

В. А. БЕРЕЗНЕВ

**Математические
методы
планирования
производственной
программы
предприятий
легкой
промышленности**



В. А. ВЕРЕЗНЕВ

**Математические
методы
планирования
производственной
программы
предприятий
легкой
промышленности**



**МОСКВА
«ЛЕГКАЯ ИНДУСТРИЯ»
1980**

ББК 65.9(2) 304

Б48

УДК 658.012.12:51—7:67/68

Рецензент канд. техн. наук *Д. Н. Жук*

Березнев В. А.

Б48 Математические методы планирования производственной программы предприятий легкой промышленности. — М.: Легкая индустрия, 1980. — 144 с., ил.

Книга посвящена одной из важнейших проблем технико-экономического планирования производства — проблеме построения оптимальной производственной программы предприятия. Изложен широкий круг вопросов, связанных с формализацией производственных понятий и процедур, необходимых в процессе подготовки плана и его принятия к промышленной реализации.

Большое внимание уделено новому подходу к планированию, позволяющему отразить в математической форме согласование в процессе планирования интересов производства и потребления.

Для инженерно-технических и научных работников текстильной промышленности.

Б $\frac{31602-094}{036(01)-80}$ — 94-80 3101010000

ББК 65.9(2) 304
6П9

© Издательство «Легкая индустрия», 1980 г.

ВВЕДЕНИЕ

«Ускоренное внедрение достижений науки и техники в производство — одна из наших кардинальных задач. Без этого экономика уже не может успешно двигаться вперед по пути интенсификации и повышения качества», — отмечалось в докладе А. Н. Косыгина на XXV съезде КПСС*. Высокие темпы развития социалистического промышленного производства требуют дальнейшего совершенствования средств и методов планирования экономики и управления предприятиями. Особая роль в решении этой проблемы принадлежит математической науке, которая в последние годы стала эффективным инструментом анализа производства, средством оптимизации плановых решений и управления технологическими процессами. Математические методы и электронно-вычислительная и управляющая техника открывают пути для широкого развертывания работ по созданию и внедрению в практику производства автоматизированных систем планирования и управления отраслями, территориальными организациями, объединениями и предприятиями.

Автоматизированные системы управления (АСУ) решают целый комплекс взаимоувязанных задач. Процесс создания АСУ — это последовательное внедрение передовых методов и техники планирования и управления, позволяющих увеличить эффективность производства и повысить общественную производительность труда.

Выбор последовательности этапов планирования, подлежащих автоматизации, существенным образом сказывается на сроках окупаемости соответствующих систем. Направление работ по совершенствованию методов и тех-

* КПСС. Съезд, 25-й. Москва, 1976. Материалы М., 1976, с. 129.

ники планирования народного хозяйства, отраслей, территориальных объединений и по созданию типовых АСУ для предприятий определяется академическими и ведомственными научно-исследовательскими организациями и фиксируется в государственном плане. Следует, однако, учесть, что в нашей стране более двухсот отраслей народного хозяйства и примерно 100 000 различных предприятий. Учет особенностей каждого производства безусловно сказывается на выборе рационального порядка этапов автоматизации планирования и управления этим производством.

Как правило, внедрению математических методов оптимизации планирования и управления производством должно предшествовать создание автоматизированной информационной базы. Так, задачи рационального оперативного управления производством требуют сбора и оперативной обработки большого объема исходной информации. Поэтому автоматизация оперативного управления целесообразна после внедрения автоматизированной информационной системы.

Иначе обстоит дело с задачами, связанными с более длительным горизонтом планирования. Значительная часть информации, необходимой для квартального или годового планирования, накапливается постепенно и составление соответствующих планов не требует оперативного сбора и обработки больших массивов исходных данных. Таким образом, существует возможность повысить эффективность важных этапов планирования производства еще до централизованного внедрения АСУ или ее первой очереди — автоматизированной информационной системы.

Особенности отрасли и производства сказываются не только на выборе порядка этапов автоматизации управления, но и на содержании этапов, характере моделей и особенностях математического обеспечения. Разработка эффективных АСУ требует не только знания общих принципов и методов проектирования автоматизированных систем управления и планирования, но и умения формулировать и учитывать специфику отрасли и конкретного предприятия.

Предлагаемая вниманию читателя книга посвящена обсуждению различных аспектов построения годовой производственной программы промышленного предприятия.

Решение этой проблемы особенно актуально в настоящее время, когда процесс автоматизации управления производством набирает силу. Рациональная годовая программа, учитывающая специфику конкретного производства, — залог эффективной работы предприятия. Совершенствование годового планирования с помощью современных математических методов и универсальных ЭВМ может вестись параллельно с созданием и внедрением типовых АСУ и информационных систем.

В процессе построения годовой производственной программы необходимо ответить на целый комплекс тесно связанных между собой вопросов. В частности, необходимо проверить соответствие намеченных темпов развития производства имеющейся сырьевой базе, соответствие планируемой номенклатуры продукции потребностям народного хозяйства или массового потребителя и многое другое. Перечисленные факторы определяют требования к плану производства. Всем требованиям, если они не противоречивы, отвечает, как правило, не единственный план, а множество планов. Традиционные методы планирования не учитывали (да и не могли учитывать в силу недостаточной обеспеченности вычислительными средствами) этой благоприятной возможности — выбрать из множества планов, удовлетворяющих предъявляемым требованиям, лучший (оптимальный) в том или ином смысле. На практике чаще всего очередной план строился на основе корректировки плана предыдущего периода и приведения его в соответствие изменившимся требованиям.

Актуальность оптимизации годовой производственной программы определяется высоким уровнем производительности труда современного производства, когда каждый сэкономленный процент трудовых и материальных затрат дает большой экономический эффект. Построение эффективного плана возможно только при учете большого числа факторов, которые, с одной стороны, определяют требования, предъявляемые к выпуску готовой продукции народным хозяйством, а с другой стороны, учитывают ограничения производственных и технологических возможностей предприятия. Достаточно полный учет этих факторов практически невозможен при использовании традиционных методов планирования, основанных в первую очередь на интуиции и опыте эко-

номистов-плановиков. В то же время современный математический аппарат и ЭВМ представляют собой вполне реальную основу для оптимизации программы. При этом необходимо, однако, иметь в виду, что противопоставление экономико-математических методов и электронно-вычислительных машин с соответствующим программным обеспечением опыту и интуиции специалистов было бы серьезной ошибкой. Выбор вариантов моделей, учет специфики производства, отделение важнейших факторов от второстепенных было и останется в будущем задачей руководителей предприятий, инженеров и экономистов, знающих производство, владеющих экономико-математическими методами и освоивших вычислительную технику. Математические методы и ЭВМ обеспечивают накопление и обработку больших массивов информации и огромный объем вычислений, с которыми связан анализ выбранных вариантов моделей. Полученные таким образом варианты плана дают основание опытному производственнику выбрать лучшее решение. Возможно, что при этом он должен будет учесть дополнительные, пока не формализуемые (например, социологические) факторы.

Обычно модель оптимизации производственной программы формулируется в виде статической экстремальной задачи. При этом уточняются и фиксируются данные об уровне технологических, энергетических, сырьевых и трудовых ресурсов производства на предстоящий год, установленные решением задач планирования более высокого уровня (задач перспективного и отраслевого планирования). В практике планирования реализовано несколько подходов к формализации выбора оптимальной годовой программы [10, 12, 21]. Каждый из них характерен для тех или иных видов производства или классов предприятий.

В предлагаемой книге рассматривается задача оптимизации производственной программы применительно к предприятию легкой промышленности. Представляется, однако, что основные модели и выводы могут быть использованы для достаточно широкого класса предприятий, отличающихся большой номенклатурой продукции и крупными сериями производства.

Разработка и внедрение моделей годового планирования для предприятий конкретной отрасли требуют ре-

шения многочисленных технико-экономических вопросов и организации взаимодействия специалистов различного профиля. Опыт показал, что для создания работоспособной АСУ недостаточно привлечь подготовленных специалистов по разным аспектам экономических, технических, технологических и математических проблем, возникающих при проектировании систем управления и планирования. Системный подход требует от каждого специалиста — администратора, инженера, экономиста, математика, программиста — не только совершенных знаний в своей узкой области, но и проникновения в сущность проблемы, решаемой коллективом, осознания своего места в решении всей задачи.

Основная цель настоящей книги — обратить внимание проектировщиков АСУ не на узкопрофессиональные, а на общие вопросы создания системы, которые обеспечивают взаимопонимание разработчиков. Этим определяется план и содержание книги.

Книга состоит из пяти глав. В первой главе формализуется естественное для производственника понятие «план». Электронная машина понимает только формальный язык. Поэтому содержательное понятие плана должно быть очищено от размытых качественных и эмоциональных нюансов и выражено в виде набора чисел — вектора, компоненты которого истолковываются в соответствующих экономических терминах.

Планом производства, таким образом, можно назвать любой вектор, составляющие которого — объемы производимых продуктов — удовлетворяют техническим, технологическим и экономическим требованиям (обеспечены необходимыми ресурсами, гарантируют удовлетворение спроса и т. п.).

При планировании чаще всего сталкиваются с двумя ситуациями: либо не существует плана, удовлетворяющего всем заданным условиям, либо существует большое количество планов, удовлетворяющих всем ограничениям.

Первая ситуация требует специального качественного анализа. Речь идет о согласовании с заинтересованными организациями вариантов ослабления требований к плану или вариантов расширения возможностей производства.

Более естественной является вторая ситуация, дающая возможность выбора лучшего в некотором смысле

плана. В первых двух главах, посвященных содержанию и формальному определению, анализу и интерпретации допустимого множества планов, исследуются обе ситуации.

В ситуациях, в которых всем предъявленным к производственной программе требованиям удовлетворяет множество планов, естественно, встает вопрос о выборе лучшего из них. Для этого необходимо разобраться, каким образом следует упорядочить планы (в соответствии с каким критерием целесообразно говорить, что один план лучше другого). Это очень сложная задача. План, лучший в одном отношении, может оказаться худшим в другом. Выбор рационального критерия качества плана связан с учетом большого числа факторов, в том числе и многих непосредственно не связанных с рассматриваемым предприятием. Строго говоря, план, оптимальный для предприятия, должен быть лучшим и с государственной точки зрения. Достаточно четкое выяснение места и роли предприятия во всей экономической системе, необходимое для однозначного согласования интересов государства и предприятия, — чрезвычайно сложная и не всегда выполнимая задача. Слишком много факторов должно быть при этом учтено. На практике установились некоторые эвристические подходы к построению компромиссных показателей качества плана относительно некоторых критериев, полученных при неформальном обсуждении задачи. Важность проблемы согласования различных требований, предъявляемых к производственной программе, или интересов различных звеньев производственной иерархии заставляет уделять этому вопросу все большее внимание. В настоящее время эта проблема интенсивно обсуждается среди специалистов по исследованию операций и использованию математических методов в экономике. Происходит критический пересмотр эвристических подходов и на смену им разрабатываются формальные принципы организации взаимодействия между производственными звеньями — источниками различных требований, предъявляемых к плану. Обсуждению различных подходов к построению критерия эффективности плана посвящена третья глава книги.

При построении годовой производственной программы предприятие должно учитывать не только собствен-

ные интересы, но и интересы потребителей его продукции. Иначе не вся произведенная продукция будет реализована или спрос потребителей не будет удовлетворен. Интересы предприятий, производящих продукцию, и потребителей не противоположны, но и не совпадают. Согласование их интересов представляет собой задачу, постановка и решение которой определяются не только формализуемыми соображениями. Практика в полном соответствии с теорией выбора решений в конфликтных ситуациях установила естественные пути согласования интересов промышленных предприятий и оптовых потребителей их продукции. Производственная программа предприятий легкой промышленности определяется в результате торга на оптовой ярмарке.

Процесс торга на ярмарке не является формальным методом поиска компромиссного решения. Однако без соответствующего математического обеспечения трудно рассчитывать на рациональный выбор плана производства и поставок промышленной продукции. Большая номенклатура и обилие факторов, подлежащих учету, приводят к тому, что некоторые из них выходят из-под контроля участников торга при согласовании решения. Компромисс, не подкрепленный необходимыми численными оценками, может быть связан с ущербом для производства и для потребителей. Возникает необходимость в разработке специальных математических моделей, позволяющих оценивать различные варианты плана в соответствии с интересами обеих сторон. Обсуждению этих важных вопросов посвящена четвертая глава.

Представляется, что рекомендации этой главы имеют значительно более широкую сферу приложений, чем рассматриваемая задача годового планирования производства.

Для использования математических методов в практике оптимального производственного планирования большое значение имеют вопросы численного решения соответствующих математических задач. Этому посвящена пятая глава книги.

Не всякая модель, достаточно полно описывающая реальную ситуацию, может быть использована в АСУ. Модель должна быть достаточно проста для численного анализа на вычислительной машине, используемой в системе.

Для количественного анализа моделей технико-экономического планирования используются главным образом методы линейного программирования, давно получившие широкое признание. Хорошо разработанная теория линейного программирования и большой опыт в использовании ЭВМ для решения линейных оптимизационных задач в самых разнообразных постановках служат убедительным основанием для формулировки моделей планирования в виде задач линейного программирования. Первый раздел пятой главы знакомит читателя с основным методом решения задач линейного программирования — симплекс-методом.

Среди рассмотренных моделей построения производственной программы предприятия не все записываются в виде задач линейного программирования. Однако для всех возникающих здесь нелинейных моделей удастся построить эквивалентные линейные задачи и таким образом ограничиться при анализе методами линейного программирования. Это устанавливается во втором разделе главы.

Электронно-вычислительная техника и соответствующие программы позволяют решать задачи линейного программирования, содержащие большое число переменных и ограничений, — задачи большой размерности. В то же время ясно, что допустимая размерность решаемых задач ограничена объемом оперативной памяти машины и характером ее внешних запоминающих устройств. Так или иначе, но при необходимости решать задачу линейного программирования большой размерности обычно возникают осложнения: либо не хватает памяти, либо время решения недопустимо велико. В таких случаях полезно воспользоваться спецификой матрицы условий, которой обычно отличаются практические задачи, чтобы по возможности сократить объем запоминаемой информации и рационализировать вычисления. Часто удастся генерировать необходимые элементы матрицы условий по исходной информации небольшого объема уже в ходе вычислений по некоторому алгоритму линейного программирования. Если при этом появляется возможность ограничиться оперативной памятью, то время решения задачи, как правило, значительно сокращается. В третьем и четвертом разделах главы рассматриваются две вычислительные процедуры, позволя-

ющие решать задачу годового планирования на заданном участке оперативной памяти ЭВМ. Первая является алгоритмом генерирования элементов матрицы условий, вторая представляет собой алгоритм последовательного агрегирования переменных.

Два следующих раздела пятой главы посвящены применению методов параметрического линейного программирования, упрощающих построение производственной программы предприятия. Процедура торга на оптовой ярмарке представляется как задача выбора решения, зависящего от параметра — значения уступки предприятия. Привлекательность такой постановки заключается в существенном сокращении объема вычислений для получения необходимой при согласовании плана информации.

Методы параметрического программирования позволяют построить простые таблицы или графики, дающие возможность оперативно ориентироваться в ходе торга и сознательно выбирать значение уступки, определяющей согласованный план.

Последний раздел главы посвящен описанию основных элементов программного оборудования автоматизированной системы планирования.

За исключением двух последних глав, придающих обсуждению вопроса законченный вид, книга не требует от читателя какой-либо специальной математической подготовки и должна восприниматься без заметных усилий. В целом книга рассчитана на широкий круг читателей: руководителей производства, экономистов и плановиков предприятий, разработчиков АСУ, а также студентов отраслевых институтов, специализирующихся в области применения экономико-математических методов и ЭВМ в планировании и управлении. Автор надеется, что одни из них сумеют убедиться в том, что возможности математики и вычислительной техники далеко не безграничны, особенно в решении таких сложных задач, какой, безусловно, является выбор рациональной производственной программы, и воспримут математику как хороший инструмент в руках опытных специалистов производства. Другие, возможно, освободятся от излишне скептического отношения к методам экономико-математического анализа процессов производственного планирования.

**ФОРМАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНА
И УСЛОВИЙ ПЛАНИРОВАНИЯ**

Годовая производственная программа — это план работы предприятия на год, устанавливающий взаимосвязь различных сторон производственно-хозяйственной деятельности. Отправным моментом при составлении плана является определение номенклатуры продукции, которую предприятие предполагает выпускать в предстоящем году. Для эффективного решения этой задачи необходимы: глубокие знания законов формирования спроса на продукцию в народном хозяйстве или у массового потребителя, знание перспектив развития сырьевой базы предприятия, оценка технологических возможностей имеющегося и перспективного оборудования, наличие квалифицированных рабочих и инженерно-технических работников и многое другое. В легкой промышленности предприятие обычно определяет номенклатуру своей продукции, согласуя ее с поставками сырья и спросом потребителей. Чтобы выбор номенклатуры максимально соответствовал народнохозяйственным целям, необходимо отрегулировать механизм экономического воздействия на этот выбор со стороны вышестоящих организаций и со стороны потребителей продукции.

В этой книге мы, однако, будем предполагать номенклатуру продукции определенной и фиксированной, а спрос на каждое изделие заданной номенклатуры — известным с достаточной степенью достоверности. Предметом нашего рассмотрения будет задача определения объема выпуска изделий каждого вида, вошедшего в задан-

ную номенклатуру. Таким образом, под *годовой производственной программой* будем понимать объем годового выпуска изделий заданной номенклатуры.

На формирование годового плана оказывают влияние различные требования, определяемые мощностью предприятия, объемом возможного использования сырья, потребностью народного хозяйства в продукции предприятия. Каждому производителю ясно, что план только тогда может быть выполнен, когда он отвечает всем этим требованиям. В противном случае план нереален с той или иной точки зрения. Можно, например, построить такую производственную программу, по которой выпуск продукции в соответствующих объемах будет обеспечен сырьем, но окажется невыполнимым из-за недостаточной мощности имеющегося на предприятии оборудования.

При планировании, связанном с учетом относительно малого числа факторов, сравнительно легко оценить их влияние на плановые показатели, т. е. достаточен неформальный анализ различных вариантов плана. При увеличении количества учитываемых факторов оценка плана и его совершенствование в содержательных терминах и понятиях превышает возможности экономиста-плановика. Например, при построении отвечающей всем необходимым требованиям производственной программы такого предприятия, как московское производственное трикотажное объединение «Красная заря», приходится учитывать более 50 000 факторов технико-экономического содержания. Ясно, что провести такую работу вручную в более или менее приемлемые сроки не представляется возможным. Для расчетов необходимо использовать современные ЭВМ.

1. Определение математической модели

Электронно-вычислительные машины не могут оперировать непосредственно содержательными понятиями. Снабженные соответствующим программным обеспечением, они способны анализировать состояние формальных объектов — моделей. Поэтому прежде чем приступить к анализу исследуемого реального объекта с помощью ЭВМ, нужно построить его математическую модель.

Математическая модель, по А. Н. Тихонову, — это приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженное с помощью математической символики. Процедура построения математической модели сложного производственного процесса состоит из нескольких этапов, для осуществления которых необходимо привлечь высококвалифицированных специалистов — математиков, экономистов, производственников.

Одним из этапов процесса построения формализованной модели реального явления и ее совершенствования является исследование математической задачи, порожденной моделью. При этом, в частности, возникает необходимость в построении конструктивных методов численного анализа соответствующих математических задач и методов использования средств вычислительной техники. Часто проблемы этого этапа представляют собой типичные задачи математического анализа, которые рассматриваются как самостоятельный объект исследований безотносительно к реальным явлениям, породившим эти задачи. При моделировании конкретного процесса обычно стараются построить модель таким образом, чтобы для соответствующей математической задачи существовали конструктивные методы ее решения.

Математические модели являются упрощенными описаниями реального процесса. Построить модель, абсолютно адекватную исследуемому объекту, невозможно. Это и понятно, так как в реальной жизни все взаимосвязано. «Модель — это своего рода абстракция, промежуточное звено между теоретическим абстрактным мышлением и объективной действительностью. Отражая объективную действительность, модель ее упрощает, отбрасывая все второстепенное и побочное. Однако это упрощение не может быть произвольным и грубым. Адекватность реальной действительности — главное требование, предъявляемое к модели. Условия сходства и различия между моделью и реальной действительностью должны быть ясно сформулированы и точно определены» [17]. В процессе моделирования выделяются лишь некоторые наиболее существенные факторы, которые, по мнению исследователей, достаточно полно характеризуют изучаемый объект. Однако после математического решения поставленной задачи полученные результаты должны быть истолкованы в содержательных понятиях

и проанализированы. После тщательно проведенного анализа может возникнуть необходимость в исследовании отброшенных второстепенных факторов и изменений не только значений отдельных параметров модели, но и их связей.

2. Процесс построения математической модели

Опыт математического моделирования указывает на итеративный характер процесса построения математической модели, на каждом шаге которого строится очередной вариант формальной постановки задачи, точнее отражающий реальную ситуацию по сравнению со всеми предыдущими вариантами. При этом каждый шаг итеративного процесса осуществляется в несколько этапов.

Первый этап — качественный анализ исследуемого явления. Этот этап требует глубокого проникновения в специфику моделируемого процесса. При моделировании производственных процессов большое значение, по-видимому, имеет тесное сотрудничество работников различных отделов и цехов предприятия с разработчиками системы — математиками, экономистами, программистами. На этом этапе необходимо выявить степени свободы процесса (допустимые варианты воздействия на него), определить области допустимых решений и четко аргументировать выбор критерия эффективности. Далее, из всей совокупности факторов, характеризующих моделируемый процесс, следует выбрать основные, самые существенные факторы и количественно выразить существующие между этими факторами связи. Полезно заметить, что начинать следует с построения простейшей модели, отражающей лишь самые основные отличительные характеристики объекта. Затем в модель должны включаться очередные по важности предпосылки, с тем чтобы в конце концов подойти к отражению в модели рассматриваемого явления с точностью до принятых предпосылок. На последующих шагах исследователь, используя уже имеющуюся модель предыдущего шага, анализирует влияние, которое оказывает на решение тот или иной параметр модели, и сопоставляет с результатами аналогичных изменений в реальной ситуации. Те факто-

ры, которые на предыдущем шаге не были включены в число существенных, теперь могут потребовать более детального изучения.

Второй этап — запись в математических терминах, выявленных на первом этапе качественных связей, т. е. построение некоторого варианта математической модели. При построении математической модели, изученные при качественном анализе объекта связи между различными параметрами, характеризующими его состояние, записываются в виде математических соотношений (равенств, неравенств или логических соотношений). Эти соотношения определяют область допустимых решений (планов). Чтобы выбрать из этой области один план, нужно сформулировать и экономически обосновать критерий эффективности решения. Здесь уместно сделать два замечания.

Во-первых, следует учитывать то обстоятельство, что полученные на основе модели планы с достаточно большим горизонтом планирования не всегда можно рассматривать как готовые решения, которые остается довести до исполнителей в качестве обязательных для выполнения заданий. Это объясняется высокой степенью неопределенности в параметрах моделей длительного производственного планирования. Чаше результаты анализа моделей нужно рассматривать как некоторые рекомендации, на основе которых опытный специалист, владеющий методами экономического анализа, принимает окончательное решение.

Во-вторых, нахождение оптимального решения важно, пожалуй, лишь в задачах оперативного планирования, где можно снять неопределенность в значениях параметров модели и зафиксировать их с достаточной степенью достоверности. В задачах же более длительного периода планирования (таких как задачи годового или квартального планирования) однозначное определение оптимального решения представляется не столь важным. В таких задачах важнее получить набор допустимых решений, достаточно близких в некотором смысле к оптимальному решению. Из этого набора опытный специалист без больших вычислительных затрат сформулирует плановое задание в зависимости от конкретной реализации значений тех параметров, о которых мы имели приближенную информацию.

Третий этап связан с исследованием математичес-