значения параметров, которые задаются на детерминированных дугах стохастического графа, определяются исходя из идеальных условий течения процесса, а случайные дуги возврата позволяют определять поправки времени и ресурсов при нарушениях запланированной последовательности работ. Выборочные функции плотности распределения, полученные при имитации стохастического графа, можно использовать для определения, например, срока, когда изделие будет освоено с заданной вероятностью и, наоборот, для определения вероятности, соответствующей фиксированным срокам. Анализ результатов имитации, исследование номинальных и экстремальных ситуаций служат в конечном итоге для выработки планов освоения изделия.

Эксплуатация подсистемы включает следующие режимы управления процессом подготовки производства:

начальный — для создания специализированного информационного обеспечения подсистемы, состоящего из постоянного и переменного информационных фондов;

исходного планирования — для расчета и приведения параметров сетевой модели процесса подготовки производства новых изделий в соответствие с заданными ограничениями, а также для формирования планов функциональных подразделениям;

оперативного управления — для обеспечения выполнения принятого плана, а также для корректировки его с учетом фактических данных о состоянии выполняемых работ.

Информацией, которую вырабатывает система, пользуются руководители трех уровней управления предприятиям: директор и главный инженер; заместитель главного инженера по подготовке производства и начальник отдела технической подготовки производства (ОТП); начальники отделов, цехов, служб. Руководители первого уровня принимают решения по корректировке основных параметров системы, руководители второго уровня принимают решения по результатам отклонений от рассчитанного на ЭВМ плана подготовки, начальники подразделений определяют основную часть информации при формировании исходного плана освоения новых

изделий, принимают меры по его выполнению, периодически передают отчеты в ОТПП.

Функционирование подсистемы обеспечивает сокращение сроков подготовки производства за счет повышения точности координации действий многочисленных исполнителей, а также согласования норм затрат и графиков работ со структурой осваиваемых изделий.

Управление в системе осуществляется через рабочий орган — отдел технической подготовки производства (ОТП), представляющий собой основное звено, координирующее работу всех подразделений предприятия; ОТП является центром, где сосредоточена нормативно-справочная база системы производства нового изделия. Этим обеспечивается тождественность получаемой информации на всех уровнях левадных управления.

## § 2.2. ПУТИ СОЗДАНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Прогрессивная нормативная база является основой обеспечения режима экономии в народном хозяйстве, рационального использования ресурсов, снижения себестоимости продукции, повышения эффективности производства.

Система норм и нормативов должна строиться на основе следующих принципов:

обеспечение методического единства формирования норм и нормативов, используемых при разработке годовых, пятилетних планов и подгосударственных программ;

обеспечение прогрессивности норм и нормативов, систематическое их обновление на основе максимального отражения в них планируемых достижений научно-технического прогресса, передовых методов организации производства и труда; использование этих норм и нормативов в качестве средства внедрения научно-технических достижений;

комплексное формирование нормативной базы для всех разделов программы;

обеспечение сопоставимости норм и нормативов, формируемых на различных уровнях планирования, путем агрегирования и дезагрегирования, а также их взаимосвязи;

автоматизация формирования и использования норм и нормативов на основе автоматизированной системы сбора, накопления и обновления норм и нормативов как неотъемлемой составной части АСУ общеизделийми и предприятиями, обеспечивающей единство нормативной базы.

Методы создания нормативной базы рассматриваются для этапа подготовки производства новых изделий — этапа, на котором она главным образом формируется.

Наряду с основными группами норм и нормативов на предприятии для обоснованности планов освоения новых изделий, из

<sup>5</sup> Кузнецова С. А., Кирица Л. В. Реализация имитационных моделей в подсистеме технической подготовки производства АСУ на базе ЕС ЭВМ//Модели управления производством.—Новосибирск, 1980.—С. 54—94.

модернизации, совершенствования технологии изготовления необходимы нормативы трудоемкости, себестоимости и длительности работ по техническому развитию предприятия. Основными препятствиями для создания полноценной нормативной базы являются большая трудоемкость первоначальной разработки нормативов, сжатые сроки подготовки и необходимость систематического обновления и уточнения их в связи с постоянным совершенствованием техники, технологии, организации труда, производства и управления.

Для ускорения процесса создания нормативной базы подготовки производства используются в основном следующие методы<sup>1</sup>:

сравнение экспертной комиссией нового изделия с аналогом;  
определение затрат на все виды и этапы работ в процентном отношении к затратам одного из этапов разработки, рассчитанным более точным способом;

определение затрат в зависимости от какого-либо одного важнейшего параметра изделия (массы, мощности, веса);

определение затрат в зависимости от нескольких важнейших технических параметров изделия, устанавливаемых с учетом множественной корреляционной зависимости.

По собственно технической подготовке производства новых изделий разрабатываются два вида нормативов:

1) укрупненные нормативы трудоемкости, себестоимости и длительности подготовки производства новых изделий;

2) дифференцированные нормативы, отличающиеся детальным разением подготовки производства на отдельные элементы.

Первый вид нормативов разрабатывается для составления планов на длительные отрезки времени (год, квартал) в целом по предприятию. Второй — для разработки планов-графиков внутри отдельных служб технической подготовки производства на более короткие отрезки времени (месяц, декаду).

Трудоемкость конструкторской и технологической подготовки производства определяется по нормативам времени в зависимости от степени новизны и сложности конструкции<sup>2</sup>.

Объем работ по технологической подготовке производства определяется в зависимости от сложности нового изделия, степени его преемственности с ранее выпущенными изделиями-аналогами, от количества унифицированных и стандартных деталей, входящих в него. Нормативы времени по технологической подготовке определяются теми же методами, что и по конструкторской, но с различной степенью укрупнения в зависимости от условий применения разработки.

Не менее важный момент планирования технической подготовки производства — определение трудоемкости и себестоимости по-

<sup>1</sup> См.: Горбокон А. А., Соколини С. А. Комплексная подготовка производства новых изделий.—Л.: Машиностроение, 1980; Власов В. Ф., Терентьев К. А. Экономика освоения производства новых изделий в машиностроении.—Л.: Машиностроение, 1976.

<sup>2</sup> См.: Барташев Л. В. Организация и экономика технической подготовки производства.—М.: Высшая школа, 1972.

вых изделий. В практике машиностроительного производства применяются различные методы укрупненного расчета этих показателей, когда суммарные затраты определяются в зависимости от одного или нескольких главных параметров изделия.

Для более точных расчетов могут быть использованы различные методы определения трудоемкости отдельных видов работ (литейных, кузнецких, сварочных, механической обработки). Сложность таких методов заключается в трудности получения эмпирических зависимостей, причем эти зависимости должны устанавливаться для определенных групп изделий.

Сложную задачу представляет расчет себестоимости будущей конструкции. Себестоимость проектируемого изделия ( $S_n$ ) укрупненно можно определить по формуле

$$S_n = C_m + C_{\text{зат}} + C_{\text{пп}},$$

где  $C_m$  — стоимость расходуемых материалов;

$C_{\text{зат}}$  — затраты на заработную плату основных производственных рабочих;

$C_{\text{пп}}$  — прочие расходы, входящие в себестоимость изделия (общепрофесиональные, общезаводские).

Стоимость материалов устанавливается исходя из заданной массы изделия и средней цены единицы материала. Для большей точности расчет производится по видам материалов (сталь, чугун, цветные металлы). Затраты на заработную плату определяются как произведение рассчитанной трудоемкости на среднедневную тарифную ставку в данном производстве. Прочие цеховые расходы определяются в процентном отношении к основной заработной плате производственных рабочих на основании заводских данных.

В практике планирования широко применяется еще более укрупненный метод определения себестоимости проектируемого изделия на основании среднеотраслевой стоимости 1 кг массы. Как показывает практика, при этом методе отклонения от действительных величин составляют 10—15%.

Метод, предложенный Л. В. Барташевым<sup>3</sup>, основан на относительном постоянстве структуры себестоимости аналогичных изделий. Проектируемая себестоимость ( $S_n$ ) определяется по формуле

$$S_n = C_m \frac{1 + K_{\text{пп}} + K_{\text{зат}}}{K_{\text{пп}}} + C_{\text{пп}},$$

где  $C_m$  — стоимость материалов, входящих в изделие;

$K_{\text{пп}}$  — отношение стоимости материалов к заработной плате основных рабочих на предприятии, где будет производиться новое изделие;

$K_{\text{зат}}$  — отношение суммы цеховых и общезаводских расходов и внепроизводственных расходов к основной заработной плате на том же предприятии;

<sup>3</sup> Там же.

$C_{\text{зф}}$  — стоимость покупных изделий и полуфабрикатов, применяемых в новом изделии.

Как показала практика, применение этой формулы дает отклонение не более 2—3% от действительной себестоимости. В качестве примеров эффективного подхода к прогнозированию трудоемкости новых изделий можно назвать работы Института кибернетики АН УССР, Опытного завода СО АН СССР<sup>10</sup>.

В первом случае предполагается, что показатель трудоемкости изготовления новой техники формируется под влиянием обобщенных факторов, таких как масса всего изделия, его габариты, коэффициенты унификации, оснащенности, блочности и др. Этот подход рассчитан, по нашему мнению, на укрупненный отраслевой уровень планирования опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ.

Разработанный на Опытном заводе СО АН СССР подход к определению трудоемкости новых изделий заключается в следующем: проводится классификация изделий, выпускаемых на опытном предприятии, с последующей их детализацией;

рассматривается проектная документация по каждому типу изделий (на основе проведенной классификации), выпущенных за прошедшие 2—3 года;

на основе этих данных разрабатываются корреляционные статистические таблицы по каждому типу изделий, содержащие  $m$  предыдущих вариантов и новый,  $m + 1$ -й базовый вариант, которые будут представлять исходную модель нового образца. Эти данные приспособлены к условиям работы на ЭВМ и содержат максимум параметров, влияющих на трудоемкость и находящихся в корреляционной зависимости с ней;

определяется аналитическая зависимость трудоемкости изготовления нового образца для каждой технологической операции.

Все эти операции выполняются по каждому виду работ для данного типа изделий, а затем рассчитываются штучные нормативы на новые образцы по формуле

$$t_{\text{шн}} = \sum_{i=1}^n t_i,$$

где  $t_{\text{шн}}$  — норма времени на изготовление нового образца изделия данного типа;  $t_1, t_2, \dots, t_n$  — нормы времени по каждому виду работ, имеющим место в изготовлении нового образца.

При таком подходе погрешность в установлении норм времени составляет 15—20%, что приемлемо для опытного предприятия, но если вести речь о применении этого подхода на промышленном машиностроительном предприятии, то можно сказать, что, как правило, на предприятии, с одной стороны, нет такого многообразия основных образцов, с другой стороны, существенно жесть требования

<sup>10</sup> Киселев Ю. М. Создание трудовых нормативов на базе ЭВМ/Экономика и организация промышленного производства.—1981.—№ 5.—С. 36—43.

к достоверности получаемых параметров. В этой связи следует напомнить, что нормирование работ для предприятия связано:

с установлением приемлемого соотношения между ростом производительности труда и расходованием фонда заработной платы;

с централизованным определением цен на новые образцы продукции;

с расчетом оптимальных календарно-плановых нормативов для перспективного и оперативного управления производством.

Требования к достоверности нормативов повышаются еще и потому, что освоение новых образцов изделий на предприятиях происходит, как правило, параллельно с выпуском ранее освоенных изделий и возможные диспропорции в установлении норм пагубно скказываются на ходе производства.

Отраслевая методика по определению нормативов трудоемкости для мелкосерийного и единичного производства автоматических роторных линий (АРЛ) устанавливает трудоемкость изделий по их технико-конструктивным параметрам и условиям производства. В основу разработки нормативов положены следующие данные:

технические расчёты (с использованием статистических методов, устанавливающих корреляционную связь факторов, определяющих трудоемкость изделия);

данные предприятия отрасли о фактической трудоемкости ранее изготавливавшихся АРЛ и выполнении норм выработки; результаты анализа организации труда и мероприятий по их совершенствованию.

Особенностью и положительной стороной отраслевой методики является то, что в ней задача прогноза трудоемкости разделена на две подзадачи (шага):

1) факторный анализ общей трудоемкости изделия (по группе однотипных изделий, например АРЛ с гидравлическим приводом инструмента);

2) вывод соотношений трудоемкости по видам работ (в процентном отношении к общей трудоемкости) в зависимости от типа производства.

Отраслевая методика дает ошибку прогноза до 20%.

Есть предложение рассчитывать трудоемкость изготовления новых изделий с помощью корреляционных зависимостей<sup>11</sup>. Работа проводится в несколько этапов:

на первом осуществляется классификация изделий по конструктивно-технологической однородности;

на втором определяется состав изделий, характеризующий общность отдельных стадий производственных процессов: изготовления деталей, сборки узлов, окончательной сборки изделия, настройки, регулировки, испытания готовых изделий;

на третьем собираются данные о трудоемкости в разрезе отдельных видов работ как по изделию в целом, так и по основным

<sup>11</sup> См.: Горбоконь А. А., Соколицын С. А. Комплексная подготовка производства новых изделий.

его сборочным единицам. Одновременно выбираются конструктивно-технологические параметры, оказыывающие влияние на трудоемкость производства изделия;

на четвертом строятся многофакторные модели, характеризующие зависимость трудоемкости от выбранных основных конструктивно-технологических параметров.

Как показали результаты апробации различных подходов к определению трудоемкости производства новых изделий, два последних подхода универсальны и дают наиболее достоверные результаты при минимальных затратах. Но они приемлемы основным на предпроектной стадии для прогноза производственной программы, для предвидения изменения производственной структуры предприятия, численности и состава рабочих. Значительная (для практики изготовления новых изделий) погрешность результатов при этих подходах (более 15%) не позволяет использовать их, к примеру, для расчетов фонда заработной платы, загрузки оборудования, длительности цикла производства изделия и других расчетов, требующих значительной большей достоверности нормативов.

Таким образом, недостатки используемых способов расчета трудоемкости новых изделий приводят к значительным просчетам в определении затрат труда, что существенно снижает обоснованность планируемых показателей по труду, отрицательно оказывается на ценообразовании, расчетах потребности в оборудовании, в площадях и численности работающих и других расчетах. Кроме этого, из-за указанных недостатков возникают то перегрузка, то недогрузка опытного производства на предприятии со всеми вытекающими последствиями, а иногда проходят срывы сроков изготовления новых изделий, существенно снижаются качество их изготовления.

Учитывая это, мы предлагаем методику создания нормативной базы. Рассмотрим ее на примере определения норм трудоемкости изготовления новых изделий в условиях промышленного предприятия.

Особенности предлагаемого подхода, который является развитием рассмотренных ранее методов, следующие:

проведение организационно-технических работ по классификации и унификации изделий и их составных частей;

использование экономико-статистических методов и математических методов экспертного оценивания для прогноза трудоемкости, в том числе для выбора факторов, определяющих трудоемкость;

прогноз трудоемкости не на все изделие в целом, а на его типовые блоки (модули) или гипотетические блоки, полученные в результате детализации;

максимальное использование вычислительной техники как в расчетах с применением математических методов и информационного фонда АСУ для прогноза трудоемкости (особенно по унифицированной части изделия), так и в реализации системы постоянного уточнения уравнений регрессии (между трудоемкостью и факторами, определяющими ее) по мере накопления данных, а также в пополнении системы моделями расчета трудоемкости новых типовых

узлов. Использование ЭВМ в этой работе обусловлено необходимости ускорения прогноза трудоемкости с целью сокращения цикла освоения новых изделий, особенно для случаев, когда освоение новых изделий происходит постоянно;

использование двухэтапного подхода при определении трудоемкости (сначала обобщенной трудоемкости, затем — по видам работ).

Данная методика была использована для прогноза трудоемкости изготовления автоматических роторных линий (АРЛ).

АРЛ — это довольно сложные изделия (до 15 тысяч составных частей), представляющие собой совокупность нескольких технологических и транспортных роторов, расположенных на общей станине в технологической последовательности и вращающихся от синхронного привода.

Первый этап работы по прогнозу трудоемкости новых изделий заключается в следующем. Организационно-технические работы по классификации изделий, в частности АРЛ, осуществляются на этапе конструкторской подготовки производства и предусматривают классификацию и унификацию изделий и их составных частей по конструкторско-технологической однородности. Для удобства методикой предусматривается обезличенная система обозначений составных частей изделия, которая является «ключом» для хранения и поиска в памяти ЭВМ унифицированной части вновь осваиваемого изделия, его трудоемкости, материлоемкости, маршрута обработки и других реквизитов.

На втором этапе изделие необходимо представить в виде отдельных типовых узлов (модулей). Для АРЛ первоначально были выделены 10 типовых узлов: 1) станина, 2) рабочий ротор, 3) транспортный ротор, 4) эмульсионные установки и коммуникации центрилизованной смазки, 5) отражение, 6) блок контроля, 7) блок отжима и расправки, 8) конвейер и транспортные устройства, 9) главный привод линии, привод автомата питания, привод шиннелей, 10) гипотетический узел, условно представляющий элементы трудовых затрат, не учтенные в узлах 1—9, к примеру затраты на сборку, покраску, упаковку, монтажные работы при окончательной сборке АРЛ и другие работы.

На следующем этапе на основе имеющегося статистического материала осуществляется сбор данных о трудоемкости ранее изготавливаемых изделий и составляющих их узлов. Одновременно выбираются конструктивно-технологические параметры, влияющие на трудоемкость изделия (из которых затем складывается трудоемкость узлов), осуществляется логический анализ факторов, а также и математический анализ степени тесноты связи между параметрами узлов и значениями трудоемкости их изготовления. При логическом анализе группа компетентных специалистов (технологов и работников по нормированию труда и заработной платы из отделов главного технолога, организации труда и заработной платы и цехов-изготовителей) проводит отбор факторов с учетом характерных особенностей каждой типовой группы узлов. Выбор конструктивно-технологических параметров осуществляется с помощью специали-

стов (конструкторов, технологов, экономистов), которые на основе личного опыта экспертиз оценивают степень влияния каждого параметра. Проводится анкетирование специалистов. Каждый из опрашиваемых может включить в анкету, кроме параметров, ранжированных по степени влияния на трудоемкость производства узлов, также дополнительные параметры (факторы).

На основании данных анкетирования составляется матрица рангов факторов. Поскольку специалисты не всегда различают силу влияния каждого из параметров, последние могут иметь одинаковые ранги. Сформированные анкеты передаются в ИВЦ на обработку, которая заключается в переформировании исходной информации<sup>12</sup>, вычислении обобщенных рангов для каждого фактора и определении степени согласованности опрашиваемых специалистов, для чего рассчитывается коэффициент конкордации. Когда мнения специалистов полностью совпадают, коэффициент конкордации равен единице, при полном несовпадении — равен нулю. Если в отношении некоторых узлов мнения экспертов расходятся, то проводится дополнительное число туров до полного согласования мнений.

Второй вариант решения задачи априорного определения подмножества факторов отличается тем, что первый опрос проводится в форме дискуссии (на первом этапе формируется общий перечень факторов, влияющих на трудоемкость изготовления узлов). Затраты времени на подготовку и проведение дискуссии меньше, чем на анкетирование. Однако при дискуссии больше вероятность конформизма экспертов.

Проведение второго этапа наиболее эффективно при организации экспертизы в режиме диалога человека и ЭВМ. Внедрение такой автоматизированной системы сбора, обработки мнений экспертов и их информационного обеспечения приводит к реальному сокращению времени на экспертизу, что важно в реальных условиях. Ценность данной системы заключается еще и в том, что она позволяет активизировать работу экспертов за счет оперативной обработки и получения результатов анкетирования, приводящих к наиболее качественному оцениванию. Анкетирование в обоих вариантах проводится по методу Дельфи<sup>13</sup>.

Наглядной формой представления результатов качественного оценивания являются гистограмма и полигон распределения обобщенных рангов влияния факторов на трудоемкость узла. При построении данных графиков на оси ординат откладываются значения обобщенных рангов, а по оси абсцисс отмечаются факторы, соответствующие данным величинам. На основании этого графического изображения все факторы по каждому узлу разбиваются на группы по степени их влияния на трудоемкость изготовления. Такая группировка позволяет производить сбор и обработку статистических данных не по всем факторам одновременно, а последовательно по группам,

<sup>12</sup> См.: Горбоконь А. А., Соколовцы С. А. Комплексная подготовка производства новых изделий.

<sup>13</sup> См.: Евланов Л. Г., Кутузов В. А. Экспертные оценки в управлении. — М.: Экономика, 1978.— С. 98—107.

пам, добавляя на каждом этапе исследования новую группировку.

Предложенный подход к определению множества факторов и существенности их влияния на трудоемкость обеспечивает системность исследований, обоснованность выводов и сокращение затрат труда на сбор и обработку данных. Пример группировки факторов, полученной в результате экспертизы, для конкретного модуля — станицы — приведен в табл. 2.1.

В результате описанных процедур для каждого узла априори определяются наборы факторов, наиболее существенно влияющих на исследуемый показатель трудоемкости.

Полученные значения подтверждают первоначальные выводы о значимости влияния определенных параметров на трудоемкость изделий, показывают целесообразность сбора исходной информации, в первую очередь для параметров, имеющих наиболее высокую оценку.

Путем математического анализа определяются парные коэффициенты корреляции между трудоемкостью и выбранными факторами. Они служат оценками правильности предварительного выделения основных факторов, определяющих трудоемкость производства изделий. Кроме того, рассчитываются парные коэффициенты корреляции между параметрами. При этом из двух факторов, имеющих значение коэффициента парной корреляции выше 0,8, в модель уравнения может быть включен только один, в наибольшей степени влияющий на трудоемкость.

Таким образом, логический и корреляционный анализы дают возможность из всего набора факторов отобрать наиболее существенные.

Далее осуществляется построение многофакторных моделей, характеризующих зависимость трудоемкости от выбранных основных конструктивно-технологических параметров. Для данного этапа важен выбор формы связи, которая определяется путем анализа конкретного экономического явления, а также по результатам аналогичных исследований. Анализ, сравнение и окончательный выбор приемлемой формы связи осуществляются с помощью коэффициента множественной корреляции, корреляционного отношения и *F*-критерия (Фишера).

Степень влияния каждого фактора оценивается по методу наименьших квадратов. В его основе лежит получение наименьшего значения суммы квадратов отклонений расчетных величин трудоемкости ( $\bar{Y}_i$ ) от фактических ( $Y_i$ ):

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2 \rightarrow \min,$$

где  $n$  — число изделий данной серии, для которых рассчитываются уравнения.

Трудоемкость изготовления узлов — довольно общее понятие, при его конкретизации по отдельным конструктурочно-технологическим видам возникает множество вариантов статистических зави-

Таблица 2.1

Группировка факторов, влияющих на трудоемкость изготовления станины

Номер группы	Обозначение фактора	Наименование фактора	Обобщенный ранг
I	$x_{1,2}$	Общее количество деталей в узле	2,5
	$x_{1,9}$	Конструкторско-технологическая сложность	2,8
II	$x_{1,1}$	Вес узла	3,5
	$x_{1,8}$	Количество роторов в станине	3,9
III	$x_{1,4}$	Порядковый номер с начала выпуска	6,2
	$x_{1,6}$	Программа выпуска	6,2
	$x_{1,3}$	Коэффициент унификации	6,3
	$x_{1,5}$	Габаритные размеры	6,3
IV	$x_{1,7}$	Количество покупных деталей	7,3

систмостей, которыми в той или иной степени можно описать исследуемый показатель.

При построении экономико-статистической модели (ЭСМ) трудоемкости изготовления типовых узлов изделия были выбраны следующие функции, наиболее часто встречающиеся в экономической практике: линейная регрессионная модель, полиноминальная регрессионная модель второго порядка, степенная модель.

Выбор конкретного вида связи для каждого узла изделия зависит от степени адекватности описания исследуемой зависимости.

Для корреляционного и регрессионного анализа статистических данных на ЭВМ ЕС был использован комплекс стандартных программ на языке ФОРТРАН, разработанный в Институте математики АН БССР и дополненный авторами. В результате анализа статистических данных по выделенным десяти типичным узлам была получена следующая экономико-статистическая модель трудоемкости изготовления АРЛ:

$$Y = \sum_{i=1}^{10} Y_i;$$

$$Y_1 = 1,811x_{1,2} - 48,888;$$

$$Y_2 = 0,343x_{1,2} + 492,607;$$

$$Y_3 = 0,116x_{1,1} + 0,486x_{1,2} + 0,074x_{1,3} + 3,536x_{1,8} - 149,923;$$

$$Y_4 = 0,254x_{1,1} + 2,877;$$

$$Y_5 = 0,304x_{1,2} - 2,727x_{1,3} + 226,556;$$

$$Y_6 = 0,788x_{1,3} - 2,818;$$

Параметры экономико-статистической модели для расчета трудоемкости изготовления узлов АРЛ

Наименование узла	Зависимая переменная (трудоемкость изготовления)	Наименование фактора	Обозначение фактора
Станица	$Y_1$	Общее количество деталей в узле	$x_{1,2}$
Рабочий ротор	$Y_2$	Общее количество деталей в узле	$x_{2,2}$
Транспортный ротор	$Y_3$	Общее количество деталей в узле	$x_{3,2}$
		Вес узла	$x_{3,1}$
		Количество покупных деталей	$x_{3,8}$
		Габаритные размеры	$x_{3,5}$
Эмульсионные установки	$Y_4$	Общее количество деталей в узле	$x_{4,2}$
Ограждение	$Y_5$	Конструкторско-технологическая сложность	$x_{5,2}$
		Порядковый номер с начала выпуска	$x_{5,4}$
Блок копротря	$Y_6$	Общее количество деталей в узле	$x_{6,2}$
Блок обжима и расправки	$Y_7$	Общее количество деталей в узле	$x_{7,2}$
Конвейер	$Y_8$	Общее количество деталей в узле	$x_{8,2}$
		Вес узла	$x_{8,1}$
Привод шпиндельей	$Y_9$	Общее количество деталей в узле	$x_{9,2}$
Гипотетический узел	$Y_{10}$	Общее число узлов 1-го уровня	$x_{10,2}$
		Общий вес АРЛ	$x_{10,5}$

$$Y_1 = 0,954x_{1,2} + 0,677;$$

$$Y_2 = 0,359x_{1,2} + 0,250x_{1,1} - 171,155;$$

$$Y_3 = 0,308x_{1,2} + 20,044;$$

$$Y_{10} = -0,255x_{10,2} - 26,241x_{10,5} + 9767,828.$$

Трудоемкости изготовления узлов линий — положительные величины, поэтому для уточнения модели вводится следующая система ограничений:

Таблица 2.4

Распределение трудоемкости изготовления автоматических роторных линий по видам работ, % в итоге

Вид работ	Мелкосерийное производство	Единичное производство
Литейные	3,3	—
Заготовительные	2,5	2,6
Сварочные	3,0	0,5
Кузнецко-прессовые и штамповочные	2,0	0,5
иные	55,0	48,0
Механическая обработка		
В том числе:		
точечная и автоматическая	26,0	23,4
фрезерная	11,0	8,3
спирально-расточная	7,5	5,5
строгательная	2,0	5,3
шлифовальная	6,0	3,7
прочая механическая обработка	2,5	1,8
Слесарно-сборочные и разметочные	27,0	36,0
Электромонтажные	4,0	9,2
Термические	1,0	—
Прочие работы	2,2	3,2

Анализ показывает запачканье уменьшение абсолютной ошибки результатов при использовании ЭСМ для прогноза трудоемкости новых изделий.

Согласно методике, подобным образом будет определяться трудоемкость только оригиналной части изделий (унификация изделий внутри отрасли превышает 50%). Общая ошибка прогноза по изделию, как показала практика, не превышает 3–4%, а для условий единичного и мелкосерийного производства это вполне приемлемо.

При дальнейшем накоплении статистического материала будет повышаться качество модели, что обеспечит еще большую ее адекватность и приемлемость для использования при прогнозе трудоемкости изготовления новых изделий.

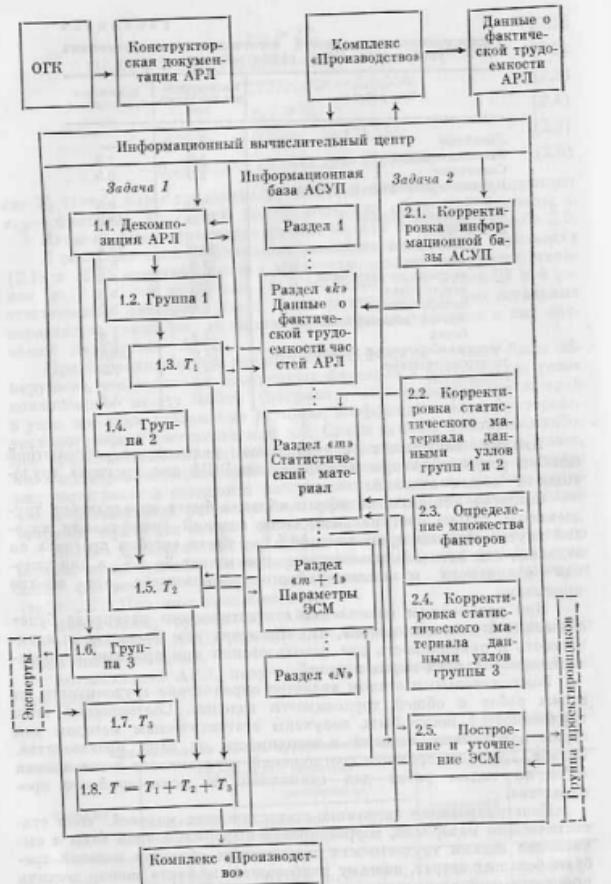
Заключительным этапом является определение трудоемкости по видам работ и общей трудоемкости изделий. Соотношения этих трудоемкостей могут быть получены статистическим методом для групп однотипных изделий в зависимости от типа производства. В табл. 2.4 даны примеры соотношений трудоемкости изготовления АРЛ по видам работ для единичного и мелкосерийного производства.

Конструирование экономико-статистических моделей, сбор статистического материала, корректировка информационной базы и вычисление оценки трудоемкости основываемых образцов изделий требуют больших затрат, поэтому наибольшего эффекта можно достичь при системной автоматизации данных работ. Автоматизированная система прогнозирования трудоемкости изготовления новой техники

Таблица 2.3

#### Сравнительная оценка трудоемкости изготовления АРЛ

Тип АРЛ	Трудоемкость, нормо-час		Абсолютная ошибка (%)	
	расчетная		отраслевой методики	ЭСМ
	фактическая	по отраслевой методике		
ЛПД-14	11 715	9717,69	11510,41	—1997,3
ЛПД-12	12 418	9717,69	11473,29	+944,7
ЛОФ-14	11 656	9728,44	12462,9	+1929,6
ЛОФ-12	11 613	10266,44	12380,37	+1346,6



*Схема 2.1. Автоматизированная система прогнозирования трудоемкости новой техники.*

на базе ЭВМ представлена на схеме 2.1. При функционировании этой системы решаются две задачи: 1) определение трудоемкости новых осваиваемых АРЛ; 2) корректировка информационной базы на основе показателей фактически изготовленной АРЛ, уточнение и проектирование экономико-статистических моделей.

В качестве исходных данных для решения задачи 1 используется конструкторская документация на вновь осваиваемую АРЛ.

**Блок 1.1.** На основе входной информации, а также информационного фонда ВЦ о показателях ранее изготавливаемых АРЛ производится их декомпозиция на три группы узлов: группа 1 – унифицированные узлы (блок 1.2); группа 2 – оригинальные узлы, для которых есть аналог в информационном фонде ЭСМ по изготовлению типовых узлов (блок 1.4); группа 3 – оригинальные узлы, для которых нет аналога в информационном фонде ЭСМ по изготовлению типовых узлов (блок 1.6).

**Блок 1.2.** В результате поиска в информационной базе определяются значения фактической трудоемкости изготовления унифицированных узлов. Она составит величину  $T_1$ .

**Блок 14.** Для узлов группы 2 определяются количественные значения факторов. Путем подстановки их в регрессионные уравнения, параметры которых определены в разделе  $(m+1)$  информационной базы, вычисляются оценки трудоемкостей изготовления этих узлов. Общая трудоемкость узлов данной группы —  $T_2$ .

**Блок 16.** Трудоемкость изготовления узлов группы 3 ( $T_2$ ) определяется количественным экспертным оцениванием по методу Дельфи.

**Блок 1.8.** Итоговое значение трудоемкости изготовления АРЛ представлено в виде суммы  $T = T_1 + T_2 + T_3$ .

Вычисленный таким образом показатель передается в раздел информационной базы МОП (модели основного производства) комплекса «Производство» АСУ «Сигма», где используется для планирования хода производства.

Рассмотрим решение задачи 2, которое осуществляется после того, как подготовка производства нового изделия будет завершена. В частности, когда станут известны данные о его фактической трудоемкости, являющиеся исходными параметрами для решения этой задачи.

**Блок 2.1** представляет корректировку информационной базы АСУП данными о фактической трудоемкости изготовления АРЛ и составляющих ее элементов.

**Блок 2.2.** В результате работы этого блока пополняются статистические данные о трудоемкости изготовления типовых узлов и значениях факторов, определяющих ее на основе информации об узлах групп 1 и 2 (раздел «т» информационной базы).

**Блок 2.3.** Работа блока необходима для пополнения информации разделов «т» и «т + 1» данными об оригиналых узлах группы 3. На первом шаге, реализуемом этим блоком, определяется множество факторов, влияющих на трудоемкость изготовления каждого из узлов группы 3, методом качественного экспертного оценивания

**Блок 2.4.** В результате работы блока статистический материал (раздел «т» информационной базы) корректируется количественными значениями трудоемкости и данными узлов группы 3.

**Блок 2.5.** Осуществляются обработка статистического материала (раздел «т» информационной базы), проектирование и уточнение ЭСМ методами корреляционного и регрессионного анализа, а также занесение полученных данных в раздел «т+1» информационной базы. Данный этап реализуется в режиме диалога группы проектировщиков с ЭВМ.

Таким образом, проблема создания нормативной базы для планирования процессов технического совершенствования и создания новых изделий на предприятии при соблюдении условий достоверности, оперативности и минимума затрат может быть решена только комплексным путем на основе экономико-статистического моделирования, экспериментного оценивания с использованием ЭВМ и автоматизированной системы управления. Практика внедрения системы на ряде предприятий показала, что она позволяет значительно сократить трудоемкость работ по конструированию ЭСМ, сбору статистического материала, корректировке информационной базы, и, наконец, непосредственному вычислению оценки трудоемкости изготавления образцов новых изделий. При этом обеспечиваются системность исследований и эффективное внедрение моделей в автоматизированные системы управления предприятием.

### § 2.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Рациональная организация информации и ее потоков является важнейшим условием эффективности управления вообще и в условиях применения ЭВМ в частности.

До недавнего времени считалось вполне очевидным, что при комплексном рассмотрении системы управления предприятием необходимо стремиться к централизации информации на ВЦ и такой структуре ее размещения на машинных носителях, которая обеспечивает однократность записи при массовом использовании. Такой подход значительно упрощает организацию обслуживания базы данных и облегчает решение задачи минимизации времени работы программ пользователей. Однако накопленный опыт проектирования и эксплуатации информационных систем показал, что необходим качественный рост их эффективности, и этот рост связан с превращением ЭВМ из средства обработки информации в инструмент управления. Это означает, что работники сферы управления должны иметь возможность непосредственно общаться с ЭВМ, конкретизируя описание ситуации, требующей принятия решения, формулируя задание на моделирование и управляемый вычислительным процессом в точках, требующих выбора альтернативных вариантов.

Следовательно, без потери комплексности автоматизированная система должна проектироваться как совокупность автономных «элементарных» систем, ориентированных на решение задач управления конкретным процессом с учетом его специфики и состояния. Такая декомпозиция, очевидно, предъявляет новые требования к организации информации.

В настоящее время отмечается значительный сдвиг в сторону создания распределенных систем обработки данных, которые способны обеспечить большую гибкость и эффективность использования, приближать структуру системы к структуре предприятия. Они позволяют решить многие проблемы и снять ограничения, присущие сосредоточенным системам: нет необходимости распределения вычислительной мощности, трудности обработки сверхбольших фондов информации, проблемы ограничения доступа и надежности. База данных при таком подходе представляется как совокупность разнесенных подбаз, каждая из которых предназначается для обеспечения задач определенного направления использования. Однако это не означает их локализации. Разработка специального информационного и программного интерфейса, обеспечивающего передачу информации между подбазами, позволяет осуществлять их согласование в динамике.

Одно из основных преимуществ разнесенных баз данных состоит в том, что при проектировании внутренних структур подбаз, режимах их использования и входных языков появляется возможность учитывать не только специфические особенности соответствующей элементарной системы, но даже частные пожелания и личные качества конкретных пользователей информации.

Очевидно, необходимость создания интерфейса и в некоторых случаях вынужденного дублирования информации в двух или более подбазах — это издержки, негативные стороны разнесенных баз. Однако ожидаемый эффект и существенное улучшение надежности и других технических характеристик вычислительной техники позволяют рассматривать их как небольшую плату за ожидаемый качественно новый скачок в совершенствовании управления.

Еще одно существенное преимущество разнесенных баз данных заключается в том, что автономность подбаз дает возможность их последовательного проектирования при условии предварительного системного анализа связей между соответствующими функциональными комплексами. Это позволяет, во-первых, уменьшить психологические и организационные трудности, связанные с освоением новой технологии управления, во-вторых, получить эффект от внедрения системы задолго до реализации полного проекта и, в-третьих, подходит к проектированию отдельных систем дифференцированно, прорабатывая их с разной глубиной в зависимости от их важности для конкретного предприятия.

С учетом вышеизложенного предлагается принципиальная схема организации распределенной базы данных (схема 2.2), включающая два основных уровня управления предприятием: уровень

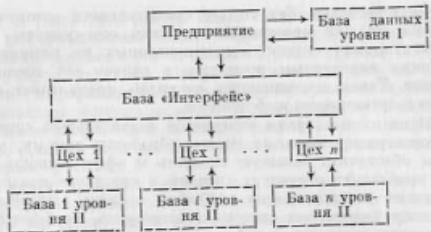


Схема 2.2. Организация распределенной базы данных.

предприятия в целом и уровень цехов. На первом из них решаются задачи планирования, учета, анализа и прогнозирования деятельности предприятия, стратегические и организационные вопросы его развития и совершенствования, а также нормирования и координации работы элементов нижнего уровня, т. е. цехов и других производственных подразделений. Координация элементов нижнего уровня осуществляется при этом как по вертикали — на основе директивной информации «сверху вниз» и учетной информации «снизу вверх», так и по горизонтали — с учетом информационных входов и выходов производственных подразделений, связанных по технологическим переходам.

На втором уровне распределенной базы данных решаются задачи планирования, учета, анализа и прогнозирования деятельности отдельных производственных подразделений, непосредственно связанных с технологическим процессом изготовления выпускаемой продукции. Элементы этого уровня следует рассматривать как подсистемы, обладающие свойством автономности. Оно заключается в том, что вопросы организации выполнения плановых заданий верхнего уровня, доводимых до каждого элемента нижнего уровня с учетом ограничений по всем ресурсам, решаются (планируются и регулируются) самими элементами нижнего уровня. При этом участки и цехи могут использовать свои критерии эффективности реализации заданий, основываясь на показателях оценки их производственно-хозяйственной деятельности.

Автономность деятельности цехов соответствует механизму координации оценки взаимодействия, согласно которой «подсистемы нижнего уровня решают локальные задачи, предлагая входы связей, находящиеся в пределах некоторых диапазонов значений, заданных подсистемой высшего уровня»<sup>14</sup>. По этому принципу цехообразно производить и декомпозицию базы данных.

Итак, для каждого цеха создается своя подбаза, состав и структура которой достаточны для эффективного выполнения функций управления цехом. Кроме того, существует база данных за-

водского уровня, предназначенная для решения заводских задач. Базы различных уровней не дублируют друг друга, так как с переходом на верхний уровень необходима агрегация данных, касающихся детализации объекта управления (например, на уровне цеха — технологическая операция, на уровне предприятия — деталь). Взаимодействие подбаз осуществляется через базу «Интерфейс», играющую роль буфера. Через нее верхний уровень передает каждому цеху плановые задания на календарный период с заданной периодичностью, а также лимиты ресурсов и изменения по нормативам. От цехов передаются информация (с затребованной периодичностью) о состоянии выпуска продукции, данные о затратах на ее выпуск, а также информация об отклонениях от заданий, если их ликвидация невозможна средствами внутреннего управления цехом.

Для нормального функционирования элементов обоих уровней большое значение имеет выполнение специальной подбазы ПП (подготовки производства). Во-первых, «продукцией» этой подсистемы и объектом ее управления является информация. Поэтому организация информационного обеспечения ПП во многом определяет круг ее задач управления, особенности их выполнения и эффективность деятельности подсистемы в целом. Во-вторых, являясь обеспечивающей для остальных подсистем, она косвенно создает предпосылки к тому, насколько будут обоснованными плановые задания и расчеты по ресурсному обеспечению планов, а следовательно, насколько правильными будут принимаемые на основе этих расчетов управленческие решения.

Основное содержание информационного обеспечения системы подготовки производства составляют документооборот и информационная база. Выбор состава первичной конструкторской и технологической документации, рациональная организация информационной базы в соответствии с современными требованиями влияют на эффективность системы ПП.

В качестве основных первичных документов системы ПП выбраны документы Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы технологической документации (ЕСТД). Основное назначение стандартов ЕСКД и ЕСТД заключается в установлении и организации на предприятиях всей страны единых правил оформления и обращения конструкторской и технологической документации. Вся необходимая информация по трудовым нормативам сопредотечена в трех видах документов: маршрутной карте, карте типового (группового) технологического процесса и в ведомости деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции). Кроме документов ЕСКД и ЕСТД, в системе предусмотрено использование некоторых других конструкторско-технологических документов в зависимости от особенностей предприятия.

При непрерывно меняющихся условиях производства проблема оперативного внесения изменений в информационную базу становится одной из самых актуальных. В практике предприятий передки

<sup>14</sup> См.: Адаптивная АСУ производством.— М.: Статистика, 1981.

случаи, когда извещения об изменении материальных нормативов, вызванные изменениями в составе изделия, запаздывают относительно последнего на несколько дней или даже недель. С еще большим запаздыванием поступают в систему извещения об изменении трудовых нормативов. Попытки отдельных предприятий объединить все конструкторско-технологические изменения в едином документе с целью обеспечения комплексности информации о корректировке одного объекта оказались неэффективными: документ «брос» большим числом согласующих подписей, увеличился в размерах, потерял оперативность и даже обозримость. Ликвидация указанных недостатков, предусмотренная в АСУ «Сигма», достигается введением нормативно-технологической карты (НТК), заполняемой в одном месте — цехе.

Установленные государственными стандартами и системами ЕСКД и ЕСТД правила внесения изменений в документы не всегда ориентированы на условия машинной обработки, что является серьезным недостатком этих стандартов. Поэтому внедрение системы внесения изменений связано с разработкой организационных процедур функционирования системы, частности с разработкой схемы распределения обязанностей между вычислительным центром предприятия и функциональными службами и инструкций, устанавливающих ответственность за достоверность информации. Одна из важных организационных проблем внедрения системы внесения изменений — проектирование первичного документа об изменениях. В системе ИП в качестве таких документов выбраны извещения об изменении в конструкторских и технологических документах, предусмотренные стандартами ЕСКД и ЕСТД и доработанные с учетом машинной обработки. На основании этих документов вносятся изменения в подбазу ИП и через интерфейс цеховые подбазы. Таким образом вносятся изменения информации о составе изделий, материальных и трудовых нормативах.

Другим первичным документом является «Изменение нормативов по цеху», согласно которому проводятся соответствующие корректировки в цеховой подбазе как по трудовым нормативам, так и по другим реквизитам. Направление и состав информации об изменениях зависят от условий предприятия, в частности от объема внедрения информационных процедур (задач) в производственных подразделениях и от типа производства.

Рассмотрим схему организации первичной нормативной информации на примере конкретного предприятия. Разработки конструкторской документации на проектируемые предприятиям изделия, а также доработка документов на изделия, разрабатываемые внешними организациями, осуществляются отделом главного конструктора (ОГК). В основной (с точки зрения формирования информации базы АСИП) конструкторский документ — спецификацию — введены дополнительные признаки: вид внешней поставки (собственного изготовления, покупная с доработкой, покупная без доработки, по кооперации), стандартизация, вид исполнения, необходимые при обработке информации в комплексе ИП и в других

комплексах. Следует отметить, что регламентацию этих обязательных в практической деятельности процедур ГОСТы ЕСКД и ЕСТД не определяют.

Спецификации по мере разработки комплектно поступают в вычислительный центр. В процессе разузлования ЭВМ контролирует состав изделия. Если сборочная единица не разузлывается (не отыскивается соответствующая спецификация), в ОГК выдается служебная распечатка, по которой выясняют причину отсутствия информации. Так осуществляется обратная связь между ВЦ и ОГК для повышения достоверности сведений о составе изделия.

После обработки спецификации ВЦ выдает ведомость покупных и комплектующих изделий. В отделе внешней кооперации (ОВК) в эту ведомость вносят некоторые необходимые данные, отсутствующие в спецификации: о завод-изготовителе, дополнительных технических характеристиках. При наличии ошибок и неточностей по представлению ОВК конструкторы вносят необходимые корректировки в документацию и сообщают об этом в ВЦ посредством «извещений о изменении». В некоторых случаях, например при поступлении конструкторской документации извне некомплектно и отдельными частями, для ускорения формирования заявки на приобретение комплектующих изделий ведомость покупных и комплектующих изделий разрабатывается конструкторами вручную. При поступлении на предприятие всей конструкторской документации на изделие производится обработка на ЭВМ, контроль и сравнение данных из спецификаций и ведомостей покупных комплектующих изделий. О всех полученных в ходе анализа несоответствиях сообщается в ОГК и ОВК. Дальнейшая обработка данных на это изделие приостанавливается до устранения несоответствий.

При освоении нового изделия в первую очередь производится автоматизированный анализ его унификации. Для этого имеющийся информационный фонд сравнивается с составными частями нового изделия и выдается информация об оригинальных и унифицированных составных частях изделия. Переход последних определяется в результате комплексного разузлования и расчета применимости деталей и сборочных единиц.

Поскольку к этому времени на предприятии имеется вся конструкторская, нормативная, технологическая и справочная информация об унифицированной части изделия, а также соответствующее технологическое и инструментальное оснащение, то необходимо подготавливать производство только оригинальных деталей, что значительно сокращает сроки подготовки производства изделий.

Таким образом, только для оригинальных деталей и узлов разрабатываются поддетальные нормы расхода материалов и трудовые нормативы, проектируются новые инструменты и приспособления, ставятся новые программы для станков с числовым программным управлением. Данная информация вводится в память ЭВМ, пополняя информационную базу предприятия. При этом анализируется ее соответствие стандартам и ограничительным нормам предприятия по номенклатуре материалов и стандартных деталей

и узлов. Не допускается чрезмерное расширение номенклатуры профилей и марок металлов и вида крепежных изделий, предупреждается изготовление деталей по устаревшим стандартам и нормативам.

В результате комплексного разузловования, расчета приемлемости и определения унификации составных частей нового изделия на ЭВМ формируется ряд сводных конструкторско-технологических документов, среди которых главную роль играет ведомость маршрутов обработки. Этот документ содержит данные о составе изделия, о входении и приемлемости сборок в сбоках более высокого уровня, а также маршрут обработки на заимствованные детали и узлы с указанием номеров цеха, участка, операции и сокращенного наименования операций. На основании расчета производственных мощностей предприятия, загрузки оборудования по цехам и производственным участкам, планов ввода в действие дополнительных мощностей, мероприятий по установке нового оборудования технологи отдела технической подготовки производства (ОТП) определяют и записывают в ведомость маршруты обработки, необходимые данные о новых деталях и узлах. Ведомость маршрутов проходит на ВЦ дополнительную обработку, в результате которой информационная база пополняется данными об оригинальных деталях и узлах. Используя эту ведомость, конструкторы передают чертежи спецификации в цеха, технологии проектируют технологические процессы изготовления деталей и узлов, работники ПДО совместно с ВЦ разрабатывают графики производства, ПЭО планируют производственно-хозяйственную деятельность предприятия, ОТИЗ проводит работы по планированию снижения трудоемкости цехам предприятия. Ведомость маршрутов обработки формируется как для одного изделия, так и для группы однотипных изделий.

Одними из самых ответственных работ на этапе подготовки исходной информации об оригинальных деталях и узлах являются разработка технологических процессов и заполнение маршрутных карт на них. Маршрутная карта технологического процесса — основной технологический документ; в нем сосредоточена большая часть нормативов по изготовлению предметов производства: код и номер технологической операции, номер цеха и участка-изготовителя, характеристики нормы, тарифной ставки, разряд работ, нормативное время, код оборудования, код профессии и другие реквизиты.

По данным информационного фонда о маршрутах обработки предметов производства на ЭВМ проверяется комплектность поступающей технологической документации, разработанной различными службами (например, отделами главного технолога и главного металлурга). Практика показала, что при разработке технологических процессов освоения новых изделий в сжатые сроки большие издержки возникали при связке частей технологического процесса, разработанных различными подразделениями. Особенно много ошибок допускалось при определении номеров технологических опе-

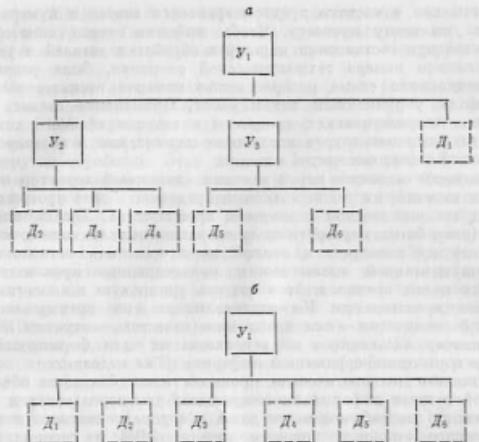
раций, так как в системе предусматривается сквозная шумерация операций по всему процессу. Чтобы избежать таких ошибок и неточностей при составлении маршрута обработки деталей и узлов и определении номера технологической операции, была разработана специальная схема распределения номеров технологических операций по укрупненным видам работ. Применение схемы при разработке технологических процессов в отделах главного технолога и главного металлурга исключило пересечения в обозначениях операций составных частей изделия.

Присущий освоению новой техники единичный характер изготавливаемых изделий, их сложность предопределяют более прогрессивный вид технологической подготовки производства. Традиционный способ (разработка маршрутных и операционных технологических процессов) не позволяет в полной мере оснастить технологической документацией единичное и мелкосерийное производство. Для этих целей предполагается создать групповую технологию и групповое производство. Не останавливаясь на преимуществах групповой технологии — они в основном известны, — отметим лишь два момента, касающиеся ее использования для формирования массивов нормативно-справочной информации на изделие.

Групповые технологические процессы из-за большого объема связанной с ними информации не пригодны для использования непосредственно на рабочем месте даже для управленческого и технологического аппарата цехового уровня. ЭВМ и специальный программный аппарат позволяют устранить этот недостаток. Появляется возможность на основе групповой технологии получить маршрутные карты индивидуальных технологических процессов на детали, входящие в групповые процессы. Полученные с помощью ЭВМ маршрутные карты на конкретные детали используются непосредственно на рабочем месте. Для оригинальных деталей нового изделия, которые можно подключить к групповому методу обработки, производится «поэлементное» проектирование технологических процессов также на основе групповой технологии. Для оригинальных составных частей изделия групповая обработка которых неделесообразна, маршрутные карты разрабатываются вручную согласно ЕСТД.

В отделе главного технолога заполняется и другой важный технологический документ — комплектовочная карта, содержащая сведения о порядке сборки узлов и их составе. При вводе в ЭВМ эти данные сравниваются с данными из массивов состава изделий и маршрутов обработки предметов производства, при отклонениях выдаются сообщения, поступающие в соответствующие службы.

Однако следует отметить, что простое сравнение данных из комплектовочной карты и спецификаций дает в ряде случаев недостоверный результат. Причина этого в несогласованности конструкторских и технологических узлов. Под технологическим узлом понимается фактически собираемый в цехе узел — учетная единица, на которую разработаны трудовые нормативы. На схеме 2.3(а) показан конструкторский узел  $Y_1$ , состоящий из узлов  $Y_2$  и  $Y_3$ .



и детали  $D_i$  (по конструкторским спецификациям), а на 2.3(б) — технологический узел  $Y_1$ , состоящий из деталей  $D_i$  —  $D_6$ . Сборка узла в цехе осуществляется непосредственно из деталей  $D_1$  —  $D_6$  на одном рабочем месте. Узлы  $Y_2$  и  $Y_3$  не учитываются и не нормируются.

Отмеченное несоответствие затрудняет формирование информационной базы для управления производством, усложняет систему внесения изменений, приводит к значительной ручной доработке документов, выдаваемых ЭВМ.

Устранить указанное несоответствие можно несколькими способами. Во-первых, путем доработки конструкторских спецификаций и чертежей, приводящий к совпадению конструкторского и технологического узла. Во-вторых, путем доработки сводных конструкторских документов, выданных ЭВМ, и внесения изменений в массив состава изделий. И в-третьих, введением нового документа «Технологическая спецификация», содержащего информацию об узле, собираемом из деталей других узлов, в него входящих.

Анализ показал, что первые два способа имеют ряд серьезных недостатков. Первый способ трудно реализовать, так как ни конструкторы, ни технологи ради формального соответствия указанных данных не поступятся качеством конструкторской документации и технологического процесса изготовления изделия. Второй

способ очень громоздкий и трудоемкий; при его реализации допускается большое количество ошибок, трудно вносить изменения в состав изделия. Третий способ представляет наиболее рациональным и естественным, отражающим фактическое состояние производства. Введение технологической спецификации в состав документооборота позволяет не только ликвидировать несоответствие между нормативными и учетными данными, но и автоматически формировать и печатать такой технологический документ, как комплектовочная карта. Для окончательного заполнения достаточно внести или скорректировать некоторые данные (номера цеха, сборочного участка, операции) в комплектовочной карте, полученной на ВЦ, что значительно снижает трудоемкость и сроки технологической подготовки производства.

Пополнение информационного фонда нормативами на материалы осуществляется на основании данных из материальных ведомостей, поступающих из бюро (отдела) материальных нормативов на оригинальные детали.

Информация, содержащаяся в рассмотренных конструкторских и технологических документах (спецификациях, комплектовочных картах, маршрутных картах, материальных ведомостях), составляя основное содержание информационного обеспечения (подбазы) технической подготовки производства, представляющего собой часть информационной базы «верхнего» уровня двухуровневой информационной системы.

Основными информационными записями подбазы подготовки производства (ПП) являются: записи о составе изделия; записи нормативов предметов производства. Наряду с ними в этой подбазе имеется ряд записей вспомогательного и спарочного характера.

Нормативная информация записывается на дисковых накопителях и магнитных лентах. Периодичные данные поступают из функциональных подразделений завода на бланках соответствующей формы. Составление записей, а также их изменения распечатываются на ЭВМ и выдаются соответствующим службам по запросу или с установленной периодичностью.

На основе подбазы ПП формируются необходимые сводные характеристики по каждому изделию (ведомость оригинальных деталей и узлов, ведомость заимствованных деталей и узлов, ведомость стандартных деталей и узлов и др.), рассчитываются и выдаются сведения о трудоемкости (ведомость сдельных норм и расценок, трудоемкость в различных разрезах — по подразделениям, по видам работ, по видам норм, по профессиям) и о материалах (подетально специализированные и сводные нормы по каждому изделию), производятся расчеты потребности в необходимых ресурсах и обеспечение информацией других комплексов АСУ предприятием, в частности комплекса оптимизации планов производства.