

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

В книге описан опыт разработки и практического использова-
ния комплекса оптимизации планов производства для трех групп
предприятий: машиностроения, микробиологии и малых предпри-
ятий. Рассмотрены вопросы использования моделей в интерактив-
ном 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, Н. Б. Мироносский
(руководитель коллектива), В. Г. Горшков, В. П. Дара-
ган, В. М. Левченко, Ю. А. Поляков, В. С. Подкопаев,
Б. В. Прилепский, В. П. Псарев

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МИКРОБИОЛОГИИ

§ 4.1. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Микробиологические предприятия специализируются на производстве препаратов для агропромышленного комплекса страны — кормовых антибиотиков и белков, ферментов, экологически безопасных средств защиты растений. Увеличивается выпуск ферментов и мультитензимных композиций для мясной и рыбной, спиртовой промышленности, виноделия и пивоварения, хлебопечения и сыроварения¹. Решениями партии и правительства предусмотрено значительное увеличение производства микробиологических препаратов (на двенадцатую пятилетку — в 2 раза). Научно-технические достижения молекулярной биологии обеспечили промышленную биотехнологию принципиально новыми штаммами-продуцентами интерферона, витамина В₂, аминокислот (трионина, гомосерина). В современных условиях перед микробиологическими предприятиями ставятся задачи не только увеличения объемов производства, но и создания условий для быстрого освоения новых препаратов по новой технологии, наработки опытных препаратов, предлагаемых к промышленному производству, создания технологических линий по производству различных препаратов.

Микробиологические предприятия характеризуются, с одной стороны, многозвенностью производственных структур с последовательным и параллельным соединением агрегатов большой единичной мощности, с другой — замкнутым циклом по выпуску препара-

¹ Калинин Ю. Т. Микропроцессорная техника в биотехнологии//Микропроцессорные средства и системы.— 1984.— № 2.— С. 52—53.

тов на одной технологической линии, включающей все стадии процесса — от средоприготовления до сдачи готовой продукции. На аналогичных технологических линиях могут выпускаться как одинаковые, так и различные препараты. Однако затраты материальных, энергетических и трудовых ресурсов, производительность оборудования и другие показатели технологических линий, производящих одинаковые продукты, имеют значительные различия. Кроме того, множество различных процессов (физических, физико-химических, микробиологических и др.), протекающих непрерывно или периодически, вероятностная природа микробиологического синтеза, требования асептических условий производства микробиологических препаратов, постоянная модернизация оборудования и смена технологий требуют создания системы гибкого планирования и организации производства препаратов по различным технологическим линиям предприятия. При этом возникает необходимость учета множества других факторов, таких как планово-предупредительные ремонты и осмотры технологических установок, внедрение новых штаммов-продуцентов, обогащенных питательных сред и др.

Все это вызывает необходимость совершенствования планирования и управления микробиологическими предприятиями на базе экономико-математического моделирования, применения средств вычислительной техники и современных методов общения с ЭВМ.

Вопросы применения оптимизационных методов и моделей в управлении микробиологическим предприятием еще недостаточно исследованы. Это связано с наличием специфических элементов в биотехнологии, особенностями планирования, организации производства и управления, использования материальных и энергетических ресурсов. Применение оптимизационных экономико-математических моделей позволит изыскивать внутрипроизводственные резервы на всех уровнях — от управления отдельным аппаратом, группой однотипных аппаратов, стадиями технологических процессов до управления предприятием. Это требует создания системы взаимосвязанных моделей, построенных по иерархическому принципу и адекватно описывающих иерархию и соподчиненность производственных систем.

Так, на уровне управления аппаратом нужна технологическая оптимизация, т. е. выбор таких параметров управления процессом в аппарате, которые позволяют получить максимальное количество целевого продукта при наличии внутренних и внешних возмущений, вносимых в ход технологического процесса. На уровне управления отдельными стадиями процесса и технологическими линиями в целом требуется оптимизация оперативного-календарного планирования и управления.

На уровне управления предприятием возникают задачи оптимизации перспективного и технико-экономического планирования, задачи распределения годовой производственной программы по технологическим линиям и календарным периодам. Это задачи многокритериальной оптимизации, т. е. они сводятся к поиску наилучших значений нескольких обобщенных показателей, таких как объем

товарной, нормативно-чистой и реализованной продукции, прибыль, рентабельность, при условии выполнения договорных обязательств по поставкам готовой продукции и наличии большого количества ограничивающих факторов (производственные возможности технологических линий, условия сбыта продукции, ограничения по ресурсам, финансовые возможности предприятия и т. д.).

Управление процессами превращения сырья и материалов в продукцию представляет собой совокупность разнообразных функций по сбору технологической информации, контролю, анализу и регулированию параметров процесса, контролю за поступлением ресурсов и т. д. Процесс управления аппаратами технологических линий весьма сложен, поэтому он проходит в режиме, далеком от оптимального, со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями.

Интенсификация микробиологического производства предполагает поиск резервов и принятие мер по их использованию. Для этого необходимо, чтобы управляющий орган не только имел необходимую информацию о поведении объекта во времени, о состоянии предметов и средств труда, использовании ресурсов, но мог также выбрать наилучший вариант из многих предполагаемых решений.

В связи с особенностями микробиологических предприятий требуется адаптировать научные и прикладные исследования по оптимизации планирования и управления, выполненные в других отраслях промышленности, а для ряда проблем искать оригинальные решения, отражающие специфику микробиологической отрасли.

Рассмотрим особенности организации производства, планирования и управления в отрасли, влияющие на построение и использование оптимизационных моделей.

Изготовление продукции на микробиологических предприятиях — это процесс постепенного превращения (посредством биохимических, микробиологических, физико-химических воздействий) исходного сырья в готовый продукт с заданными свойствами.

Основу технологического процесса составляет синтез целевого продукта в аппаратах большой единичной мощности. Для этого сырье предварительно дозируют, перекачивают, стерилизуют, помещают в аппарат-ферментатор, производят посев микроорганизмов, которые развиваются на этой питательной среде в определенных условиях (температура, давление, потребление кислорода воздуха и т. д.), превращая исходное сырье в полупродукт. В дальнейшем полупродукт обрабатывают и получают готовый продукт. Весь технологический процесс, как правило, состоит из пяти стадий: приготовление питательной среды, синтез, концентрирование полупродукта (в дальнейшем культуральной жидкости), сушка с получением концентрата готового продукта, стандартизация концентрата до требуемых по ГОСТу параметров.

Основная задача стадии средоприготовления — готовить из исходного сырья питательные среды для микробиологического синтеза целевого продукта. Качество исходного сырья в значительной степени влияет на технологические и технико-экономические показате-

тели выпускаемого продукта. Сырье поступает на предприятие от различных поставщиков. Биохимический состав и физико-химические свойства сырья соответствуют ГОСТу с разбросом показателей в пределах допуска. Каждая партия поступающего сырья проверяется в биохимической лаборатории, дается заключение о пригодности этой партии и возможности использования в производстве. Обычно используется сырье, которое поступает на склады предприятия без предварительной подработки партии по качественным показателям. В этом случае использование сырья без оптимизации по составу необходимых компонент не гарантирует получения культуральной жидкости с высокими технологическими показателями.

Питательная среда готовится в специальных установках в строгом соответствии с технологическими инструкциями. В дальнейшем питательная среда стерилизуется на установках непрерывной стерилизации и передается на следующую стадию — ферментации.

Между составом необходимых компонентов в питательной среде и количеством целевого продукта в получаемой культуральной жидкости существует тесная зависимость. Выбор оптимального состава питательной среды из различных партий сырья естественно приводит к увеличению запасов товарно-материальных ценностей.

Однако получение высоких технологических показателей, а следовательно, улучшение технико-экономических показателей, в частности увеличение прибыли, определено превысит дополнительные затраты, связанные с увеличением запасов сырья на складах предприятия и созданием автоматизированной системы анализа определения оптимального состава сырья для подготовки питательной среды.

Рассмотрим работу транспортных установок. В настоящее время сырье к потребителю доставляется в основном автотранспортом. Транспортные расходы составляют до 6% всех издержек на производство продукции.

Наиболее рациональный путь реализации технологического процесса на стадии средоприготовления — создание автоматизированной системы бестарного хранения в бункерах и передачи сыпучего сырья пневмотранспортом на участок средоприготовления и других цехам-потребителям.

Основа автоматизации составляют расчет (с применением методов оптимизации) качества питательной среды и потребности в определенных видах сырья, автоматизация процессов передачи сырья и приготовления питательных сред согласно плану-графику производства. В этом случае в единый комплекс будут введены планирование и управление подготовкой производства, включая управление технологическими режимами.

Микробиологический синтез целевого продукта происходит в аппарате-ферментаторе, где в определенных условиях культивируются микроорганизмы при участии трех гетерогенных фаз: микроорганизмов, среды и кислорода воздуха.

Технологический процесс выращивания культуры включает следующие операции: подготовку ферментатора к приему питательной среды; прием питательной среды; посев культуры; ферментацию.

Последняя операция — одна из важнейших в производстве микробиологических препаратов. В большинстве случаев микробиологический синтез ведется в ферментаторе эмпирическим путем. В настоящее время без моделирования стадий микробиологического процесса, и в частности его центральной стадии — ферментации, нельзя говорить о становлении новой отрасли — микробиологического производства.

Важным моментом в развитии математического моделирования явилось установление связи между кинетикой ферментативных реакций и динамикой роста микроорганизмов.

За последние годы многие ученые биологи и математики разработали математические модели процессов биосинтеза. Условно эти модели можно отнести к двум направлениям. Модели первого направления учитывают в основном зависимость удельной скорости роста популяции от различных параметров процесса. Здесь упор делается на определение производительности технологического оборудования. Процессы биосинтеза клеток, изменения клеточных компонентов в этих моделях условно не рассматриваются. Второе направление моделирования исследует реакции процесса микробиологического синтеза. Но здесь вне поля зрения остаются состояние и популяции микроорганизмов и условия их развития.

Доказано, что культивирование микроорганизмов представляет собой процесс роста популяции при взаимодействии с окружающей средой. В промышленной микробиологии это среда аппарата со всеми его параметрами (энергетика, питательная среда, давление в аппарате и т. д.) и с массо- и теплопереносом при культивировании микроорганизмов.

Для разработки систем автоматического управления технологическими процессами микробиологического производства и его оптимизации необходима универсальная математическая модель, которая учитывала бы оба направления моделирования и обеспечивала достижение максимальной производительности технологического оборудования при заданных параметрах качества биомассы. Естественно предположить, что такая модель имеет большую размерность и работать с ней будет трудно. Здесь можно согласиться с предложениями о том, чтобы в основу моделирования положить физиолого-биохимическую модель с определенным основным подсистем и указанием связывающих их метаболитов, основных субстратов и продуктов, влияющих на процесс². На этом этапе предлагается определять значимость различных факторов обычными методами планирования экспериментов. В каждой подсистеме выделяется критическое звено и указывается вид кинетического уравнения.

² Музыченко Л. А. Принципы синтеза математических моделей микроорганизмов/Микробиологическая промышленность: Реф. сб.—1974.— № 2 (110).

Константы этого уравнения определяются для каждой подсистемы отдельно. Для упрощения модели некоторые подсистемы можно исключить в связи с малой скоростью проходящих в них процессов.

Моделирование микробиологического синтеза — крайне необходимая часть оптимизации стадий технологического процесса микробиологического производства.

Оптимизация микробиологического синтеза служит основой оптимизации последующей стадии процесса — концентрирования (сепарирования или вакуумного удаления влаги). В свою очередь, для технологической оптимизации стадий средоприготовления, ферментации, концентрирования и сушки совместно с оптимизацией планирования и управления производством должна создаваться взаимосвязанная иерархическая система моделей, реализуемая современными средствами обработки информации (микро-, мини-ЭВМ). Эта система будет основой значительного улучшения технико-экономических показателей деятельности микробиологического предприятия.

На стадии концентрирования культуральной жидкости происходит частичное удаление влаги при помощи различных методов воздействия на культуральную жидкость: сепарирования, вакуум-выпаривания и т. д. Процесс протекает в аппаратах, различных по конструкции, производительности, потреблению энергоресурсов.

На этой стадии процесс носит детерминированный характер. Средствами автоматического регулирования можно добиться оптимального соотношения между скоростью удаления жидкости и жизнеспособностью культуры (т. е. активностью продукта).

Рассматривая модель процесса концентрирования, можно получить все необходимые технологические и технико-экономические данные для этой стадии.

На стадии сушки удаляются остатки влаги из культуральной жидкости и получается сухой концентрат продукта. Влажность готового концентрата не должна превышать 5–8%. В процессе сушки под действием высокой температуры происходит интенсивное испарение влаги. Это процесс детерминированный, он поддается автоматическому управлению и регулированию. Так же как и на стадии концентрирования, здесь требуется оптимизация режимов сушки для баланса между производительностью установки и процентом выхода целевого продукта.

На стадии уśredнения и фасовки сухой концентрат доводится до требуемых по ГОСТу параметров посредством добавки наполнителя. Готовую продукцию расфасовывают и упаковывают.

В общем виде структуру технологического процесса можно представить в виде линейной схемы (схема 4.1), на вход которой воздействуют

$\bar{M} = [M_{kr}^k]$ — вектор входных потоков материальных и производственных ресурсов;

$\bar{F} = [F_{kr}^k]$ — вектор входных потоков энергетических ресурсов;

$\bar{T} = [T_{kr}^k]$ — вектор входных потоков трудовых ресурсов.

Здесь ξ — стадия технологического процесса; k — вид потока ξ -й

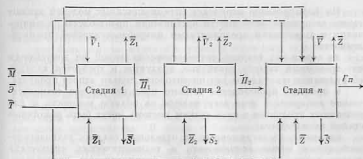


Схема 4.1. Структура технологического процесса.

стадии технологического процесса; r — номер группы однотипных показателей 1-го потока, $r = 1(1)R_k$; l — номер показателя в r -й группе для k -го ресурса ξ -й стадии.

На входе каждой стадии обозначаются потоки полупродуктов $\bar{P} = [P_{kr}^k]$, потоки отходов и потерь $\bar{S} = [S_{kr}^k]$. Готовая продукция обозначается вектором $\bar{P} = [P_{kr}^k]$.

Внутреннее состояние процессов на стадии обозначается вектором $\bar{Z} = [Z_{kr}^k]$, управляющие воздействия — вектором $\bar{V} = [V_{kr}^k]$, возмущающие воздействия на процесс — вектором $\bar{Z} = [Z_{kr}^k]$.

Эта схема позволяет представить в формализованном виде процедуру расчетов разнообразных технологических, технико-экономических показателей производства и, самое главное, формализовать процесс управления производством на основании информации вектора внутренних состояний процесса Z_{kr}^k посредством набора значений управляющих воздействий вектора V_{kr}^k .

На всех стадиях производства одновременно происходит большое количество различных механических, тепловых, биохимических, микробиологических процессов. Характер их протекания существенно влияет на конечные технико-экономические результаты. Поэтому поддержание параметров этих процессов в определенных пределах представляет главную задачу управления технологией. Кроме того, для получения в необходимом количестве готового продукта, удовлетворяющего требованиям ГОСТа, необходимо одновременно выполнять большое количество обеспечивающих функций производства, таких как обеспечение качества сырья и материалов, энергоносителей.

Таким образом, несоблюдение требований к выполнению какой-либо функции технологического процесса может привести к получению продукта с низкими технологическими показателями, а значит, и к низким технико-экономическим результатам деятельности предприятия и даже к браку и потерям.

На формирование комплекса оптимизационных моделей влияют также следующие особенности организации производства, планирования и управления предприятиями микробиологической промышленности:

на отдельных стадиях технологических линий не допускается одновременный выпуск различных продуктов и требуется наладка оборудования по стадиям для производства только одного продукта;

в процессе производства данного продукта не все технологические аппараты в цехе загружаются на полную мощность и для различных продуктов в цехе «узким местом» могут быть различные стадии производства;

аппараты, не загруженные на отдельных стадиях технологической линии, можно использовать в технологических «цепочках» других цехов, при этом потребуются оптимизировать очередность передачи продукции с одних линий на другие с учетом минимизации простоев всех технологических линий предприятия;

большое количество однотипных аппаратов на некоторых стадиях технологии вынуждает необходимость координации и выбора очередности запуска аппаратов на обработку целевого продукта;

в плановых расчетах нельзя объединять производственные возможности отдельных групп оборудования на всех технологических линиях предприятия без учета их принадлежности к конкретному цеху;

производственную мощность каждой технологической линии цеха основного производства рассчитывают отдельно по каждому продукту;

один и тот же продукт можно производить в различных цехах, однако технико-экономические и технологические показатели его производства сильно различаются (себестоимость единицы продукта, стоимость материальных и энергетических ресурсов и трудовых затрат, единичная мощность оборудования, количество целевого продукта в культуральной жидкости, объем полупродукта, получаемого с одной операции и т. д.). Поэтому распределение выпуска продукции по технологическим линиям цехов имеет экономическое значение для предприятия с точки зрения выявления и эффективного использования внутрипроизводственных резервов;

удельный вес материальных и энергетических затрат в общей структуре цеховой себестоимости составляет до 2/3 величины всех затрат цеха. Для однотипных продуктов, изготавливаемых на различных технологических линиях, этот показатель будет значительно отклоняться от указанной величины;

основная часть промышленно-производственного персонала (аппаратчики, слесари по ремонту технологического оборудования, лаборанты и др.) находится на повременно-премиальной системе оплаты труда;

в течение года вышестоящая организация включает в план отдельные виды препаратов исходя из требований сезонности выпуска таких продуктов, как средства защиты растений, а также из-за необходимости парботки опытных партий новых препаратов;

в связи с ограниченными сроками хранения готовой продукции и сезонностью применения некоторых видов препаратов планирование выпуска продукции по кварталам имеет особенности;

для большинства видов продуктов в плановых заданиях определяется минимальный обязательный объем выпуска, в то же время договорные обязательства по поставке продукции накладывают определенные ограничения на максимальную величину выпуска в каком-либо плановом периоде;

для освоения технологических процессов по выпуску новых продуктов может понадобиться реконструкция участков и цехов основного производства. В связи с большими габаритами оборудования и его уникальностью реконструкция требует больших капитальных затрат. Поэтому на микробиологических предприятиях новые препараты подбирают к выпуску так, чтобы не проводить сложную и дорогостоящую реконструкцию цехов основного производства, чтобы технологические «цепочки» новых препаратов выискивались в имеющихся технологических линиях при минимальной реконструкции.

Описание особенностей технологических процессов и организации планирования обуславливают необходимость большой работы по адаптации методов, разработанных в ходе совершенствования планирования и управления, к условиям микробиологической промышленности. Следует отметить, что вопросы применения оптимизационных моделей в плановой работе предприятий этой молодой отрасли в литературе освещены недостаточно. Однако опыт экономико-математического моделирования в других отраслях промышленности показывает, что основные научные результаты, полученные при разработке и внедрении моделей, необходимо использовать в решении соответствующих задач для предприятий микробиологии.

Рассмотрим основные направления применения экономико-математических моделей в планировании с учетом возможности их использования на предприятиях микробиологической промышленности. Прежде всего определим факторы, существенно влияющие на выбор рассматриваемых моделей. Выделим потребительские свойства, которыми должны обладать эти модели:

свойство адаптивности, т. е. модели должны быть приспособлены к условиям микробиологического предприятия, а отдельные их элементы или принципы формулирования применимы для создания специальных моделей отрасли;

свойство альтернативности, т. е. модели должны обеспечивать прогноз и оценку вариантов развития предприятия при ограниченности основных видов ресурсов;

отражение статических и динамических свойств моделируемого объекта при планировании пятилетних и годовых планов;

возможность использования в качестве источника информации действующей системы отчетности и планирования с частичной формальной обработкой данных;

модели должны быть предназначены для регулярного использования в плановых расчетах на предприятии.

Структура адаптивной экономико-математической модели

Номер элемента модели	Наименование элемента структуры модели	Возможное состояние элемента*	Поиск формул
<i>Критерии оптимальности</i>			
1	Максимум товарной продукции	A или П	4.1
2	Максимум нормативной чистой продукции	То же	То же
3	Максимум прибыли	»	»
4	Минимум себестоимости	»	»
5	Максимум компромиссного критерия	»	»
<i>Система ограничений</i>			
Производство продукции в натуральном выражении			
6	за год	A и П	4.2
7	по кварталам	То же	4.3
8	по цехам основного производства	»	4.4
Производство товарной продукции			
9	за год	A или П	4.5
10	по кварталам	То же	4.6
Производство нормативной чистой продукции			
11	за год	A или П	4.5
12	по кварталам	То же	4.6
Прибыль			
13	за год	То же	4.5
14	по кварталам	»	4.6
15	Равномерность производства товарной продукции по кварталам	»	
16	Равномерность затрат на производство товарной продукции по кварталам	»	4.7
17	Производственные возможности цехов основного производства по кварталам	A	4.8
Обеспеченность энергоресурсами			
18	на год	A или П	4.8
19	по кварталам	То же	4.9
Обеспеченность сырьем, материалами			
20	на год	»	4.8
21	по кварталам	»	4.9

* A — активный, П — пассивный элемент структуры модели.

При решении задач текущего планирования в качестве базовой выделяется модель оптимизации производственной программы предприятия.

Ограниченные и разнесенные во времени поставки различных ресурсов, а также динамика процессов обновления и планового ремонта основных фондов производства обуславливают многовариантное решение вопроса о распределении годового плана по кварталам. Это требует более широкого учета временного фактора в модели. К объективным причинам, сдерживающим разработку и использование моделей, можно отнести:

значительное увеличение размерности модели в динамическом варианте, из-за чего практическое решение задачи на ЭВМ средней и даже большой мощности затруднительно или вообще невозможно; бо́льшую трудоемкость подготовки данных для таких моделей, что увеличивает время проведения плановых расчетов.

Применительно к микробиологическим предприятиям эти обстоятельства не оказывают такого отрицательного влияния, так как номенклатура продукции ограничивается десятками наименований, состав используемых ресурсов также невелик в сравнении, например, с машиностроительными предприятиями. Соответственно снижается трудоемкость подготовки информации и реализации моделей с учетом временного фактора возможна на ЭВМ средней производительности.

§ 4.2. ПОСТАНОВКА ПЛАНОВЫХ ЗАДАЧ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В целях получения обоснованных плановых решений необходимо проводить серию расчетов по количественной и качественной оценке влияния различных факторов на плановое решение. В процессе многовариантных расчетов плановые ситуации можно моделировать с помощью комплекса моделей, каждая из которых описывает отдельную ситуацию, а также путем варьирования количественных характеристик отдельной модели. В реальных условиях количество исследуемых ситуаций может меняться в широком диапазоне. Поэтому целесообразно предоставить пользователю возможность самостоятельно адаптировать структуру и данные модели к условиям конкретной ситуации.

С этой целью предлагается применять адаптивные модели с переменной структурой. Для этого расширяется состав элементов экономико-математической модели. Наряду с критерием оптимальности, оптимизируемыми переменными, ограничениями, которые назовем активными элементами, необходимо в состав модели включить и пассивные элементы, т. е. такие, которые входят в описание модели, но непосредственно в оптимизационных расчетах не участвуют, а следовательно, не влияют на результаты решения. В то же время значеия таких элементов в оптимальном плане контролируются

пользователем на основании расчетов, выполненных после оптимизации. Особенностью пассивного элемента является то, что пользователь может перед очередным расчетом активизировать его путем включения в состав оптимизируемых переменных, ограничивающих условий или в качестве нового критерия оптимальности. Наряду с этим, можно перевести любой активный элемент модели в пассивное состояние, нейтрализуя тем самым его влияние на оптимальное решение. Кроме того, можно ослабить или усилить действие отдельного ограничения.

Рассмотрим возможности применения адаптивных экономико-математических моделей с переменной структурой на условном примере расчета оптимального плана на микрологическом предприятии (табл. 4.1). В модели учитываются различные технико-экономические факторы, влияющие на плановое решение. К ним относятся:

возможность выбора варианта распределения производства продуктов по раздичным цехам;

ограниченность различных ресурсов;

распределение плана по кварталам;

расчет эффективного плана в условиях многокритериальности.

Как показано в табл. 4.1, пользователю предоставляются практически неограниченные возможности по варьированию структуры модели. Имеется в виду то, что каждый элемент описывает определенный технико-экономический фактор, влияющий на принятие планового решения. Поэтому в процессе расчетов необходимо определить допустимую степень свободы пользователя по активизации и нейтрализации элементов структуры модели. Так, в приведенной модели из всего перечня критериев в расчетах на каждом этапе может участвовать только один. Выбор критерия влечет за собой необходимость нейтрализации соответствующего ему ограничения. Важно выделить в модели ограничения, которые во всех случаях нельзя нейтрализовать. К ним относятся производственные возможности цехов (элемент 17 в табл. 4.1). В то же время пользователь с учетом конкретных целей расчета определяет, какие другие виды ограничений целесообразно активизировать или нейтрализовать.

Перейдем к описанию отдельных элементов экономико-математической модели.

Критерий, максимизирующий (минимизирующий) значение заданного критериального показателя:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^I \sum_{t=1}^{J_i} D_j X_{ijt} \rightarrow \min(\max), \quad (4.1)$$

где D_j — нормативное значение критериального показателя на единицу продукта j ; X_{ijt} — количество продукта j , произведенного в цехе i в квартале t ; I — количество цехов основного производства; J_i — количество наименований продуктов, производимых в цехе.

Аддитивный компромиссный критерий рассчитывается по формулам, приведенным в § 1.2.

Условие, ограничивающее производство продукции за год:

$$\underline{X}_j \leq \sum_{i=1}^4 \sum_{t=1}^{J_i} X_{ijt} \leq \bar{X}_j, \quad j = 1, 2, \dots, J_i, \quad (4.2)$$

где \underline{X}_j (\bar{X}_j) — минимальное (максимальное) допустимое количество продукта j , планируемое к производству на год.

Производство продукции по кварталам:

$$\underline{X}_{jt} \leq \sum_{i=1}^4 X_{ijt} \leq \bar{X}_{jt}, \quad t = 1-4, \quad j = 1, 2, \dots, J_i, \quad (4.3)$$

где \underline{X}_{jt} (\bar{X}_{jt}) — минимальное (максимальное) допустимое количество продукта j , планируемое к производству в квартале t .

Производство продукции по цехам:

$$\underline{X}_{ijt} \leq X_{ijt} \leq \bar{X}_{ijt}, \quad t = 1-4; \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad j = 1, 2, \dots, J_i, \quad (4.4)$$

где \underline{X}_{ijt} (\bar{X}_{ijt}) — минимальное (максимальное) допустимое количество продукта j , планируемое к производству в цехе i в квартале t .

Ограничения на предельные значения технико-экономических показателей на год:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^I \sum_{t=1}^{J_i} D_j X_{ijt} \geq (\leq) DD, \quad (4.5)$$

где DD — предельное значение показателя на год.

Ограничения на предельные значения показателя по кварталам:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{J_i} D_j X_{ijt} \leq (\geq) DD_t, \quad t = 1-4, \quad (4.6)$$

где DD_t — предельное значение показателя в квартале t .

В целях обеспечения равномерности значения показателя по кварталам используются ограничения

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{J_i} D_j X_{ijt-1} - \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{J_i} D_j X_{ijt} = 0, \quad t = 2, 3, 4. \quad (4.7)$$

Ограничения на годовую потребность ресурсов, необходимых для производства товарной продукции:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^I \sum_{t=1}^{J_i} g_{rijt} X_{ijt} \leq G_r, \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad (4.8)$$

где g_{rij} — норма расхода ресурса r на производство единицы продукта j в цехе i ; G_r — лимит ресурса r на год; R — количество наименований ресурсов.

Ограничения на ресурсы по кварталам:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{J_i} g_{rijt} X_{ijt} \leq G_{rt}, \quad t = 1-4, \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad (4.9)$$

где G_{rt} — лимит ресурса r в квартале t .

Применение адаптивных моделей с переменной структурой предоставляет пользователю широкие возможности исследования различных планово-производственных ситуаций. Однако в полном объеме эти возможности могут быть использованы при наличии соответствующего программного обеспечения.

В настоящее время разработана диалоговая система программ Д.П.ПЛАН, позволяющая решать задачи планирования с применением комплекса адаптивных моделей переменной структуры, ориентированная на пользователей-экономистов. Данная система про-

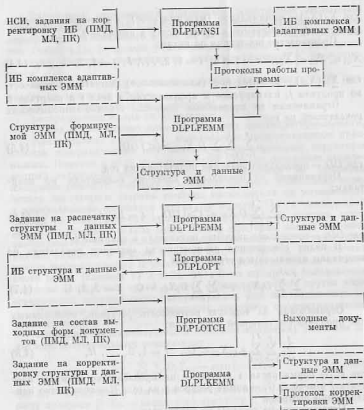


Схема 4.2. Информационные связи системы программ ДПЛАН.

грамм внедряется на предприятиях микробиологической промышленности. Поэтому при рассмотрении ее характеристик будем использовать модель, представленную в табл. 4.1.

Система ДПЛАН включает шесть программ. Каждая программа обеспечивает выполнение работ на одном из этапов решения задач планирования с применением адаптивных моделей. Обмен информацией между программами осуществляется через наборы данных, размещенные на магнитных дисках. Информационные связи программ представлены на схеме 4.2. Организация обмена данными через наборы данных позволяет прервать процесс решения

задачи на любом этапе для детального анализа полученных результатов, а также в случае машинного сбоя или по другой причине.

Процесс решения задачи планирования с применением адаптивных экономико-математических моделей разделен на следующие этапы:

- 1) создание информационной базы для комплекса адаптивных моделей с переменной структурой (осуществляется программой DLPLVNSI);
- 2) формирование адаптивной модели (программа DPLFEMM), а также в случае необходимости распечатка структуры и данных сформированной модели (программа DLPLFEMM);
- 3) расчет оптимального плана (программа DLPLOPT);
- 4) расчет и печать форм выходных документов для рассчитанного оптимального плана, а также для варианта плана, определенного пользователем (программа DLPLOTCH);
- 5) корректировка структуры и данных адаптивной модели (программа DPLKEMM).

Все виды исходных данных, показанные на схеме 4.2, по желанию пользователя могут размещаться в разделах библиотеки исходных модулей на пакетах магнитных дисков (ПМД) или в последовательных наборах данных на ПМД, магнитных лентах (МЛ) или на перфокартах (ПК).

Система программ написана на языке ФОРТРАН-4 ОС ЕС. Программы могут эксплуатироваться как в пакетном режиме, так и в режиме диалога под управлением диалоговых систем типа OKO, PRIMUS и т. п. Информационная база комплекса адаптивных моделей позволяет хранить данные в следующих объемах:

- количество наименований продуктов (изделий) — до 2000;
 - количество нормативных данных для отдельного продукта — до 1000;
 - количество наименований показателей, ресурсов — до 2000.
- Размерность формируемой адаптивной экономико-математической модели:
- количество переменных — до 300;
 - количество активных и пассивных ограничивающих условий — до 600, из них активными ограничениями могут быть до 100 условий;
 - количество линейных критериев вида (4.1) — до 10;
 - количество аддитивных компромиссных критериев — до 10.
- Минимальный объем оперативной памяти ЭВМ — 430 К. Система программ открыта.

Для управления работой программ системы ДПЛАН разработан язык общения пользователя с ЭВМ. Он включает набор директив, определяющих режим работы, а также исходные данные, оформленные в списки. Подготовка данных, управление работой системы программ и просмотр результатов могут быть выполнены с применением дисплеев под управлением диалоговых систем.

§ 4.3. СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ
И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПЛАНИРОВАНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ДЛЦПЛАН

Рассмотрим на условном примере организацию расчета годового плана производства для микробиологического предприятия с применением адаптивной экономико-математической модели и системы программ ДЛЦПЛАН (схема 4.3). Для простоты изложения ограничимся учетом только одного вида ресурсов — производственных возможностей цехов, а также контрольного задания на производство продукции в натуральном выражении на год.

Исходные данные для

Интервалы времени модели	Наименование продукта, показатели	I квартал				II квартал			
		X_{111}	X_{211}	X_{311}	X_{411}	X_{112}	X_{212}	X_{312}	X_{412}
1	Максимум товарной продукции	6,5	62,0	62,0	4,2	6,5	62,0	62,0	4,2
6	Дендробациллин Бацилтрапин Битоксибациллин	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Прибыль	3,3	28,0	30,0	2,0	3,3	28,0	30,0	2,0
15	Распределение товарной продукции по кварталам	6,5	62,0	62,0	4,2	6,5	-62,0	-62,0	-4,2
7	I. Товарная продукция	6,5	62,0	62,0	4,2	6,5	62,0	62,0	4,2
14	Прибыль	3,3	28,0	30,0	2,0				
17	Цех № 1	0,2	3,3						
17	Цех № 2			1,2	0,1				
7	II. Товарная продукция					6,5	62,0	62,0	4,2
14	Прибыль					3,3	28,0	30,0	2,0
17	Цех № 1					0,2	3,3		
17	Цех № 2							1,2	0,1
7	III. Товарная продукция	6,5	62,0	62,0	4,2				
14	Прибыль	3,3	28,0	30,0	2,0				
17	Цех № 1	0,2	3,3						
17	Цех № 2							1,2	0,1
7	IV. Товарная продукция						6,5	62,0	4,2
14	Прибыль						3,3	28,0	2,0
17	Цех № 1						0,2	3,3	
17	Цех № 2								1,2

Рассмотрим организацию подготовки данных для задачи с использованием модели, представленной в табл. 4.1. Определим значения индексов: $i = 1$ соответствует цеху № 1, $i = 2$ — цеху № 2, $j = 1$ — дендробациллин, $j = 2$ — бацилтрапин, $j = 3$ — битоксибациллин. Исходные данные для оптимизационных расчетов сведены в табл. 4.2 (знаком П отмечены пассивные элементы ЭММ).

Используемая модель имеет специальную блочную структуру, это усложняет процесс подготовки данных. Отметим некоторые из этих сложностей. Прежде всего необходимо разработать специальную систему идентификации продуктов, показателей и ресурсов, входящих в несколько блоков модели. Часть нормативных данных

Таблица 4.2

оптимизационных расчетов

III квартал	IV квартал				Вид ограничения	Фонд, лимит			
	X_{113}	X_{213}	X_{313}	X_{413}			X_{114}	X_{214}	X_{314}
6,5	62,0	62,0	4,2	6,5	62,0	62,0	4,2	—	—
1	1	1	1	1	1	1	1	П	500,0
								П	170,0
								П	2200,0
3,3	28,0	28,0	2,0	3,3	28,0	28,0	2,0	П	14000,0
								П	0,0
-6,5	-62,0	-62,0	-4,2					П	0,0
6,5	62,0	62,0	4,2	-6,5	-62,0	-62,0	-4,2	П	0,0
								П	2750,0
								П	88,0
								П	88,0
								П	2750,0
								П	80,0
								П	80,0
								П	2750,0
								П	89,0
								П	89,0

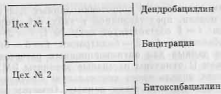


Схема 4.3. Организация производства продуктов по цехам.

необходимо размножить для использования в нескольких блоках (см. элементы 1, 7, 13, 14, 17). Для ограничений вида 6, 15 подготавливаются данные по специальным правилам.

Таким образом, подготовка исходной информации для модели представляет собой логически сложную и трудоемкую задачу. Это в условиях решения задачи с использованием базы данных АСУП требует разработки достаточно сложных программ интерфейса между базой данных АСУП и информационной базой комплекса адаптивных моделей.

Система организации и формирования информационной базы комплекса адаптивных моделей, реализованная в программах Д.П.ПЛАН, позволяет значительно упростить подготовку исходной информации для задач оптимального планирования.

На первом этапе с помощью программы DPLVNSI создается информационная база для комплекса адаптивных моделей с переменной структурой. Особенностью работ на этом этапе является организация подготовки пользователем исходной информации в форме представления, не учитывающей особенностей организации, диктуемой спецификой модели и применяемого для оптимизационных расчетов численного метода. Это достигается путем преобразования данных в автоматическом режиме как в процессе формирования информационной базы, так и на втором этапе в ходе формирования модели. Важно отметить также следующее. Представленная в табл. 4.2 модель имеет специальную структуру. Это связано с увеличением объема исходной информации, усложнением логической вза-

Таблица 4.3

Справочник наименований продуктов, показателей и ресурсов

Код	Единица измерения	Наименование продукта, показателя, ресурса
00 100	Тыс. руб.	Товарная продукция
00 500	То же	Себестоимость
00 600	»	Прибыль
09 401	Т	Деидроацетальдгид
03 200	Усл. т	Бацитрацин
09 101	Т	Батоксисибальдгид
00 031	Сут	Цех № 1
00 032	То же	Цех № 2

Таблица 4.4

Нормы трудоемкости производства продуктов по цехам

Код продукта	Код цеха	Норма трудоемкости	Код ТЭП и нормативные данные		
			00100	00500	00600
09 401	00 031	0,2	6,5	2,2	3,3
03 200	00 031	3,3	62,0	34,0	28,0
03 200	00 032	1,2	62,0	32,0	30,0
09 101	00 032	0,1	4,2	2,0	2,0

имосвязи данных внутри модели. Включение в систему Д.П.ПЛАН специального генератора позволяет автоматизировать преобразование данных с учетом специфики структуры модели.

Процесс формирования информационной базы в системе Д.П.ПЛАН разделен на три стадии. На первой стадии подготавливается нормативно-справочная информация. Она включает следующие виды данных:

справочник наименований продуктов, показателей и ресурсов (табл. 4.3);

нормы трудоемкости производства продуктов (табл. 4.4);

нормативные данные по технико-экономическим показателям и ресурсам (см. табл. 4.4).

На второй стадии осуществляется генерация данных для комплекса адаптивных моделей на основе информации, введенной на первой стадии. С этой целью подготавливается управляющая информация для программы-генератора. Она включает кодирование блоков, на которые разделяется структура модели, а также список кодов показателей, на основе которых будут формироваться ограничения, регулирующие равномерность значений показателей по временным интервалам внутри планового периода (ограничения вида 15 из табл. 4.2). Оформление данных представлено в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Задание для генератора информационной базы комплекса адаптивных ЭММ

Значение	Примечание
БЛОК	Наименование директивы, указывающей, что подготовленная информация предназначена для генераторов
4	Количество блоков ЭММ
00 100	Код товарной продукции. На базе этого показателя формируются ограничения вида 15. Если необходимо формировать ограничения этого вида по группе показателей, то в данных для генератора задается список кодов этих показателей

Таблица 4.6

Контрольное задание на производство продукции в натуральном выражении

Код продукта	Вид ограничения	Контрольное задание (количество)				
		на год	в том числе по кварталам			
			I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7
09 401	>	500,0	0	0	0	0
03 200	>	170,0	0	0	0	0
09 101	>	2200,0	0	0	0	0

В результате работы генератора формируется информация в полном объеме, представленном в табл. 4.2, а именно: нормативно-справочные данные по каждому продукту для каждого квартала;

справочные данные по каждому показателю, продукту и ресурсу для формирования ограничений вида 6, 7, 13, 14, 17, 15 как на весь плановый период (ограничения 6, 13, 15), так и по кварталам (ограничения 7, 14, 17);

нормативные коэффициенты, обеспечивающие формирование ограничений вида 6, регулирующих производство продукции в натуральном выражении за год и по кварталам;

справочные нормативные данные для формирования ограничений вида 15.

Использование генератора данных информационной базы позволяет:

более чем в шесть раз сократить объем нормативно-справочной информации, подготавливаемой пользователем при решении задач планирования с применением модели блочной структуры;

повысить достоверность подготовки информации для блочных моделей за счет исключения необходимости при подготовке данных учитывать межблочную взаимосвязь ограничений и переменных;

в значительной степени упростить логику и сократить объем программы интерфейса, обеспечивающих формирование и передачу информации из базы данных АСУП в информационную базу комплекса адаптивных моделей ДЛПЛАН.

На заключительной стадии формирования информационной базы пользователь готовит данные, определяющие значения контрольных заданий плана, фонда времени работы цехов и лимиты на ресурсы. Пример подготовки данных для этой стадии представлен в табл. 4.6, 4.7.

Графы 4—7 предназначены для определения заданий на производство продукции по кварталам года. Если эти данные не определены, то в соответствующих графах задаются нули.

Фонды, лимиты на ресурсы задаются в форме, представленной в табл. 4.6 и 4.7. В этом случае в гр. 1 задаются коды ресурсов показателей. Так как в III квартале на предприятии проводится

Таблица 4.7

Полезный фонд времени работы цехов

Код цеха	Вид ограничения	Полезный фонд времени работы цехов по кварталам			
		I	II	III	IV
		1	2	3	4
00 031	<	86,0	88,0	80,0	89,0
00 032	<	88,0	88,0	80,0	89,0

планово-предупредительный ремонт технологического оборудования, то фонд времени работы цехов здесь меньше, чем в другие периоды.

Разделение подготовки данных на третьей стадии на две формы представления объясняется как спецификой соответствующих видов ограничений, так и тем, что эти данные подготавливаются в различных отделах и службах предприятия.

Отметим еще одну особенность формирования информационной базы для комплекса адаптивных моделей. В связи с тем, что первый этап работ не определяет структуру модели в полном объеме, т. е. не указывает, какие критерии включаются в нее, не задает состав оптимизируемых переменных (продуктов) и ограничивающих условий, то в информационную базу целесообразно включать соответствующие сведения о продуктах, показателях и ресурсах в объемах, превышающих потребности одной формируемой модели. Это никак не влияет на работы на последующих этапах решения задач планирования, но в то же время позволяет расширить возможности формирования на основе одной информационной базы комплекса адаптивных моделей, включающих различные сочетания оптимизируемых переменных, ограничений и критериев.

Программа ведения информационной базы комплекса адаптивных моделей имеет развитую систему функциональных возможностей, не ограниченную описанными выше примерами. Так, подготовка данных на первой и третьей стадиях формирования информационной базы может быть осуществлена еще в нескольких формах представления, позволяющих упростить этот процесс, в зависимости от режима хранения базы вне системы ДЛПЛАН и режима решения задач планирования (например, в информационной среде АСУП или автономно). Это позволяет адаптировать подготовку данных с учетом особенностей конкретной прикладной задачи, специфики организации базы данных АСУП. В созданной информационной базе комплекса моделей пользователь имеет возможность корректировать данные, получать справочную информацию в различных разрезах информационной базы и т. д.

На втором этапе работ с использованием программы ДЛПФЕММ формируется адаптивная модель. Структура сформированной модели и данные записываются в набор данных на пакете магнитных

Таблица 4.8

Список переменных моделей

Код продукта	Код цеха	Производство продукта по кварталам			
		I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6
09 401	00 031	1	1	1	1
03 200	00 031	1	1	1	1
03 200	00 032	1	1	1	1
09 401	00 032	1	1	1	1

дисков. Это позволяет на следующих этапах осуществлять многовариантные расчеты без повторения работ второго этапа.

Адаптивная модель формируется следующим образом. Пользователь задает ее структуру, определяя состав входящих в модель оптимизируемых переменных, ограничений и критериев оптимальности из данных, включенных на первом этапе в информационную базу комплекса моделей. Программа DLPLFEMM на основе заданной структуры выделяет из информационной базы необходимые данные, преобразует их организацию согласно заданию и записывает в набор данных. В процессе формирования модели осуществляется программный логический контроль ее структуры, заданной пользователем. В частности, проверяется наличие необходимой информации в информационной базе, возможное дублирование отдельных элементов в структуре модели и т. д.

Обратимся вновь к нашему примеру (см. табл. 4.2). Структура модели задается пользователем в виде четырех групп данных:

- 1) наименование формируемой модели. Имя содержит до 80 символов;
- 2) состав оптимизируемых переменных, их распределение по блокам формируемой модели (табл. 4.8);
- 3) состав ограничивающих условий в форме табл. 4.9;

Таблица 4.9

Список ограничений

Номер строки	Код ТЭП, продукта, ресурса	Год	Регулирование или контроль показателя по заданному ограничению по кварталам			
			I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7
1	09 401	85	0	0	0	0
2	03 200	85	0	0	0	0
3	09 401	85	0	0	0	0
4	00 600	85	1	1	1	1
5	00 100	85	1	1	1	1
6	010 012	85	0	0	0	0
7	010 023	85	0	0	0	0
8	010 034	85	0	0	0	0
9	00 031	00	1	1	1	1
10	00 032	00	1	1	1	1
11	00 000					

4) состав критериев, включаемых в модель.

Табл. 4.8 заполняется так. Для того, чтобы включить в модель в качестве оптимизируемой переменной нужный продукт, необходимо в гр. 1 указать его код, в гр. 2 — код цеха, где производится продукт. Чтобы указать, в каких кварталах возможно производство данного продукта, необходимо в соответствующих графах 3—6 записать единицу. Если необходимо исключить возможность производства продукта в каком-либо квартале, то в соответствующей графе записывается ноль. Признаком окончания списка продуктов является строка с нулевым кодом в гр. 1. В данный список пользователь может включать только часть продуктов из состава информационной базы комплекса моделей.

Рассмотрим особенности заполнения табл. 4.9. Гр. 1 не заполняется и приведена для удобства пояснений. В гр. 2 указываются коды продуктов, показателей и ресурсов, на основе которых формируются ограничения модели. В гр. 3 указывается год, если для данного показателя формируется ограничение на весь плановый период (строки 1—8), иначе в данной графе указываются нули (строки 9, 10). В графах 4—7 указывается единица, если в данном квартале имеется ограничение по заданному показателю, в противном случае указывается ноль. В строках 4, 5 определено, что для показателей с кодами 00600 и 00100 формируются ограничения на весь плановый период и по кварталам (см. элементы 7 и 14 в табл. 4.2), в строках 9, 10 показано, что ограничения на ресурсы, коды которых 00031 и 00032, задаются только по кварталам (см. элемент 17 в табл. 4.2). Так как в модели контролируется производство продукции в целом на весь плановый период, то в строках 1—3 в графах 4—7 заданы нули (см. ограничения вида 6 в табл. 4.2). Задание ограничений вида 15 (см. табл. 4.2) имеет специфику. Генератор данных при формировании соответствующей информации дополняет коды показателей справа двумя разрядами, в которых указываются номера блоков, связанных логически по данному показателю. Поэтому в строках 6—8 указан код 0100 с добавлением справа двух цифр. Здесь 12 указывает, что в модель включается ограничение, устанавливающее взаимосвязь между первым и вторым кварталами, аналогично читаются коды в строках 7 и 8. Список ограничений заканчивается строкой 11 с нулевым кодом в графе 2. В список ограничений мы можем включать только часть данных из информационной базы комплекса моделей.

Список критериев модели состоит из двух групп данных. Первая определяет состав линейных критериев вида 1 из табл. 4.2. Этот список начинается директивной КРИТЕРИЙ и состоит из исследуемости пар данных, определяющих вид критерия (МАКСИМУМ или МИНИМУМ) и код критерциального показателя. Например, если в модель необходимо включить два критерия на максимум товарной продукции и прибыли, то соответствующий список будет содержать следующие данные:

КРИТЕРИЙ
МАКСИМУМ

Признаком окончания данного списка является директива, определяющая конец формирования структуры модели (КОНЕЦ) или формирование второй группы критериев — компромиссных (ВЕКТОР).

Вторая группа данных определяет состав и структуру векторных критериев, включаемых в структуру модели. Если в модель необходимо включить один или группу аддитивных компромиссных критериев, то соответствующий список данных начинается с директивы ВЕКТОР, за которой идет последовательность групп данных, определяющих количество и структуру компромиссных критериев. Для каждого критерия необходимо указать:

код компромиссного критерия, определяемый пользователем на этапе формирования модели и не совпадающий с кодами критериальных показателей, включенных в структуру данной модели;

список кодов показателей, включаемых в компромиссный критерий, и значения соответствующих им весовых коэффициентов. Этот список заканчивается нулевым кодом для показателя.

Например, нам необходимо включить в модель два компромиссных критерия, формируемых на базе показателей «Товарная продукция» (код 00100) и «Прибыль» (код 00600). Эти критерии отличаются значениями весовых коэффициентов при показателях. Первый критерий (определим код 00901) имеет коэффициенты для показателей «Прибыль» и «Товарная продукция» соответственно 0,8 и 0,2, а второй критерий (код 00902) — соответственно 0,3 и 0,7. В этом случае в структуру ЭВМ включаются следующие данные:

```

ВЕКТОР
00901
00600 0,8 00100 0,2
00000
00902
00600 0,3 00100 0,7
    
```

В окончательном виде задание на структуру адаптивной модели представлено в табл. 4.10.

На основании заданной структуры аддитивных компромиссных критериев в процессе формирования модели автоматически рассчитываются коэффициенты при оптимизируемых переменных критерия (выполняется скаляризация векторного критерия согласно правилам, изложенным в § 1.2).

Как следует из рассмотренного примера, пользователь имеет возможность формировать комплекс моделей на базе одной информационной базы. Модели могут отличаться по составу оптимизируемых переменных, ограничений и критериев. Кроме того, в табл. 4.8 и 4.9 показано, что модели могут различаться по составу блоков и

Задание на структуру формируемой модели

Номер строки	Значение данных	Примечание
1	ПЛАН ЗАВОДА НА 1985 ГОД	Наименование формируемой модели
2	ПРОДУКТЫ	Начало формирования списка оптимизируемых переменных для блочной модели
3	БЛОЧНАЯ ЭММ	
4	Данные из табл. 4.8	Список продуктов, включаемых в модель
5	ПОКАЗАТЕЛИ	Начало формирования ограничений модели
6	Данные из табл. 4.9	Список ограничений модели
7	КРИТЕРИИ	Начало формирования списка критериев
8	МАКСИМУМ	Максимум товарной продукции
9	00100	
10	МАКСИМУМ	Максимум прибыли
11	00600	
12	ВЕКТОР	Начало формирования списка аддитивных компромиссных критериев
13	00901	
14	00600 0,8 00100 0,2	
15	00000	Конец структуры критерия 00901
16	00902	
17	00600 0,3 00100 0,7	
18	00000	Конец структуры критерия 00902
19	КОНЕЦ	Окончание задания структуры ЭММ

организации межблочных связей. Так, при решении задач расчета плана предприятия на квартал и распределения оптимального плана по месяцам можно использовать модель с блочной структурой, подобной той, что приведена в табл. 4.2. В этом случае каждый блок определяет расчет плана на месяц квартала. Данную задачу можно решать с помощью модели, использующей информационную базу, созданную для расчета годового плана предприятия.

Укажем, какие виды работ необходимо выполнять пользователю для организации расчетов названной задачи. На первом этапе следует скорректировать данные об ограничениях на фонды, лимиты, т. е. выполнить работы третьей стадии формирования информационной базы комплекса моделей. На втором этапе работ при формировании адаптивной модели в табл. 4.8 и 4.9 определяются ее

Список директив, определяющих состав форм выходных документов

Номер директивы	Наименование директивы	Номер формы документов (см. Приложение 1)
1	ОТЧЕТ	Признак начала задания списка форм 6.1—6.3
2	ПРОДУКТЫ	6.1
3	ПОКАЗАТЕЛИ	6.2
4	КРИТЕРИИ	6.3
5	КОНЕЦ	Конец задания списка форм 6.1—6.3
6	ГОД	Признак начала задания списка форм при решении задач расчета плана предприятия на год
7	ТЭП	6.4
8	ЗАВОД	6.5
9	ЦЕХ	6.6
10	КОНЕЦ	Конец задания списка форм 6.4—6.6
11	КВАРТАЛ	Признак начала задания списка форм при решении задач расчета плана предприятия на квартал
12	ТЭП	6.7
13	ЗАВОД	6.8
14	ЦЕХ	6.9
15	КОНЕЦ	Конец задания списка форм 6.7—6.9
16	КОНЕЦ	Признак окончания формирования задания на расчет и печать форм выходных документов

номера кварталов, а номера месяцев в квартале. Графа для IV квартала в обеих таблицах заполняется нулями. В табл. 4.9 исполняется строка 8. Остальные данные структуры модели формируются аналогично задаче расчета плана завода на год.

Третий этап работ по решению задач планирования предусматривает расчет оптимального плана с использованием программы DPLPLOT. На данном этапе все работы автоматизированы. Программа выполняет:

преобразование данных сформированной модели в соответствии с требованиями численного метода, реализованного в системе программ;

исключение из модели всех пассивных элементов;

расчет оптимального плана;

запись результатов оптимизационных расчетов в набор данных для последующего использования на четвертом этапе работ.

Важно отметить следующее. Программа расчета оптимального плана фактически осуществляет ввод и вывод данных в наборах данных на пакетах дисков. Это позволяет нам включать в систему ДППЛАН разные виды программ оптимизационных расчетов, в которых реализованы различные численные методы. Таким образом, система ДППЛАН является открытой для включения в ее состав различных программ решения задачи расчета оптимального плана.

На четвертом этапе работ с использованием программы DPLPLOTCH выполняются расчет и печать форм выходных документов на основе заданного варианта плана. В качестве исходного плана для расчетов результатов данных пользователь может определить:

а) план, полученный оптимизационными расчетами на третьем этапе работ;

б) план, равный вектору минимальных или максимальных ограничений на оптимизируемые переменные (продукты);

в) план, определенный пользователем.

Выбор варианта плана, на основе которого рассчитываются выходные документы, расширяет возможности пользователя по проведению многовариантных аналитических расчетов. Если условия не оговорены, то для расчетов используются результаты оптимизации. В случае необходимости использования другого варианта плана можно определить его значение с помощью специальных директив. Так, для варианта б) задаются директивы:

ПЛАН

МИНИМУМ (или МАКСИМУМ — в зависимости от выбранного варианта плана).

Для варианта в) пользователь задает директиву СПИСОК, после которой следует список данных, включающий последовательную группу пар данных (код продукта и количество продукта в плане). Список завершается парой данных с нулевым кодом.

Результаты расчетов программа DPLPLOTCH может представить в виде набора форм документов. Конкретный состав этих форм оп-

ределяется пользователем и задается с помощью наборов директив, представленных в табл. 4.11.

Набор форм документов разделяется на три группы. Первая включает формы 6.1—6.3, имеющие универсальное значение. В этих формах отражаются структура адаптивной модели, используемой при расчете плана и результаты оптимизационных расчетов. Указанные формы позволяют эффективно анализировать результаты оптимизационных расчетов, подготавливать задания на корректировку структуры и данных модели на пятом этапе работ. Кроме этого, формы позволяют наглядно представлять результаты решения задач различного прикладного назначения. Задание на получение расчетов указанных форм включает директивы 1—5 из табл. 4.11. В случае необходимости пользователь может исключить печать какой-либо формы документа, удалив для этого из задания соответствующую директиву.

Таблица 4.12

Перечень возможных видов корректировок модели		
Номер вида корректировки	Состав данных списка	Содержание корректировки
1	2	3
1	КРИТЕРИЙ МАКСИМУМ (МИНИМУМ) КК	Замена критерия оптимальности Вид критерия Код критерия
2	ОГРАНИЧЕНИЕ КР ВГР ... 000	Замена видов ограничений, нейтрализация или активизация ограничения Список данных на корректировку ограничений Продолжение списка данных Конец списка данных
3	ПРОДУКТЫ КП ВГП ФП ... 000	Замена ограничений оптимизируемых переменных, нейтрализация или активизация переменных Список данных на корректировку Продолжение списка данных Конец списка данных
4	ФОНД КР Ф ... 000	Замена ограничений (фонды, лимиты и т. д.) Список данных на корректировку Продолжение списка данных Конец списка данных
5	НОРМАТИВЫ КП КР Н ... 000 ... КП КРН ..	Замена нормативной информации модели Код продукта, у которого меняется норма Код показателя, ресурса; новое значение норматива Продолжение списка нормативов для продукта КП Конец списка нормативов для продукта КП Данные для замены нормативов у очередного продукта Данные для замены нормативной информации для последнего продукта в списке задания на корректировку

Окончание табл. 4.12

1	2	3
	000	Конец нормативных данных для последнего продукта
	000	Конец задания на корректировку нормативной информации
6	КОНЕЦ	Признак окончания задания на корректировку структуры и данных модели

Примечание: КК — код критерия; КР — код показателя, ресурса; КП — код продукта; ВГР — вид ограничения для функциональных ограничений типа (4.1) — (4.3), (4.5) — (4.9) из § 4.2; ВГП — вид неравенства для ограничений типа (4.4) из § 4.2; Ф — значение фонда, лимита; Н — значение норматива; ФП — фонд на производство продукта.

Вторая и третья группы форм документов наиболее полно отражают специфику решения задач плана завода на год и на квартал с применением модели, тип которой представлен в табл. 4.2. Эти формы также более полно учитывают специфику предприятий микробиологической промышленности, организации планирования в отрасли. Они предназначены для применения в отделах и службах микробиологического предприятия при решении названных задач с использованием оптимизационных моделей.

Для получения документов при решении задач расчета годового плана используются директивы 6—10, а для расчета квартального плана — директивы 11—15. Пользователь имеет возможность получать нужное ему сочетание форм из названных групп исходя из конкретных целей решения задачи и полученных результатов.

Разнообразие форм представления результатов расчетов позволяет повысить эффективность анализа и принятия плановых решений благодаря тому, что пользователь получает данные, сгруппированные в виде форм, отражающих специфику анализа в процессе диалога с моделью и варьирования структуры и данных модели (первая группа форм), а также в процессе технико-экономического анализа результатов расчетов пользователями-экономистами.

Пятый этап работ, связанный с корректировкой структуры и данных адаптивной модели, выполняется с помощью программы. Работой данной программы управляют с помощью заданий, состоящих из одного или нескольких списков данных корректировочной информации (табл. 4.12).

Структура модели меняется с помощью корректировок вида 1—3. Корректировкой 2 можно нейтрализовать ограничения или активизировать пассивный элемент, определить для него вид ограничивающего условия ВГР (<, =, >). При этом символ < (>) определяет нестрогое неравенство, П — пассивный элемент.

Нейтрализация оптимизируемых переменных в модели осуществляется с помощью корректировки вида 3. В этом случае необходимо задать для ВГП символ «=» и ФП = 0. Верхняя и нижняя границы изменения переменной будут приравнены нулю. С помощью такой корректировки можно изменять значения ограничений

Задание на корректировку модели

Текст задания	Содержание работ по корректировке
ФОНД 032900 180,0 001000 23650,0 000323 82,0 000000 ОГРАНИЧЕНИЕ 001000 >	Замена фондов План производства бацитрацина на год Объем товарной продукции на год Фонд времени цеха № 2 в III квартале Конец списка на корректировку фондов Замена видов ограничений Активизация ограничения на товарную продукцию на год
000000 П	Нейтрализация ограничения на прибыль на год
000000	Конец списка на корректировку ограничений
КРИТЕРИЙ МАКСИМУМ 006000 КОНЕЦ	Замена критерия Определен максимум прибыли Конец задания на корректировку модели

на оптимизируемую переменную снизу (<) или сверху (>), определив соответствующее значение заданной границы (ФП). Корректировки видов 4—6 обеспечивают пользователю возможность изменять количественные параметры модели. В табл. 4.13 представлен пример задания на корректировку сформированной модели. В данном примере при корректировке ограничений и фондов в соответствующих кодах справа добавлен разряд с указанием нуля, если определяется ограничение по данному показателю (ресурсу) на определенный квартал (см. замену фонда для цеха № 2 в III квартале).

§ 4.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЛАНОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Оптимизационные экономико-математические модели и программные средства их реализации, описанные в предыдущих параграфах, успешно используются для формирования годовых и квартальных производственных программ микробиологического предприятия. Расчеты выполняются на ЭВМ ЕС-1022 ВЦ предприятия. На первом этапе диалог проводится при помощи консольной пишущей машинки с выдачей машинограммы на АЦПУ. В настоящее время осуществляется переход к диалогу при помощи дисплейных станций ЕС-7920.

Рассмотрим последовательность процедур подготовки данных, решения на ЭВМ и выбора варианта из множества альтернативных решений.

1. На каждый плановый период технологи производственно-технологического отдела (ПТО) определяют производственную мощность по выпуску планируемых препаратов для всех технологических линий предприятия с учетом времени переходов от продукта к продукту, факторов внутренних и внешних возмущений, влияющих на состояние технологических показателей (плановая активность культуральной жидкости (КЖ), объем слива КЖ с одной загрузки, потери целевого продукта на стадиях обработки КЖ и т. д.). По результатам этой работы специалист-алгоритмист вычислительного центра предприятия рассчитывает мощность цехов по производству продуктов.

2. На начало планового периода производственно-технологический отдел представляет данные о величине незавершенного производства по каждому продукту и по каждой технологической линии.

3. В ПТО определяют, каким продуктом на каждой технологической линии будет завершён предплановый период, дают рекомендации по возможному распределению выпуска продуктов на технологических линиях в течение планируемого периода. На основании этих данных специалист-алгоритмист формирует матрицу запуска-выпуска продуктов по цехам по каждому интервалу планового периода (для года — по кварталу, для квартала — по месяцу). Аналогично формируется матрица выпуска незавершенного производства за каждый продукт.

4. С позиций экономической службы предприятия формируются следующие ограничения:

номенклатура и объем выпуска продукции на плановый период;

минимальный объем выпуска товарной продукции на каждой технологической линии для каждого интервала в течение планового периода;

величина себестоимости единицы продукции для каждой технологической линии (затраты на производство одинаковых препаратов на разных технологических линиях различны);

задание темпов выпуска товарной продукции по предприятию в каждом интервале планового периода.

5. Получив от пользователей исходные данные для расчета варианта плана, специалист-алгоритмист подготавливает исходные данные и формирует экономико-математическую модель для реализации конкретного задания пользователя. На этапе формирования годового плана осуществляется расчет по критерию максимизации товарной продукции, определяется возможность выполнения предлагаемой номенклатуры в полном объеме при 100%-ой загрузке производственной мощности. На этапе распределения квартальной производственной программы (при директивном задании выпуска продукции) расчет выполняется по критерию минимизации затрат на производство и максимизацию прибыли.

6. Дальнейшая работа пользователей с моделью происходит в вычислительном центре предприятия. Сформировав исходные данные, специалист-алгоритмист запускает модель на ЭВМ и по-

лучает сообщение о результате решения задачи (вариант оптимален либо система несовместима). На АЦПУ выдается для анализа вариант производственной программы в натуральном и стоимостном выражении, который представляет собой данные о: 1) выполнении плановых заданий по каждому продукту в разрезе всех цехов и интервалов планирования; 2) использовании производственной мощности по каждому цеху, на каждом интервале планового периода; 3) выполнении плана по товарной и нормативно-чистой продукции по предприятию за плановый период и на каждом его интервале; 4) выполнении плана по товарной продукции по каждому цеху за плановый период и на каждом его интервале; 5) величине себестоимости товарной продукции предприятия за плановый период и на каждом его интервале.

7. При отсутствии допустимого варианта плана специалист-алгоритмист определяет противоречивость ограничивающих условий, обсуждает с пользователями вариант нового расчета, формирует вновь набор исходных данных (как правило, ограничивающих условий) и запускает ЭВМ для получения нового варианта. В результате такого итерационного процесса может получиться вариант, удовлетворительный с позиций экономистов планово-экономического отдела и производственников ПТО. В этом случае специалист-алгоритмист переходит к формированию документов «План производства на квартал по предприятию» (см. Приложение 1), «План производства на квартал по цеху». Эти документы и являются директивными заданиями для формирования месячного плана-графика выпуска продукции по каждому цеху. В противном случае, рассмотрев полученные варианты, пользователи формируют компромиссный вариант плана и специалист-алгоритмист, минуя оптимизирующий блок, запускает модель формирования итоговых документов (формы 6.7 и 6.8, Приложение 1) с выдачей данных о технико-экономических показателях деятельности предприятия и цехов.

Таким образом, комплекс рассматриваемых моделей представляет собой соединение прямых плановых расчетов для предприятия и цехов и средств оптимизации плановых решений. По мере накопления опыта осуществляется постепенный переход к непосредственному общению пользователей с ЭВМ (без специалиста-алгоритмиста). Но для этого, кроме применения дисплеев и обучения пользователей, требуется еще и дополнительное развитие информационной базы с учетом интересов отдельных групп пользователей, и создание комплекса имитационных моделей прогнозирования деятельности цехов по широкому кругу технико-экономических показателей.

При формировании годовых и квартальных планов микробиологического предприятия с помощью рассмотренных выше оптимизационных моделей допустимая производственная мощность технологических линий принимается по наиболее загруженным ее стадиям. Для различных препаратов, выпускаемых на одной технологической линии, «узкое место» может смещаться по стадиям процесса. На недо-

груженных стадиях процесса имеется резерв по используемому оборудованию.

Этот резерв можно использовать, соединив технологические линии цехов коммуникациями материальных потоков таким образом, что в конечном счете получается взаимосвязанная сеть технологических линий предприятия, на которой одновременно выпускается ряд препаратов. Возникает задача оптимизации распределения полупродукта (КЖ), передачи его с одних линий на другие так, чтобы минимизировать простой оборудования сети технологических линий предприятия. Такой динамический процесс подвержен влиянию множества факторов внутренних и внешних возмущений. Это сложная, но актуальная задача оперативной оптимизации распределения материальных потоков на предприятии.