

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 3.1. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСА ОПТИМИЗАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В условиях интенсификации промышленного производства все большее внимание уделяется машиностроительным отраслям. Предприятия машиностроения играют ключевую роль в ускорении научно-технического прогресса, в улучшении технической оснащенности всех отраслей, в повышении качества выпускаемой продукции. Рост масштабов производства, сложность выпускаемых изделий и технологии их изготовления, ускорение обновления продукции и резкое увеличение объемов управленческой информации предъявляют особые требования к управлению машиностроительными предприятиями. Особенно актуальны вопросы управления многономенклатурными предприятиями с мелкосерийным и серийным производством. Для таких предприятий характерны быстрое обновление выпускаемых изделий и большая номенклатура изготавливаемых деталей, узлов, блоков изделий.

Данная глава посвящена опыту оптимизации планов производства машиностроительных предприятий, основу которого составляют различные стороны технологии оптимизации, а именно:

- обеспечение необходимой достоверности информации, используемой для принятия решения, ее своевременный сбор в автоматизированном режиме в достаточно жесткие сроки;
- совершенствование технологии общения пользователя — экономиста предприятия с ЭВМ;
- создание эффективных диалоговых систем оптимизации, предназначенных для целенаправленного выявления резервов предприятия и формирования проектов производственных планов, сбалансированных по мощностям и используемым ресурсам;
- проработка организационных и методических вопросов обучения пользователей применению вычислительной техники и экономико-математических методов принятия плановых решений.

Одна из важнейших проблем, возникающих при конструировании инструментария оптимизации производственных планов машиностроительных предприятий, — соотношение объекта и экономико-математической модели, при помощи которой он исследуется. Этот вопрос достаточно глубоко проработан ведущими советскими экономистами¹. Здесь мы коснемся лишь нескольких его аспек-

тов. Первый аспект — правомерность использования методов линейного программирования для исследования процессов планирования производства на машиностроительном предприятии. Этот вопрос возникает в связи с тем, что анализ реального производства с формальных позиций обнаруживает случаи нелинейных зависимостей между затратами на единицу продукции и затратами на всю продукцию. Это связано с тем, что на конечные затраты влияют размер выпускаемой партии, отработка технологии и ряд других факторов. В то же время ограничения на использование трудовых ресурсов, материалов, оборудования являются, вообще говоря, не строго детерминированными, а стохастическими величинами. Так, возможные болезни рабочих и другие причины приводят к тому, что фонд полезного рабочего времени можно прогнозировать лишь с некоторой вероятностью. То же можно сказать о полезном фонде времени работы оборудования, о сроках поставки материалов, сырья. Конечно, в модели можно учесть и нелинейные зависимости, и вероятные значения отдельных параметров. Однако это существенно усложняет модель, а следовательно, и решение проблемы внедрения методов оптимизации в практику планирования. Наши исследования позволяют сделать вывод о том, что линейная модель отражает основные зависимости между планируемой продукцией, ресурсами, используемыми на ее производство, а также показателями, характеризующими как изделия в отдельности, так и всю выпускаемую предприятием продукцию.

Второй аспект — это соотношение количества переменных и ограничений в экономико-математической модели, с одной стороны, и адекватности отражения анализируемого объекта — с другой. Мы полагаем, что выражением адекватности объекту является не увеличение количества переменных и ограничений, включаемых в модель, а выбор только наиболее существенных из них, действительно влияющих на производство продукции, характеризующих связь производства с лимитирующими факторами. Для определения таких связей предполагается широко использовать опыт и intuition экспертов-производственников, участвующих в формировании и реализации планов производства. Введение в модель только существенных ограничений — важное преимущество, значительно облегчающее анализ как модели, так и получаемого решения.

Третий аспект связан с большой размерностью задачи оптимизации планов современных машиностроительных производств. Ее определяют номенклатура выпускаемых изделий (среднее машиностроительное предприятие выпускает до 700 наименований изделий), число структурных подразделений (производств, цехов, крупных самостоятельных участков), количество вовлекаемых в производство профессий основных производственных рабочих и групп взаимозаменяемого производственного оборудования, а также увеличивающаяся (как результат научно-технического прогресса) сложность конструкций изделий и технологических процессов их изготовления. Попытки учесть все многообразие условий производства современного машиностроительного предприятия делают

¹ См.: Аганбегян А. Г. Управление социалистическим предприятием. — М.: Экономика, 1979; Аганбегян А. Г., Вагриновский К. А., Грайберг А. Г. Система моделей народнохозяйственного планирования. — М.: Мысль, 1972.

экономико-математическую модель громоздкий и не поддающийся решению на существующих достаточно мощных ЭВМ. Возможны следующие направления сокращения размерности задачи оптимизации производственной программы.

1. Сокращение количества изделий, т. е. искомым переменных в модели. Для этого применяют два способа:

не учитывают в модели изделия, для которых план фиксирован, и соответственно изменяют ограничения на ресурсы;

агрегируют информацию по группам изделий, заказах и т. д.

2. Сокращение числа ограничений по выпуску продукции путем замены ограничений типа $x_j \leq x_j \leq \bar{x}_j$ на ограничения $0 \leq x_j \leq \bar{x}_j - x_j$, где \bar{x}_j — соответствующее нижнее и верхнее ограничения на выпуск изделия j , x_j — искомая величина выпуска j -го изделия при одновременном изменении ограничений на затраты ресурсов.

3. Сокращение числа ограничений на используемые в модели ресурсы. Для этого можно использовать два способа:

исключать пассивные ограничения при помощи дополнительных расчетов²;

подключать эксперта для отбора и включения в модель только тех ресурсов (их называют контролируемыми), которые по опыту формирования и выполнения планов предыдущих лет на данном предприятии могут оказаться лимитирующими; в этом случае требуется несколько итераций для того, чтобы, сравнивая потребность полученного варианта плана в ресурсах и их наличие, можно было откорректировать набор контролируемых ресурсов и рассчитать следующий вариант плана, более точно учитывающий наличие ресурсов. Именно последний способ показал хорошее сокращение размерности задачи в рамках комплекса оптимизации планов производства в АСУ «Сигма»³.

При выборе оптимального плана производства возникает важный вопрос о целочисленности решений по определению выпуска изделий. Методы линейного программирования предполагают в общем случае получение дробных решений. Существуют точные методы целочисленного программирования (известный метод ветвей и границ и др.), однако использовать их для оптимизации планов производства трудно в связи с резким увеличением времени счета на ЭВМ и существенным сужением ограничений на размерность решаемых задач. Поэтому более удобен для практических приложений способ округления дробных решений в диалоге с экспертом, который принимает решение по каждому конкретному округлению (округление до ближайшего целого, до большего целого или какие-то другие решения). После этого производится новый

² См.: Коробкин А. Д., Мироносенций П. Б. Оптимизация производственного планирования на предприятии. — Новосибирск: Наука, 1978.

³ Поляков Ю. А. Методы оптимизации планов производства в АСУ «Сигма» // Тезисы докладов к Первой всесоюзной научно-технической конференции «Связь и проектирование многоуровневых систем управления». — Барнаул, 1982. — С. 67—69.

расчет варианта плана с фиксацией округленного значения в качестве заданной величины.

С целью обработки элементов конструкции комплекса оптимизации планов производства было выбрано базовое предприятие — Барнаульский радиозавод, работа которого достаточно полно отражает особенности предприятий машиностроения и приборостроения. Благодаря высокой культуре производства и большому опыту коллектива завода по разработке и внедрению АСУ здесь достигнут высокий уровень развития автоматизированной системы управления предприятием. Автоматизированная система управления «Барнаул» — прообраз АСУ «Сигма» — в 1972 г. охватила все цехи основного производства Барнаульского радиозавода, в связи с тем появилась реальная возможность ставить и решать в рабочем режиме оптимизационные задачи, используя информационную модель основного производства, разработанную в рамках АСУ. В частности, появились предпосылки для решения одной из наиболее сложных и трудоемких задач оптимизации планово-экономической деятельности предприятия — задачи определения годового плана производства.

Исходные положения по организации комплекса алгоритмов и программ оптимизации годового плана производства, состав параметров каждого конкретного варианта плана, границы значений и порядок их составления, перечень входной и выходной информации обсуждались на совещаниях специалистов, систематически принимающих участие в составлении годового плана производства завода.

Каждый конкретный вариант плана в комплексе оптимизации определяется такими параметрами, как:

границы возможных значений плана по каждому наименованию изделий;

перечень лимитирующих факторов и ограничения по ним; локальный критерий оптимальности.

Границы максимальных и минимальных объемов производства по каждому наименованию изделий определяются на основании заявок и контрольных цифр, установленных вышестоящими организациями. Как правило, за минимальную границу по каждому изделию принимаются значения контрольных цифр, за максимальную — некоторая величина, не превосходящая запросов заказчиков. Планово-экономическому отделу завода поручено при поиске наиболее подходящих вариантов плана в исключительных случаях сдвигать границу в ту или другую сторону в зависимости от конкретных условий.

В качестве локальных критериев оптимизации были выбраны: максимизация выпуска товарной продукции в стоимостном выражении;

максимизация выпуска валовой продукции в стоимостном выражении;

максимизация прибыли;

максимизация нормативно-чистой продукции.

Между производственной программой и показателями, характеризующими результаты деятельности предприятия, существует множество взаимосвязей, поэтому при разработке производственной программы приходится учитывать большое количество самых разных факторов. Конечно, не все условия и факторы в равной мере влияют на производственную программу и связанные с ней технико-экономические показатели. Поэтому первоначально были выделены три группы лимитирующих факторов:

- трудоемкость выполнения работ по группам профессий;
- стоимость выполнения работ по видам взаменозаменяемого оборудования;

- суммарная трудоемкость по всем работам (в нормо-часах).

Все эти три фактора рассматриваются, с одной стороны, как характеристика планируемого изделия, с другой — как ограничение возможностей предприятия. И в том, и в другом смысле лимитирующий фактор может относиться или ко всему заводу, или к какому-то одному цеху.

Необходимость выделения лимитирующих факторов потребовала тщательного анализа используемых ресурсов и выбора необходимых уровней их агрегирования. Исследования показали, что в модель нет смысла вводить большое количество наименований профессий, оборудования, видов работ, технологических операций, так как обилие информации, увеличивая размерность задачи, затрудняет сбор и обработку данных, а главное — усложняет оценку получаемых результатов. Поэтому в качестве механизма, регулирующего степень агрегирования информации, был скопирован стандарт предприятия «Технологические операции и их соответствие кодам групп оборудования, профессий, видов работ». При помощи этого документа определялись перечень видов работ, групп оборудования и профессий, а также устанавливался порядок агрегирования кооперационных технологических нормативов затрат соответствующих ресурсов. При этом в зависимости от изменения выпускаемой продукции, характера и объемов производства в этот документ вносили необходимые корректировки, обеспечивающие уточнение порядка и степени агрегирования нормативной информации.

При обсуждении исходных положений разрабатываемого комплекса большое внимание уделялось новым изделиям. Рассмотрены три способа включения в модель информации по новым изделиям.

Первый — для изделий, по которым проводился цикл расчетов в комплексе управления технической подготовкой производства (по сетевым моделям). В этом случае предусмотрена возможность использования уже имеющихся на машинах носителях сведений о планируемых нормативах затрат ресурсов.

Второй способ применяется, когда по разным документам, не введенным в ЭВМ, нормативы планируемых затрат на новое изделие известны. Для ввода этих сведений в ЭВМ они оформляются в виде специального входного документа «Трудоемкость и заработная плата изготовления изделия „...“ в „...“ году».

Третий способ (реализованный позже) применяется, когда планируемые затраты на выпуск нового изделия известны приблизительно, по аналогии с уже выпускаемыми изделиями. Для этого случая предусмотрена возможность автоматизации расчетов планируемых нормативов по данному изделию с использованием документа «Трудоемкость и заработная плата нового изделия „...“, рассчитанная через аналоги».

С помощью соответствующей автоматизированной процедуры использовать за несколько итераций может получить необходимые данные, достаточно точные, чтобы использовать их в расчетах планов производства.

В соответствии с этими положениями были разработаны документооборот и схема функционирования комплекса оптимизации планов производства (схема 3.1). Необходимо отметить, что описанный комплекс функционировал и на ЭВМ М-220, которая фактически не имела средств интерактивного режима работы. Приблизиться к такому режиму работы удалось путем применения элементов анализа конкретных ситуаций с многократными решениями оптимизационной задачи на ЭВМ.

Реализация изложенных принципов в комплексе алгоритмов и программ, выполненном в составе АСУ «Барнаул»⁴, а также многолетний опыт оптимизации планов производства подтвердили правильность и рациональность выбранных исходных положений. Они получили свое дальнейшее развитие на последующих этапах создания АСУ «Сигма» и комплекса «Оптимизация планов производства» в ее составе. Это развитие происходило в двух направлениях — функциональном и организационном.

Функциональное развитие комплекса состояло во включении новых задач. В частности, одной из компонент комплекса оптимизации планов производства стали процедуры распределения годового плана по кварталам и месяцам. Они построены на основе эвристических алгоритмов, моделирующих процедуру распределения плана производства опытным плановиком. Введение процедуры распределения годового плана по периодам позволило вместе с проводившейся раньше в автоматизированном режиме балансировки плана в целом по году (как по всему предприятию, так и в разрезе отдельных цехов и производств) производить также балансировку плана предприятия и его производственных подразделений внутри года, т. е. в динамике по месяцам и кварталам. Это дает возможность выявлять перегрузку отдельных производственных подразделений в некоторые плановые периоды и принимать организационные и технические меры для ее исключения.

Организационное направление развития комплекса состояло в более глубокой проработке и развитии диалогового метода формирования планов производства. В основу этого развития была положена идея деловой игры. При этом поиск наилучшего плана

⁴ Рабочий проект АСУ «Барнаул». — Т. 7: Определение оптимального варианта годовой производственной программы. — Новосибирск: изд. ВЦ СО АН СССР, 1974.

с 1 апреля
на утверждение

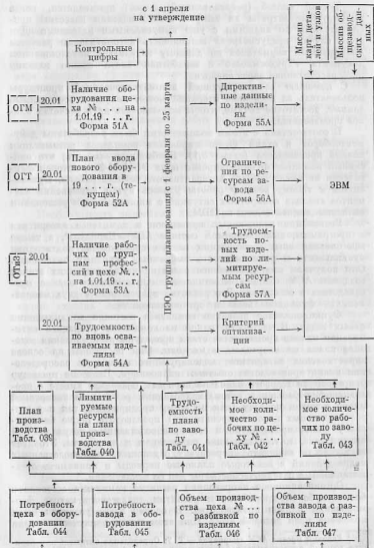


Схема 3.1. Документооборот при функционировании комплекса оптимизации годового плана производства.

превращается в исследовательскую человеко-машинную многошаговую итерационную процедуру, в которой на каждой итерации выполняется следующий цикл действий. Эксперты — ведущие специалисты и руководители предприятия и его отдельных подразделений — задают ограничения и пропорции оптимизации, которые необходимо учесть при формировании очередного варианта плана. ЭВМ по специальным программам в автоматизированном режиме формирует экономико-математическую модель с выбором из информационной базы АСУ необходимых данных, производит расчет варианта плана, определяет объем дополнительных ресурсов для выполнения этого варианта, рассчитывает технико-экономические показатели работы предприятия и цехов при выполнении данного варианта и представляет всю эту информацию экспертам. Эксперты анализируют качество полученного варианта, оценивают последствия его принятия, выявляют желательные и негативные тенденции. Так как эксперты — это коллектив руководителей и специалистов, курирующих различные области хозяйственной деятельности предприятия, то оценки могут быть разными, поэтому и предложения по продолжению исследования и поиску новых вариантов могут различаться. В этом случае можно наметить несколько вариантов последующих расчетов. Могут быть предложены различные организационно-технические мероприятия, позволяющие увеличить производительность труда по отдельным операциям, видам работ, профессиям или целым цехам, в том числе установка дополнительного оборудования, переборка рабочих или работ по цеху в цех и другие хозяйственные маневры. Все это формулируется в виде ограничений на расчет нового варианта плана.

Новые варианты генерируются до тех пор, пока не будет получен устраивающий всех вариант или набор вариантов, достаточно полно учитывающий интересы различных служб. Окончательное решение принимает директор после обсуждения полученных вариантов на технико-экономическом совете предприятия. Для более аргументированного принятия решения директор может дать задание рассчитать дополнительные варианты, которые, на его взгляд, будут в интегрированном виде охватывать интересы предприятия.

Эта многошаговая диалоговая процедура общения человека и ЭВМ превращается в исследование предлаваемой ситуации на предприятии, в активное конструирование вариантов развития предприятия в рассматриваемом плановом периоде. В этом исследовании используются опыт, интуиция пользователей-производственников при анализе полученных и генерации новых плановых ситуаций, вместе с тем при поиске наилучших плановых решений более глубоко изучается состояние производства и коллектива, т. е. происходит обучение экспертов, что не может не отразиться на эффективности принимаемых плановых решений.

Развитие диалогового метода формирования планов производства создало предпосылки для разработки на базе видеотерми-

нальной техники специальных диалоговых средств, позволяющих пользователю-экономисту вести общение с ЭВМ без посредника в лице специалиста по программированию и обработке информации.

Схема 3.2, показывающая работу комплекса «Оптимизация планов производства», построена с учетом изложенных в данном параграфе принципов.

Процедура формирования проекта плана состоит из следующих этапов:

корректировка информации о наличии трудовых ресурсов, обводования на начало года, формирование необходимых массивов хранимой информации;

расчеты по формированию проекта производственного плана предприятия. На первом этапе по данным массивов основного производства для каждого изделия формируются агрегированные характеристики затрат труда, которые являются основными исходными данными для формирования матрицы затрат по изделиям. Вместе с этим в ЭВМ фиксируется информация о наличии трудовых ресурсов и оборудовании по состоянию на 1 января текущего года, вводятся все необходимые плановые нормативы по использованию ресурсов в планируемом году. Работы первого этапа проводятся, как правило, один раз в году и обеспечивают информацией весь цикл расчетов по формированию проекта плана.

На втором этапе происходит собственно формирование проекта производственного плана. В силу того, что практически невозможно единой математической моделью описать реальное производство, процедура формирования проекта плана представляет собой итерационный процесс многовариантных расчетов. Организатором формирования является планово-экономический отдел, который концентрирует у себя информацию от служб предприятия об «узких местах» производства.

Работа по составлению оптимального плана ведется на основе действующего законодательства и сроков, определяемых им, в следующем порядке. От соответствующих служб завода и ПЭО поступает информация, требуемая для составления оптимального годового плана производства. Здесь она анализируется с целью выявления факторов, которые могут лимитировать производство. При этом используется опыт составления и выполнения планов предшествующих лет, привлекаются для консультаций работники производственно-диспетчерского отдела, отдела труда и зарплаты, инженерных служб и работники цехов. На основе полученной информации составляется первоначальный перечень лимитирующих факторов. Исходя из контрольных цифр, заявок заказчиков, с одной стороны, и составленного перечня предполагаемых лимитирующих ресурсов — с другой, составляется информация для расчета первого варианта. В эту информацию входят следующие сведения:

- границы допустимого плана по каждому наименованию;
- стоимость и рентабельность единицы каждого изделия;
- ограничения лимитирующих ресурсов;

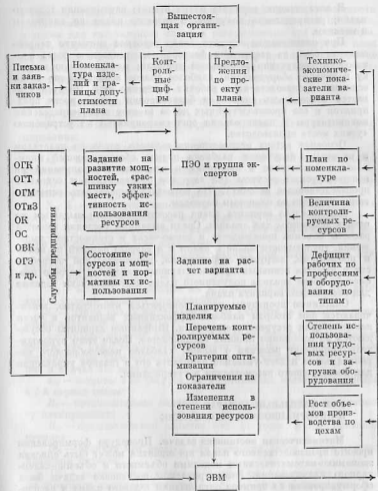


Схема 3.2. Функционирование комплекса «Оптимизация планов производства».

затраты лимитирующих ресурсов на вновь вводимые изделия; критерий оптимальности; ограничения на неотимизируемые показатели. На основании этих сведений составляются задания для формирования очередного варианта плана.

В оптимизацию варианта плана входят: оптимизация годового плана; распределение полученного годового плана по кварталам и месяцам.

При оптимизации годового плана основное внимание направлено на один из следующих факторов: максимизация роста производства; получение наибольшей прибыли; максимальную загрузку наличного оборудования; наиболее полное использование труда основных производственных рабочих в течение года. Предусматривается возможность анализа и балансировки темпов роста предприятия и его производственных цехов за счет перераспределения номенклатуры и планирования оргтехмероприятий по устранению «узких мест» производства.

Основная задача распределения годового плана по кварталам и месяцам — получение разбивки плана, обеспечивающей минимальное отклонение в кварталах и месяцах от ограничений на контролируемые ресурсы (на загрузку оборудования и основных производственных рабочих). Это позволяет выравнивать использование ресурсов по плановым периодам.

Для каждого варианта плана рассчитываются и выдаются на печать документы для анализа. Среди выданных сведений имеются расчеты объемов производства в нормо-часах и стоимостью выражения, трудоемкости плана в целом и в разрезе изделий по цехам и профессиям, загрузки оборудования, дополнительной потребности и избытка основных производственных рабочих в разрезе профессий. После анализа полученного плана подготавливают задания для следующего варианта плана.

Описанные процедуры могут повторяться многократно, заканчиваются они отбором наиболее эффективных вариантов в части использования ресурсов предприятия. Выбранные варианты обсуждаются на совещании главных специалистов. После этого руководитель принимает решение о выборе наиболее целесообразного варианта плана и дает указание направить его в главное управление для последующего рассмотрения и утверждения.

§ 3.2. МОДЕЛЬНЫЙ АППАРАТ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Математическая постановка задачи. Процедура формирования проекта производственного плана предприятия может быть описана экономико-математическими моделями объемного и объемно-календарного планирования. Рассматриваемая постановка задачи была сформулирована на примере оптимизации годового плана и распределения его по кварталам (месяцам)⁵. Она справедлива также (с не-

которыми модификациями) и для других видов плана, в частности для оптимизации пятилетнего плана и распределения его по годам, а также для квартального плана и распределения его по месяцам. Задача формулируется в предположении, что оптимизируется план на некоторый произвольный горизонт планирования, распределение при этом производится на некоторое наперед заданное число плановых периодов.

Введем обозначения:

J — количество планируемых предприятию изделий;

j — индекс изделия ($j = 1, \dots, J$);

T — количество плановых периодов в заданном горизонте планирования;

t — индекс планового периода ($t = 1, 2, \dots, T$);

X_{jt} — планируемое количество j -х изделий, выпускаемых предприятием в t -м плановом периоде;

X_j — планируемое количество j -х изделий в целом по всем плановым периодам, т. е. на весь горизонт планирования;

$\underline{X}_j, \bar{X}_j$ — соответственно нижнее и верхнее ограничения на выпуск j -го изделия в целом по всему горизонту планирования;

$\underline{x}_{jt}, \bar{x}_{jt}$ — соответственно нижнее и верхнее ограничения на выпуск j -го изделия по t -му плановому периоду;

I — количество ресурсов, используемых для изготовления планируемых изделий;

i — индекс ресурса ($i = 1, 2, \dots, I$);

A_{ij} — затраты i -го ресурса на изготовление единицы j -го изделия за полный цикл его изготовления;

L_j — длина цикла изготовления j -го изделия (в единицах измерения плановых периодов);

l — индекс периода цикла изготовления изделия (j не фиксируется, так как l всегда рассматривается одновременно с индексом изделия); при этом периоды нумеруются, начиная с выпуска изделия и кончая его запуском;

a_{il} — затраты i -го ресурса на изготовление части j -го изделия в l -й период цикла;

B_i — предполагаемое наличие i -го ресурса в целом по горизонту планирования;

B_{it} — предполагаемое наличие i -го ресурсов в t -м плановом периоде;

B_{ij} — наличие i -го ресурса для покрытия работ задела в предплановом периоде;

D_j^p — технико-экономические показатели j -го изделия в целом по горизонту планирования, где $p = 1-4$ — индекс показателя (цена, прибыль, условно-постоянная («валовая») цена, норматив чистой продукции);

D_{jt}^p — соответствующие показатели j -го изделия для t -го периода;

D^p, D_t^p — технико-экономические показатели всего плана соответственно на весь горизонт планирования и на t -й его период;

⁵ Поляков Ю. А., Пинчук В. Т. Автоматизированное формирование проекта плана предприятия на базе экономико-математических моделей — основа повышения эффективности использования производственных ресурсов/Техника средств связи. Сер. АСУ.— 1982.— Вып. 1.— С. 18—21.

$\underline{D}_i^p, \overline{D}_i^p$ — соответственно нижнее и верхнее ограничения на показатель D_i^p ,
 $\underline{D}^p, \overline{D}^p$ — соответственно нижнее и верхнее ограничения и показатель D^p .

Соотношения записываются следующим образом:

$$X_j = \sum_{t=1}^T x_{jt}. \quad (3.1)$$

Это означает, что распределяемое количество изделий должно совпадать с суммой его значений по плановым периодам.

Ограничения на выпуск изделия в целом по горизонту планирования и по каждому плановому периоду примут вид

$$0 \leq X_j \leq \overline{X}_j \leq X_{jt}, \quad (3.2)$$

$$0 \leq \underline{x}_{jt} \leq x_{jt} \leq \overline{x}_{jt}. \quad (3.3)$$

При цикле изготовления j -го изделия $L_j \geq 1$ справедливо соотношение

$$A_{ij} = \sum_{t=1}^{L_j} a_{ijt}. \quad (3.4)$$

Для значения наличия ресурсов в целом по горизонту планирования и его отдельным плановым периодам предполагается выполнение такого соотношения:

$$B_i = \sum_{t=1}^T B_{it}. \quad (3.5)$$

В действительности это соотношение не всегда выдерживается, но рассмотрение задач, не удовлетворяющих этому соотношению, является сложной научной проблемой и выходит за рамки данного исследования.

Связь между нормативами затрат ресурсов на единицу изделия и их наличием в целом и по плановым периодам устанавливается следующими соотношениями:

$$\sum_{j=1}^J A_{ij} X_j \leq B_i, \quad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{L_j-1} a_{ijt} (1 + \tau) X_j (t + \tau) \leq B_{it}. \quad (3.7)$$

Если необходимо ввести ограничения на наличие i -го ресурса для обеспечения задела на начало года (B_{i0}), то справедливо соотношение

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{L_j-1} \sum_{\tau=1}^{L_j-1} a_{ijt} (1 + \tau) X_j (\tau - q + 1) \leq B_{i0}. \quad (3.8)$$

Технико-экономические показатели плана и планируемых изделий связывают следующие соотношения:

$$D^p = \sum_{j=1}^J D_j^p X_j, \quad (3.9)$$

$$D_i^p = \sum_{j=1}^J D_{ij}^p x_{jt}. \quad (3.10)$$

При этом ограничения на них имеют вид

$$0 \leq \underline{D}^p \leq D^p \leq \overline{D}^p, \quad (3.11)$$

$$0 \leq \underline{D}_i^p \leq D_i^p \leq \overline{D}_i^p. \quad (3.12)$$

На основании изложенной терминологии и приведенных соотношений задача оптимизации плана по всему горизонту планирования формулируется следующим образом: при заданном p , максимизировать функцию

$$D^{p-p_0} = \sum_{j=1}^J D_j^{p-p_0} X_j \quad (3.13)$$

при одновременном выполнении условий (3.2), (3.6), (3.9), (3.11).

Из множества ресурсов J выбираем некоторое подмножество наиболее дефицитных, которое назовем множеством контролируемых ресурсов. Обозначим его через J_1 . Переименовав это подмножество, можно записать: $i = 1, 2, \dots, J_1$. Тогда математическая формула задачи распределения годового плана по кварталам и месяцам есть частный случай следующей задачи: минимизировать функцию

$$F = \left\{ \max_{J_1} \max_T \left[B_{it} - \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{L_j-1} a_{ijt} (1 + \tau) X_j (t + \tau) \right] \right\} \quad (3.14)$$

при одновременном выполнении всех условий: (3.1), (3.3)–(3.5), (3.7), (3.8), (3.10), (3.12). Это означает, что при выполнении заданных ограничений производится минимизация отклонений затрат контролируемых ресурсов от их наличия в каждом из периодов.

Математическая постановка задачи предусматривает в качестве горизонта планирования пятилетку, год, квартал и соответствующую разбивку на плановые периоды — годы, кварталы, месяцы. Практическая реализация в части информационного обеспечения, форм входных и выходных документов и ряда других факторов ориентирована на первом этапе на обработку режима оптимизации годового плана производства и распределения его по кварталам и месяцам.

В настоящее время алгоритм оптимизации годового плана реализован на ЕС ЭВМ в среде ОС ЕС версии 4.1 и выше. В качестве

стандартных средств линейного программирования используется ППП-ЛП в АСУ, который работает под управлением ОС ЕС с любым числом переменных. Число ограничений зависит от объемов оперативной памяти: 128 Кбайт — 1400 строк; 256 Кбайт — 5000 строк; 512 Кбайт — 12 000 строк. Максимальное число ограничений — 16 383.

Для решения задачи линейного программирования в пакете реализован модифицированный симплекс-метод с мультипликативным представлением обратной матрицы, со свободными или ограниченными переменными и двусторонними ограничениями.

Реализация алгоритма распределения производственной программы по периодам. Задача распределения годового плана по плановым периодам относится к классу задач объемно-календарного планирования. Основу объемно-календарного планирования составляет укрупненная технология производства продукции, учитывающая затраты ресурсов на различных этапах обработки изделий. В качестве ресурсов могут выступать затраты труда основных производственных рабочих по профессиям в человеко-часах, затраты времени работы групп взаимозаменяемого оборудования в станко-часах, затраты труда на некотором участке (цехе) в целом в норма-часах и т. д. Выбор учетно-плановой единицы времени зависит от длительности производственных циклов изготовления продукции и плановых периодов, на которые распределяется годовая план выпуска продукции. За учетно-плановую единицу продукции в задачах объемно-календарного планирования принимается, как правило, изделие. В зависимости от соотношения длительности цикла производства продукции и длительности планового периода задачи распределения делятся на две группы: первая — при цикле изготовления всех изделий меньше, чем плановый период, вторая группа — при цикле производства отдельных изделий больше, чем длительность планового периода.

Первая группа задач сводится к задаче объемного планирования и решается теми же методами и при помощи аналогичных моделей, что и задача оптимизации годового плана производства. Однако при этом размерность решаемой задачи существенно увеличивается, так как резко возрастает число переменных. Значительно сложнее решать задачи второй группы, т. е. при производственном цикле больше, чем длительность планового периода. Основное дополнительное усложнение (помимо оговоренного выше) заключается в том, что изделие необходимо учитывать при определении ресурсов в последовательно (без перерывов) расположенных плановых периодах, начиная от запуска и до выпуска.

Теоретически эту задачу можно сформулировать как задачу линейного программирования⁶. Если ее можно свести к блочной

структуре, то для решения целесообразно использовать специальные методы декомпозиции или блочного программирования Данишга — Вульфа и Корна — Липтака⁷. Однако в общем случае даже при наличии современных достаточно мощных ЭВМ решения данной задачи при существующих параметрах машиностроительных производств в приемлемое время с заданной точностью получить не удается. Поэтому конструируют всевозможные методы приближенных решений. Они в основном сводятся к трем направлениям.

Первое — это последовательное решение задачи для каждого планового периода в отдельности⁸. В этом случае, как правило, не удается добиться равномерности использования ресурсов. В большинстве случаев получаются перегруженными начальные расчетные периоды (в случае максимизации критерия использования ресурса) или конечные периоды (в противоположном случае). Второе направление — использование случайного поиска при выборе альтернатив и отборе правил предпочтения⁹. Однако основная сложность при данном подходе заключается в конструировании правил предпочтения и обосновании принципов подбора их для решения задачи распределения годового плана по кварталам и месяцам в конкретных условиях моделируемого производства.

Третье направление конструирования алгоритма распределения — это построение эвристических алгоритмов, моделирующих процедуру распределения плана производства по периодам опытным экспертом. Этот путь, на наш взгляд, наиболее прост и эффективен. В этом направлении сконструирован алгоритм распределения годового плана по кварталам и месяцам, выполненный в комплексе «Оптимизация планов производства» АСУ «Сигма».

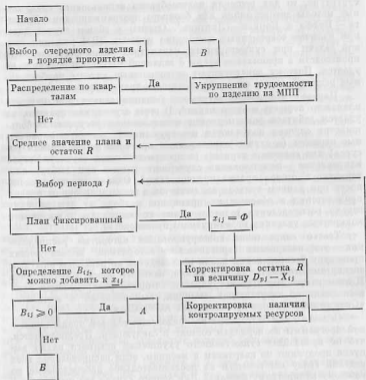
Основная идея алгоритма распределения годовой производственной программы по периодам состоит в следующем. Предполагается, что не произойдет существенного ухудшения искомого плана выпуска продукции по кварталам и месяцам, если распределение всех изделий сразу мы заменим на последовательное распределение по каждому конкретному изделию. Для общего случая это предположение неверно. Однако поскольку очередность распределения изделия задается экспертно и при этом определяется соображениями «важности» изделий с точки зрения условий их производства, трудоемкости по лимитирующим профессиям и типам оборудования и т. д., то практически отклонение такого плана от оптимального получается несущественным.

⁷ Бузаскский В. А., Зяглиця Р. А., Яковлева М. А. Численные методы линейного программирования. — М.: Наука, 1977; Юдин Д. В., Юдин А. Д. Экспериментальные модели в экономике. — М.: Экономика, 1979.

⁸ Оптимальные решения в управлении предприятием. — Новосибирск: Наука, 1969.

⁹ Танаев В. С., Шкурба В. В. Введение в теорию расписаний. — М.: Наука, 1975.

⁶ См.: Соколицын С. А. Применение математических методов в экономике и организации машиностроительного производства. — Л.: Машиностроение, 1970.



Экспертно, с учетом анализа выполнения планов производства в предыдущие годы, а также принимая во внимание фактические потери труда (из-за отвлечения на сельхозработы, срывов поставки материалов и сырья и других факторов), определяются перечень так называемых контролируемых ресурсов (учитываемых при распределении) и динамика наличия данных ресурсов по плановым периодам. Эта информация вводится в ЭВМ и большая часть ее используется алгоритмом распределения.

Для оценки динамики затрат ресурсов по плановым периодам в ЭВМ (в массиве перспективного планирования) имеется по каждому изделию информация о затратах всех используемых ресурсов по месяцам цикла производства единицы изделия.

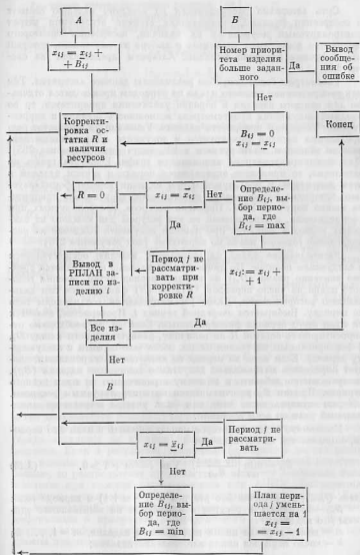


Схема 3.8. Алгоритм распределения годового плана по кварталам и месяцам.

Суть алгоритма распределения по каждому изделию состоит в построении функций, учитывающих степень отклонения затрат контролируемых ресурсов от их наличия, построении некоторого множества допустимых вариантов и выборе из них такого, который имеет лучшее значение функций. Алгоритм представлен на схеме 3.3.

Рассмотрим более подробно реализацию данного алгоритма. Так как распределение годового плана по периодам производится отдельно для каждого изделия в порядке увеличения приоритетов, то во входных документах предусмотрена возможность задания и корректировки экспертом приоритета изделия. Указание на приоритет распределения изделий фиксируется в документе «Директивные данные по изделиям, планируемыми в 19... году» (код документа 255). Для этого предусмотрена специальная графа. Если эта графа не заполнена, то приоритет определяется порядком записи изделий в этом документе. В последующем при наличии хорошо формализуемого алгоритма ранжирования изделий процедуру выбора приоритета можно поручить ЭВМ. Перечень ресурсов, контролируемых при распределении, и ограничений на эти ресурсы для каждого из плановых периодов задаются при помощи документа «Задание на распределение годового плана по периодам» (код документа 270).

Распределение плана по очередному изделию осуществляется в следующем порядке. По данному j -му изделию определяется среднее значение плана (D_{jt}) на каждый период путем деления годового плана на число периодов. Остаток (R) фиксируется для дальнейшего распределения. Далее рассматриваются все периоды года по порядку. Выбирается очередной период t . Проверяется, является ли план этого периода фиксированным. Если да, то необходимо откорректировать остаток R на величину, равную разности между D_{jt} и фиксированным значением плана, после чего перейти к следующему периоду. Если план на период не является фиксированным, следует определить максимально допустимое количество изделий (B_{jt}), которое можно добавить к нижнему ограничению на план данного периода. Причем B_{jt} рассчитывается по контролируемым ресурсам, которые остались после того, как были учтены затраты на минимальный план по всем изделиям.

Количество изделий, которое можно добавить в план t -го периода, определяется из соотношения

$$B_{jt} = \min_{m, l} \left(\frac{Q_{l, t-m+1, l}}{N_{ml}} \right) \quad \forall m, t-m+1 > 0. \quad (3.15)$$

Здесь $Q_{l, t-m+1, l}$ — наличие l -го ресурса в $(t-m+1)$ -м периоде года; N_{ml} — затраты l -го ресурса в периоде m на изготовление единицы j -го изделия;

m — номер периода цикла изготовления изделия, $m = 1, \dots, k$;

k — число периодов цикла изготовления изделия;

l — номер контролируемого ресурса, $l = 1, \dots, s$;

s — количество контролируемых ресурсов.

Предварительное значение x_{jt} выбирается таким, что

$$x_{jt} \leq x_{jt} \leq \bar{x}_{jt}; \quad (3.16)$$

$$|x_{jt} - x_{jt}| \leq B_{jt}; \quad (3.17)$$

$$|D_{jt} - x_{jt}| \rightarrow \min, \quad (3.18)$$

где x_{jt} — предварительное значение плана по j -му изделию на t -й период;

B_{jt} — максимально допустимое количество j -х изделий, которое можно добавить к нижнему ограничению на план t -го периода;

D_{jt} — среднее значение плана по j -му изделию.

После выбора x_{jt} корректируются остатки контролируемых ресурсов с учетом, что план изменился на величину $x_{jt} - \bar{x}_{jt}$. К остатку R_N прибавляем $(D_{jt} - x_{jt})$.

В результате просмотра всех плановых периодов получаются предварительные значения плана по рассматриваемому изделию и некоторый нераспределенный остаток R_N . Возможны три случая: остаток равен нулю, остаток положительный, остаток отрицательный.

В случае $R_N = 0$ распределение считается законченным, далее переходят к распределению следующего в соответствии с приоритетом изделия.

В случае $R_N \neq 0$ из общего числа периодов исключаются те, по которым план фиксирован, кроме того, исключаются периоды, по которым план уже достиг верхнего (нижнего) ограничения. На оставшиеся периоды будем распределять R_N по специальной процедуре до тех пор, пока R_N не станет равным нулю (см. схему 3.3).

Если при распределении остатка R_N по очередному изделию величина B_{jt} окажется отрицательной, то сравниваются приоритет рассматриваемого изделия и контрольный номер приоритета. Полятие контрольного номера приоритета вводится с целью установления набора изделий, производство которых не вызывает перерасхода (сверх заданного во входном документе) затрат контролируемых ресурсов. Если в результате сравнения (приоритета рассматриваемого изделия и контрольного) окажется, что контрольный приоритет больше, то распределение прерывается и выдается сообщение пользователю при помощи видеотерминала или АЦПУ. Пользователь принимает решение о целесообразности продолжения расчетов. Если же контрольный приоритет не больше, то пользователь получает информацию о приоритете распределяемого ресурса и о ресурсе, наличие которого данным изделием исчерпывается, после чего программа продолжает работу.

Возможны случаи, когда для изготовления рассматриваемого изделия не используется ни один из контролируемых ресурсов. В этом случае предварительное распределение производится по тому же алгоритму, что и для изделия, на изготовление которого расходуются контролируемые ресурсы. При этом используется неравенство $|x_{ij} - x_{ij}| \leq B_{ij}$.

После завершения полного цикла расчетов по рассматриваемому изделию переходят к следующему по приоритету изделию. Распределение считается законченным тогда, когда рассмотрены все изделия.

Остановимся на порядке формирования исходных данных, используемых при оптимизационных расчетах планов производства. Основная часть информации выбирается из цеховых массивов информации, расположенных на магнитных носителях ЭВМ. Вместе с тем используется информация, формируемая в подразделениях предприятия. Схема 3.4 показывает порядок формирования информационной базы для комплекса «Оптимизация планов производства».

Основная часть информации, используемой для оптимизационных расчетов, хранится в «Массиве перспективного планирования» (МПП). В нем находится все необходимые сведения об используемых ресурсах и их затратах на изготовление единицы каждого изделия. МПП формируется один раз в год на основе МОП цехов основного производства и информации следующих документов:

- «Номенклатура-ценник на готовую продукцию» (код 210);
- «Трудоемкость и зарплата на изделии в 19... году» (код 253);
- «Трудоемкость и зарплата на новое изделие через аналоги» (код 211);

- «Плановая себестоимость изделий на 19... год» (код 212).

Массив МПП состоит из двух групп записей различной структуры. Записи первой группы формируются из информации документов с кодами 210 и 212 и содержат сведения о ценах изделий и их плановой себестоимости. Записи второй группы содержат информацию о заработной плате в расчете на изделие в разрезе цехов, а также о затратах труда в цехе на единицу изделия по технологическим операциям в разрезе месяцев цикла изготовления изделия. Записи второй группы формируются на основании массивов МОП цехов и информации документов с кодами 211 и 253. Из массива МОП по каждой записи выбирается информация, необходимая для определения затрат труда и заработной платы на деталь по каждой технологической операции. Для определения заработной платы в расчете на массив ТАРИФ. При определении заработной платы в расчете на деталь в данном цехе необходимо просуммировать зарплату по отдельным технологическим операциям. Суммарная зарплата на деталь в цехе и затраты труда в разрезе технологических операций используются для определения затрат на каждое изделие, в которое входит рассматриваемая деталь.

Распределение трудоемкости по каждой технологической операции для изделия по месяцам цикла изготовления производится по следующим правилам.

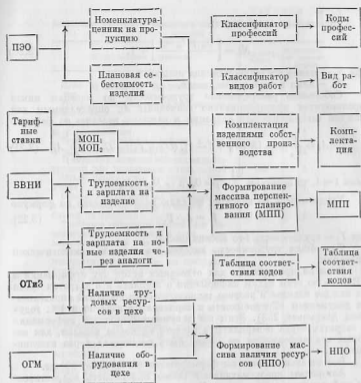


Схема 3.4. Формирование информационной базы для комплекса «Оптимизация планов производства».

Для рассматриваемой технологической операции определяются номера первого и последнего месяцев цикла, в которых выполняется данная деталь, по соотношениям

$$N_0 = \left[\frac{O_n}{k} \right] + 1, \quad (3.19)$$

где N_0 — номер первого месяца цикла;

O_n — опережение по изделию, которое выбирается из третьего раздела записи МОИ;

k — среднее количество рабочих дней в месяце, $k = 22$;

Выходные документы комплекса оптимизации планов производства

Наименование документа	Код документа	Количество экземпляров
План производства предприятия на ... год	850	1
Ресурсы, контролируемые при расчете плана ... года	851	1
Трудоёмкость выполнения плана ... года по предприятию	852	1
Требуемое количество рабочих в цехе ... для выполнения плана ... года	853	2
Требуемое количество рабочих на предприятии для выполнения плана ... года	854	2
Объём производства по плану ... года в цехе ... с разбивкой по изделиям	857	1
Объём производства на предприятии в норма-часах по плану ... года с разбивкой по изделиям	858	1
Требуемое количество рабочих (по лимитирующим профессиям) в цехе ... для выполнения плана ... года	859	1
Требуемое количество рабочих (по лимитирующим профессиям) на предприятии для выполнения плана ... года	860	1
План выпуска изделий по периодам в ... году	870	1
Затраты контролируемых ресурсов на выполнение плана по периодам ... года	871	1
Трудоёмкость плана ... года по заводу с разбивкой по периодам, норма-часы	872	2
Объём производства (в норма-часах) цеха ... по плану ... года с разбивкой по периодам	873	2
Объём производства завода (в норма-часах) по плану ... года с разбивкой по периодам	874	2
Потребность в рабочих цеха ... по периодам для выполнения плана ... года	875	1
Потребность в рабочих по цехам завода для выполнения плана ... года по периодам	878	1
Себестоимость товарной продукции по плану завода на ... год	877	1
Объём товарной продукции завода по плану ... года	878	1
Объём валовой продукции завода по плану ... года	879	1

$\left[\frac{a}{b} \right]$ — знак целой части;

$$N_k = \left[\frac{O_n + T_n - 1}{k} \right] + 1, \quad (3.20)$$

где N_k — номер последнего месяца цикла;

T_n — цикл изготовления детали.

Собственно распределение трудоёмкости по месяцам цикла производится пропорционально значениям A_i , определяемым для каждой технологической операции и каждому изделию по формуле

$$A_i = \frac{1}{T_n} [\min (K(N_0 + i - 1), (O_n + T_n)) - O_n] - \sum_{j=1}^{i-1} A_j, \quad (3.21)$$

если $i = 1$, то полагаем $\sum_{j=1}^{i-1} A_j = 0$, $n = N_k - N_0 + 1$.

Трудоёмкость по каждому изделию подсчитывается по формуле

$$T_i = A_i \cdot T, \quad (3.22)$$

где T_i — трудоёмкость i -го месяца цикла;

T — общая трудоёмкость изделия по данной технологической операции.

Если на предприятии для отдельных цехов нет информации в ЭВМ, то по этим цехам информация о зарплате и о затратах труда на каждое изделие в разрезе технологических операций определяется документом «Трудоёмкость и зарплата на изделие в 19... году» (код документа 253). Этим же документом выводится информация о затратах труда и зарплате в расчете на новые изделия, для которых эта информация не может быть рассчитана через изделия-аналоги.

Все остальные массивы формируются значительно проще.

Алгоритмы предусматривают также возможность корректировки информационного массива. Внесение изменений в информационные массивы производится на основании «Известия об изменении», утвержденного согласно ГОСТу 2.503-68. Корректировка ин-

Таблица 3.1

Перечень входных документов

Наименование документа	Код	Периодичность поступления	Дата поступления
Директивные данные по изделиям, планируемым в 19... г.	255	Перед расчетом планов	За 20 дней до расчетов
Задание на оптимизацию годового плана	256	Перед расчетом годового плана	За 15 дней до расчетов
Задание на распределение годового плана по периодам	270	Перед расчетом плана по периодам	То же

формационных массивов осуществляется с помощью тех же форм входных документов, по которым массивы созданы.

Информационная база, сформированная в таком порядке, позволяет провести полный цикл оптимизационных расчетов для автоматизированного формирования годового производственного плана,

распределения его по кварталам и месяцам, а также для получения выходных документов, достаточно полно характеризующих вариант плана. Для ввода информации каждого варианта расчетов используются дополнительные входные документы, описанные в табл. 3.1.

Эти документы формируются планово-экономическим отделом и передаются в информационно-вычислительный центр для расчетов на ЭВМ по оптимизации плана и получению необходимых технико-экономических характеристик рассчитанного плана.

В результате расчетов по алгоритмам оптимизации годового плана и распределения его по периодам получается решение, которое записывается в массивы PLAN и RPLAN.

С использованием информационной базы и полученных планов по специальному дополнительному заданию при помощи комплекса рассчитываются и выдаются на печать таблицы, характеризующие полученный вариант плана. Перечень их приведен в табл. 3.2.

§ 3.3. ДИАЛоговые Средства Организации РАСЧЕТОВ ПЛАНА

Опыт разработки, внедрения, многолетней эксплуатации комплекса оптимизации планов производства на конкретных предприятиях в рамках АСУ «Барнаул» и «Сигма» показал практическую целесообразность и эффективность использования метода диалога при решении в целом неформализуемой задачи оптимизации производственных планов предприятий. Процесс формирования плана предприятий представляется как некоторый итеративный процесс взаимодействия эксперта, имеющего опыт формирования и выполнения плана в условиях реального производства, и электронно-вычислительной машины, выполняющей расчетные процедуры в рамках однозначно заданной экономико-математической модели. Каждая итерация этого процесса заканчивается получением и анализом очередного варианта плана производства. При этом функции эксперта и ЭВМ четко определены и дополняют друг друга в процедуре формирования плана.

Эксперт выполняет в процессе диалога следующие функции.

1. Рассматривает планируемую вышестоящей организацией программу, анализирует наличие и состояние ресурсов предприятия, учитывает запросы заказчиков, состояние связей по материально-техническому обеспечению и ряд других обстоятельств и формирует информацию для первой итерации, определяя при этом:

перечень планируемых предприятием изделий и ограничений на их выпуск (минимальные и максимальные запасы на каждом наименовании);

набор контролируемых ресурсов, т. е. таких ресурсов, которые вводятся в модель в качестве ограничений (составление контролируемого набора позволяет резко сократить размерность решаемой задачи и облегчает эксперту анализ факторов, влияющих на план);

ограничения на технико-экономические показатели формируемого плана;

критерий оптимизации.

2. Анализирует получаемый на каждой итерации вариант плана, сравнивает данный вариант с предыдущим по реальности выполнения, достаточной эффективности и полноте использования ресурсов, наличию и возможности ликвидации «узких мест» производства.

3. Планирует меры по устранению «узких мест» и использованию ресурсов предприятия, выполняемые соответствующую корректировку ограничений на используемые ресурсы и технико-экономические показатели получаемого плана, замену критериев оптимизации.

При этом эксперт имеет широкие возможности изменения исходных условий, в частности:

изменения выпуска отдельных изделий;

уменьшения или увеличения численности рабочих основных профессий как в целом по заводу, так и по цехам основного производства;

перевода рабочих отдельных профессий из одного цеха в другой;

возможного снижения трудоемкости и роста производительности труда по отдельным цехам или профессиям на основе дополнительных организационно-технических мероприятий;

перераспределения номенклатуры выпускаемых деталей и изделий между цехами завода.

4. Принимает решения о приемлемости полученного варианта плана и завершает процедуру формирования плана или о выборе направленной генерации новых вариантов исходных данных и соответствующих им вариантов искомого плана.

В качестве экспертов могут выступать группа руководителей и главных специалистов предприятия. Возглавлять ее может директор или его заместитель по экономическим вопросам. В группу могут входить руководители функциональных отделов и служб, и каждый из них представляет (а вместе с этим и защищает) интересы своей службы. Интересы представителей служб, как правило, противоречивы, поэтому есть необходимость в итеративном процессе формирования плана рассмотреть (и по возможности учесть) предложения каждой службы, сопоставить их с общими показателями формируемого плана и выбрать те варианты, которые в большей мере отражают общие интересы.

Такая организация человеко-машинных процедур формирования плана производства создает каждому пользователю условия для наиболее полной реализации опыта, профессиональных знаний и направления их на исследование возможных путей работы предприятия в плановом периоде, на анализ и выбор наиболее эффективных из них.

Но для этого необходимо применять специальные диалоговые системы, позволяющие на основе видеотерминалов организовать общение человека с ЭВМ при подготовке предложений дляприятия

плановых и хозяйственных решений. Одно из основных требований к этим системам заключается в том, чтобы работа с ними была достаточно простой, удобной. При этом предполагается, что правила общения с ЭВМ можно достаточно быстро усвоить за пультом, без каких-либо дополнительных занятий, без привлечения литературы.

Диалоговый режим вносит глубокие изменения в методы управления. Он существенно влияет на децентрализацию ответственности, улучшает качество информации на всех уровнях управления предприятием, расширяет круг пользователей, большее признание АСУ и заинтересованность в ее более полном внедрении. Можно заметить, что в настоящее время диалоговый режим функционирования АСУ считается одним из самых привлекательных, играющих большую роль в эффективной организации работы системы.

Анализ существующих диалоговых систем показал, что среди них нет готовых для практического применения, удовлетворяющих требованиям по организации человеко-машинных процедур формирования плана производства. Поэтому в рамках АСУ «Сигма» для расчетов планов производства была разработана специальная диалоговая система.

Диалоговая система предназначена для организации работ по решению той или иной задачи в диалоговом режиме. Система универсальна в том смысле, что может обрабатывать любую задачу (комплекс задач), именуемую в дальнейшем проблемой. Для обработки проблемы с помощью диалоговой системы необходимо, чтобы в ее информационной базе было все необходимое по данной проблеме и были разработаны соответствующим образом проблемные программы.

Система является открытой. В дальнейшем можно добавлять в нее новые функции, какие-то изменять без переработки системы в целом, а некоторые исключать.

Диалоговая система состоит из диалоговых средств и проблемной части.

Диалоговые средства являются ядром диалоговой системы и концентрируют в себе функции организации диалога. Проблемная часть представляет собой управляющую информацию для ведения диалога по конкретным проблемам. На каждую проблему, которая может быть исследована при помощи диалоговой системы, разрабатывается сценарий, представляющий собой дерево (точнее, ориентированный граф) возможных решений пользователя по данной проблеме и соответствующих процедур ЭВМ по каждому принятому решению. Сценарий служит для организации правильного выбора последовательности выполняемых ЭВМ процедур и действий, вместе с тем он «подсказывает» пользователю на каждом шаге весь перечень возможных продолжений, из которого человек выбирает единственный, на его взгляд наиболее целесообразный, путь.

Исследовать проблемы в данной системе можно не только в соответствии со сценарием. Помимо сценария существует набор работ, который выполняется системой по специальному заданию пользователя. В этот набор могут входить отдельные фрагменты сценария.

В то же время есть и дополнительные работы, не включенные в сценарий. Это, например, предоставление разнообразных справок о планируемых изделиях, их технико-экономических показателей, сведений из введенной, промелучной и результирующей информации выполненных расчетов.

Работа по выбранной проблеме может быть выполнена в одном из трех режимов:

а) в диалоговом режиме, когда работа ведется по заранее заданному сценарию и инициатором является система, а пользователь на каждом шаге выбирает одно решение из предложенного перечня (так называемый принцип меню);

б) в пакетном режиме, когда пользователь вводит несколько заданий системе, сопровождая их необходимой служебной информацией; система при этом проверяет правильность задания, полную необходимую информацию, принимает задания, которые она может выполнить, и организует их выполнение, информируя с помощью видеотерминала о каждой выполняемой работе;

в) в запросном режиме, когда пользователь дает системе отдельные запросы типа заданий-справок, не требующих много времени на работу ЭВМ.

Диалоговая система включает следующие компоненты: язык пользователя; архив диалоговой системы; управляющую программу; библиотеку программ системы; библиотеку информации пользователей.

Язык пользователя представляет собой набор операторов, при помощи которых пользователь общается с диалоговой системой.

Язык может изменяться за счет добавления новых и изменения функций действующих операторов. В предлагаемой версии язык пользователя включает такие группы операторов, как:

обеспечивающие начало, окончание и прерывание сеансов работы пользователя с системой;

осуществляющие режимы диалога, когда последовательность работ предлагает система;

обеспечивающие режим пакетной обработки заказов пользователей;

обслуживающие операторы, предоставляющие пользователю необходимую справочную информацию о порядке работы с диалоговой системой в целом и по каждой отдельной проблеме, включенной в систему.

Имена операторов — это слова русского языка, смысл которых в основном совпадает с функциями соответствующих операторов языка пользователя. В число имен операторов входят следующие: **ВОЙТИ**, **ВЫЙТИ**, **ДИАЛОГ**, **ПАКЕТ**, **ЗАПРОС**, **СПРАВОЧНИК**, **СТРАНИЦА**, **ВОЗВРАТ**. Уже по именам операторов можно догадаться, что **ВОЙТИ** и **ВЫЙТИ** служат для начала и окончания сеансов работы пользователя с системой; **ДИАЛОГ**, **ПАКЕТ**, **ЗАПРОС** определяют основные режимы работы системы (диалоговый, пакетный, запросный); **СПРАВОЧНИК** предназначен для информирования пользователя о порядке работы системы.

Оператор **ВОЙТИ** служит для организации начала работы диалоговой системы. Он помогает пользователю выбрать интересующую его проблему (из списка предусмотренных в системе проблем), проверить, имеет ли право обратившийся пользователь работать по данной проблеме (т. е. организует представление пользователя системе), готовит некоторую информацию для дальнейшей работы системы. Любой сеанс работы пользователя с системой должен начинаться с операторов **ВОЙТИ** или **СПРАВОЧНИК**.

Оператор **ВЫЙТИ** предназначен для прекращения работы диалоговой системы. Пользователь может обратиться к этому оператору в любой момент работы с системой, когда она готова к вводу информации пользователя с пульта дисплея.

Оператор **СПРАВОЧНИК** служит для получения на экране дисплея сведений о диалоговой системе (возможности системы, правила начала работы с ней), а также о том, какие проблемы, интересующие пользователя, подготовлены для решения с помощью диалоговой системы. Пользователь может обратиться к оператору **СПРАВОЧНИК** в любой момент, когда система ожидает ввода информации.

Оператор **ДИАЛОГ** служит для выполнения в диалоговом режиме работ, относящихся к выбранной проблеме. Обращаться к этому оператору имеет смысл только при условии, что до этого пользователь закончил работу с оператором **ВОЙТИ**. Иначе управляющая программа проигнорирует это обращение и предложит пользователю поработать с операторами **ВОЙТИ** или **СПРАВОЧНИК**.

Оператор **ВОЗВРАТ** предназначен для возврата на несколько вершин назад по сценарию, если система работает в диалоговом режиме. К оператору **ВОЗВРАТ** имеет смысл обращаться только в процессе работы с оператором **ДИАЛОГ**.

Оператор **ЗАПРОС** используется для организации работ в запросном режиме. С помощью этого оператора на экран выводится различные реквизиты нормативно-справочной информации. Оператор предназначен для выполнения работ, не требующих длительного времени. Обращаться к нему следует после завершения работы с оператором **ВОЙТИ**.

Оператор **ПАКЕТ** предназначен для организации выполнения работ в пакетном режиме. Он позволяет пользователю запросить список работ, предусмотренных в данном режиме по выбранной проблеме. В этом режиме система выдает результаты работ только после их полного завершения.

Обращаться к этому оператору следует только при условии, что до этого пользователь завершил работу с оператором **ВОЙТИ**. Иначе управляющая программа предложит пользователю обратиться к операторам **ВОЙТИ** или **СПРАВОЧНИК**.

Оператор **СТРАНИЦА** служит для того, чтобы листать страницы выводимого на экран текста. Если в процессе диалога сформирован текст запроса, размещающийся на нескольких страницах (под страницей понимается порция информации, которая помещается на экране дисплея), то на экран автоматически выводится только пер-

вая страница. Для получения на экране любой из последующих страниц и используется оператор **СТРАНИЦА**. Кроме того, он нужен, чтобы листать текст справочника (в операторе **СПРАВОЧНИК**) в прямом и обратном направлениях, а также вывести выборочно любую страницу сформированного текста.

Управляющая программа распознает имена операторов по первым трем символам.

Архив диалоговой системы состоит из двух частей — системного и проблемного архивов. Системный архив включает:

- список операторов языка пользователя и имена программ, реализующих выполнение функций данных операторов;
- справочную информацию, в том числе описание назначения и использования операторов языка и общие сведения о диалоговой системе, инструкции по ее эксплуатации;
- информацию о порядке работы с проблемным архивом, список проблем, структуру проблемного архива и сведения об организации работ с ним.

Проблемный архив состоит из разделов, в каждом из которых скопирована информация по отдельной проблеме. Перечень проблем может быть расширен или изменен. Каждый из разделов вместе с соответствующим набором программных компонентов может быть заменен.

Раздел по отдельной проблеме содержит следующие сведения:

- 1) номер и наименование проблемы;
- 2) перечень пользователей, допускаемых к проблеме (и при необходимости пароли пользователей);
- 3) справочные данные по работе в рамках проблемы, в том числе:
 - перечень выполняемых (и соответственно запрашиваемых) работ;
 - формат результатов, выводимых в ходе работы;
 - порядок запроса работ (формат вводимых управляющих данных);
 - описание алгоритмов и программного комплекса по проблеме, инструкции пользователю по эксплуатации;
- 4) управляющую информацию для работы по заранее заданному сценарию, в том числе перечень точек входа в сценарий и перечень узлов сценария с текстами вопросов и с перечнем программных компонент для реализации процедур на пути от узла к узлу;
- 5) управляющую информацию, обеспечивающую работу в пакетном и запросном режимах, которая включает, помимо оговоренного выше, следующее:

- перечень программных компонент, реализующих запрашиваемые работы;
- ограничительные условия приема задания к исполнению (перечень и формат служебной информации, ограничения на последовательность выполнения программных компонент, перечень массивов используемой информации и сведения о порядке поиска этих массивов);

список незаконченных заказов (сеансы связи) и их содержание, где указываются: идентификатор пользователя и дата начала сеанса; номер заказа по порядку; список запрашиваемых работ; список фактически выполняемых (или список пройденных по сценарию) работ; дата прерывания.

Управляющая программа обеспечивает ввод директив пользователя и организацию их выполнения при помощи архива, библиотеки программ системы и библиотеки информации пользователя.

Библиотека программ представляет собой набор программных компонент, реализующих функции диалоговой системы, включая ее системную и проблемную части. Она является некоторым подмножеством библиотеки программ математического обеспечения ЭВМ, т. е. включается в библиотеку операционной системы.

Библиотека информации пользователя — это совокупность наборов данных, в которой записана информация, используемая при работе по любой из заданных проблем.

Пользователь работает с диалоговой системой с помощью видеотерминала в следующем порядке. После включения терминала и загрузки в оперативную память управляющей программы пользователь на клавиатуре терминала набирает оператор ВОЙТИ. По этому оператору система информирует пользователя о перечне и характере проблем, над которыми можно работать. Пользователь называет интересующую его проблему, введя ее номер в соответствии с предложенным перечнем. После этого в ЭВМ вводится идентификатор пользователя. Система проверяет по соответствующему перечню право пользователя на работу с проблемой и при необходимости запрашивает пароль (если допуск к информации по проблеме ограничен). На этом работа оператора ВОЙТИ заканчивается. Если вводимого идентификатора пользователя нет в перечне системы, а также если неверно введен запрашиваемый пароль, то пользователь к работе с проблемой не допускается, о чем на терминал выдается соответствующее сообщение.

Если пользователь допущен к работе с системой, то он может или вызвать оператор СПРАВОЧНИК — для выяснения возможностей системы по данной проблеме и организации работ по ней, или определить режим своей последующей работы, набрав один из операторов по диалоговому, пакетному или запросному режимам.

Выполнив намеченные работы в выбранном режиме, пользователь может перейти на другой режим или закончить сеанс связи с ЭВМ при помощи оператора ВЫЙТИ.

Если необходимо перейти к выполнению работ по другой проблеме, то нужно вновь набрать оператор ВОЙТИ, указать интересующую проблему и вести необходимые расчеты по аналогии с оговоренными выше. Последовательность работы диалоговой системы и ее основные компоненты показаны на схеме 3.5.

Для диалоговой системы разработан набор специальных алгоритмов.

1. Алгоритмы создания массивов информационной базы диалоговой системы:

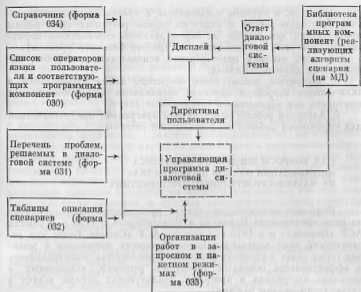


Схема 3.5. Компоненты диалоговой системы и последовательность ее работы.

формирование массива «Перечень операторов языка пользователя» (S1), создаваемого на основе документа «Список операторов языка пользователя» с кодом 030;

формирование массива «Перечень проблем, решаемых в диалоговой системе» (S3), создаваемого на основе документа с кодом 031;

формирование массива «Описание сценария проблемы» (XXYS3), создаваемого на основе документа с кодом 032 (первые три символа, отмеченные знаком X, соответствуют идентификатору проблемы);

формирование массива на основе документа «Информация для организации работ в запросном и пакетном режимах» (код 033);

формирование «Массива справочной информации», создаваемого на основе документа «Справочная информация о работе диалоговой системы» (код 034).

2. Алгоритмы работы диалоговой системы, включающие в себя обработку пакетов прикладных программ для любого комплекса задач, в частности ППП «Автоматизированное формирование проекта плана предприятия», с использованием дисплея в трех различных режимах:

диалоговом, построенном по принципу «меню»;

запросом, в котором пользователь с пульта дисплея запрашивает некоторую работу и видит на экране результат (этот режим предназначен для вывода на экран различных реквизитов нормативно-справочной информации и не требует большого времени); пакетом, который целесообразно использовать для работ, выполняемых длительное время.

3. Алгоритмы, реализующие операторы языка пользователя и включающие подробное описание организации функционирования комплекса при обращении к каждому оператору.

4. Алгоритм работы управляющей программы, предназначенной для управления работой всей диалоговой системы.

§ 3.4. ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСА «ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВ ПРОИЗВОДСТВА» НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Комплекс оптимизации планов производства функционирует на ряде предприятий Барнаула и Новосибирска с 1973 г. в рамках АСУ «Барнаул» и с 1976 г. в рамках АСУ «Сигма». Более чем десятилетний опыт подтвердил целесообразность постановки и решения таких задач в условиях реального производства, рациональность и эффективность основных проектных решений, заложенных в комплекс алгоритмов и программ, реализующих данные задачи в автоматизированном режиме.

Получаемые при помощи комплекса планы производства, как правило, на 4—6% более эффективны в сравнении с составленными традиционным способом. Последние не позволяли оценить равномерность и полноту использования трудовых ресурсов и оборудования, возможность реализации плана на каждом производственном участке в разрезе закрепленного за ним оборудования, номенклатуры производимых деталей и узлов, професий основных производственных рабочих. Поэтому с точки зрения оптимального подхода такие проекты плана были недопустимыми. Выполнение такого плана, как правило, заканчивалось тем, что на том или другом участке появлялись «всплески» перегрузки или недогрузки в отдельные плановые периоды или в целом за год. Для ликвидации таких «всплесков» в срочном порядке приходится переводить рабочих из цеха в цех, передавать номенклатуру выпускаемых деталей, а это вызывает необходимость дополнительной подготовки производства, перестройки технологии на ходу и ряда других срочных мер. Все это требует дополнительных затрат, сверхсрочных работ и приводит к снижению качества работы и очень часто к срыву выполнения государственного плана.

Автоматизированное формирование проекта плана при меньших затратах труда позволяет в более короткий срок провести не один, а целый цикл расчетов вариантов плана. Это создает реальную возможность организовать централизованную работу по выявлению «узких мест» и наметить мероприятия по их ликвидации.

Современное получение сведений о несовпадении структуры производственных мощностей и професий рабочих со структурой формируемого плана позволяет провести работу с заказчиками и по согласованию с ними сократить «ножницы» в структуре плана и мощностей.

Если же в результате расчетов получится не один допустимый вариант плана, а некоторое их множество, то с помощью методов оптимизации можно выбрать такой вариант, который наилучшим образом отражает интересы предприятия.

Однако потенциальные возможности оптимизационных методов, к сожалению, не полностью используются в условиях действующего хозяйственного механизма. Практика планирования от достигнутого, недостаточная заинтересованность коллективов в повышении напряженности планов существенно сдерживают внедрение методов оптимизации в плановую практику предприятий. Вместе с тем излишняя регламентация деятельности промышленных предприятий, планирование выпуска большинства изделий уменьшают степень свободы принятия решений и сужают возможности маневрирования в использовании ресурсов. Это приводит к уменьшению эффективности формируемых планов и ухудшает показатели работы предприятия.

Существенно влияет на качество формируемого плана недостаточная узкая методик планирования производства и материально-технического обеспечения. В частности, проект плана и заявки на материалы и покупные комплектующие изделия формируются примерно в одно и то же время (февраль — март), однако при уточнении проекта плана производства в середине года директивные включения в план дополнительных изделий не всегда сопровождаются своевременным выделением дополнительных лимитов по обеспечению материально-техническими ресурсами.

Вместе с этим частая сменяемость изделий и высокие темпы роста выпуска новых изделий, как правило, превышают темпы роста продукции заводов-поставщиков, поэтому сдерживаются освоение и планируемый рост объема производства новой техники, что приводит к срыву выполнения заданий по новой технике или срочным корректировкам плана, существенно влияющим на показатели работы коллектива.

Многочисленные «волевые» корректировки, отвлечение работников на сельскохозяйственные, строительные и другие работы вызывают несоответствие структур плана и ресурсов, что приводит к нестабильности выполнения его с соответствующими потерями по эффективности использования ресурсов. Все это вызывает необходимость в разработке процедур имитации выполнения получаемых вариантов планов.

Комплекс оптимизации планов производства можно конструктивно использовать как в составе АСУ «Сигма», так и автономно. При автономном использовании комплекса информация о затратах по каждому изделию формируется вручную и вводится в ЭВМ по формам, предусмотренным для вновь осваиваемых изделий. Однако

для многократных расчетов практически невозможно вручную подготовить информацию в требуемые сроки. Поэтому, на наш взгляд, для предприятий с большой номенклатурой выпускаемых изделий не следует рекомендовать автономное внедрение оптимизационных расчетов производственных планов предприятия.

Степень внедрения в плановую практику и полнота использования возможностей комплекса оптимизации планов производства в существенной степени зависят от уровня подготовленности пользователей. Поэтому большое внимание уделяется их обучению. С этой целью разрабатываются различные формы активного обучения.

В комплекс «Оптимизация планов производства» АСУ «Сигма» включена «Деловая игра оптимизации планов» (ДИОИП), которая является одной из форм активного обучения пользователей.

Содержание деловой игры. Предполагается, что на предприятии уже внедрен комплекс «Производство», охватывающий все цехи основного производства и позволяющий получать достоверную информацию для оптимизационных расчетов. Для обучения пользователей комплекс оптимизации планов производства может использоваться автономно на базе данных контрольного примера. Предлагаемая деловая игра состоит из двух фрагментов, каждый из которых включает несколько этапов, а последние — эпизодов.

Фрагмент 1 «Диалоговая система» предназначен для получения необходимых навыков работы с диалоговой системой в той мере, в какой это целесообразно для разработки планов.

Фрагмент 2 «Автоматизированная разработка планов АСУ „Сигма“» — собственно деловая игра.

Игровые роли полностью соответствуют «ролям», которые приходится «играть» работникам предприятия при разработке различных планов. Прежде всего это работники АСУ, отвечающие за внедрение и эксплуатацию комплекса оптимизации планов производства. Они должны хорошо знать возможности комплекса, с тем чтобы выступать в качестве консультантов для работников других отделов и служб предприятия. Другие роли: директор, главный инженер, заместитель директора по экономике (главный экономист), работники планово-экономического отдела (ПЭО), отдела материально-технического снабжения (ОМТС), отдела труда и заработной платы (ОТнЗ), финансового отдела (ФО), а также представитель вышестоящей организации.

Рекомендуемое число участников игры — 9 человек. Их может быть больше или меньше в зависимости от размеров предприятия, числа видеотерминалов и т. п. Общий принцип заключается в том, чтобы учесть в игре возможные рассогласования как интересов отдельных служб внутри предприятия, так и интересов предприятия и окружающей среды.

В качестве технических средств используется ЕС ЭВМ с операционной системой ОС ЕС, оснащенная магнитными дисками емкостью 29 Мбайт и дисплейной станцией ЕС-7066.

Для фрагмента 1 время не ограничивается, средняя продолжительность фрагмента 2 на этапе разработки годового плана составляет 4 часа.

Фрагмент 1. «Диалоговая система». Задачей фрагмента является создание своеобразного тренажера, испытательного стенда, который позволит бы пользователю быстро изучить рассматриваемый комплекс АСУ «Сигма» и присутствию к его эксплуатации. Этот же стенд можно с успехом использовать в обучении студентов-экономистов и для демонстрации возможностей комплекса.

Все расчеты ведутся на основе специально разработанного банка контрольных примеров, которые реалистично отображают работу предприятий прибор- и машиностроения.

Рассматриваемый фрагмент состоит из нескольких этапов.

Этап 1.1. Подготовка системы к работе.

Этап 1.2. Справочник. На данном этапе происходит первое знакомство с работой системы. Пользователь садится за дисплей, набирает оператор СПРАВОЧНИК и нажимает клавишу «Ввод». На экране появляется текст, освещающий работу диалоговой системы. На первой странице высвечиваются правила, с помощью которых пользователь может «пролистать» весь справочник. Работая со справочником, пользователь получает информацию о порядке работы с диалоговой системой, о ее функциональных возможностях, а также о том, какие проблемы можно рассмотреть с помощью диалоговой системы. Получив информацию о работе с данной диалоговой системой, пользователь может перейти к рассмотрению интересующей его проблемы в диалоговом режиме.

Этап 1.3. Вход в систему. Для использования диалоговой системы необходимо организовать начало работы. Для этого пользователю достаточно набрать на экране оператор ВОЙТИ и нажать клавишу «Ввод». Далее работу организует сама система по сценарию.

В частности, сценарий предусматривает возможность высветить на экране перечень тех проблем и задач, для решения которых готова информация. Выбрав проблему (или задачу), пользователь решает ее по сценарию. Диалоговая система активизирует работу пользователя, высвечивая на экране вопросы. Анализируя его ответы, система выбирает дальнейший путь решения задачи по сценарию. Работая по сценарию, пользователь может проводить многовариантные расчеты, изменяя с пульта исходные данные, хранящиеся в памяти ЭВМ.

Этап 1.4. Анализ и корректировка информации на экране дисплея. Этот этап состоит из следующих эпизодов:

1.4.1. Анализ и корректировка норм расхода ресурсов на единицу изделия;

1.4.2. Анализ и корректировка ограничений на ресурсы;

1.4.3. Анализ коэффициентов возможных целевых функций и выбор критерия.

Этап 1.5. Расчет оптимального плана и анализ полученных результатов.

Эпизод 1.5.1. Анализ результатов на экране дисплея. Пользователь просматривает результаты решения задачи, высвечиваемые на экране дисплея. Если решение его не удовлетворяет, то он может вернуться к любому эпизоду этапа 1.4 и пересмотреть полученное решение. При необходимости результат выдается на печать.

Эпизод 1.5.2. Выдача результатов на печать. Получив распечатку результатов решения и изучив их, пользователь может «проиграть» любой из предшествующих эпизодов, внося при необходимости соответствующие изменения в экономико-математическую модель задачи оптимизации планов производства.

Фрагмент 2. «Автоматизированная разработка планов в АСУ „Сигма“». При проигрывании данного фрагмента предполагается, что каждый из участников ознакомился с работой комплекса оптимизации планов производства и может общаться с ЭВМ либо самостоятельно, либо с помощью работников отдела АСУ (или лиц, исполняющих эту роль).

Этап 2.1. Анализ исходной информации. Все участники игры анализируют информацию, характеризующую состояние предприятия в отчетном периоде. Для этого используются распечатки с ЭВМ.

Этап 2.2. Выдача директивных заданий на планируемый период. Задание дает представитель вышестоящей организации, который руководствуется при этом либо предварительными расчетами при помощи модели отраслевой автоматизированной системы управления (ОАСУ), либо какими-то другими соображениями.

Этап 2.3. Подготовка плановых норм и нормативов для расчета. В подготовке участвуют все представители предприятия. Плановые нормы и ограничения на лимитируемые ресурсы вводятся в память ЭВМ согласованно, под контролем работников АСУП. Последние обеспечивают качественное формирование экономико-математической модели для проведения расчетов.

Этап 2.4. Расчет годового плана и анализ решения. После решения задачи оптимизации годового плана все участники игры анализируют полученное решение. Если оно всех удовлетворяет, то данный вариант плана передается на утверждение в вышестоящую организацию. В противном случае каждый участник игры может рассчитать свой вариант плана, внося те или иные изменения в экономико-математическую модель (см. этап 1.4). Обсуждение различных вариантов продолжается до тех пор, пока все участники не выработают один (или несколько) проект (проектов) годового плана, который будет представлен на утверждение.

Если оказалось, что участникам не удалось получить допустимый — с точки зрения задач линейного программирования — вариант плана, то проводится «расшивка» соответствующих «узких мест» до тех пор, пока не будет получен допустимый вариант плана.

При анализе планов участникам рекомендуется широко использовать соответствующий экономико-математический инструментарий типа двойственных оценок.

Этап 2.5. Утверждение годового плана представителем вышестоящей организации.