

А. В. ЛОТОВ

ВВЕДЕНИЕ
В ЭКОНОМИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ



А. В. ЛОТОВ

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОНОМИКО- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Под редакцией Н. Н. МОИСЕЕВА

*Допущено Министерством
высшего и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия для студентов
инженерно-экономических специальностей вузов*



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1984

Введение в экономико-математическое моделирование. Лотов А. В.
М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.—
392 с.

Книга предназначена для всех, кто хочет получить общее представление о возможностях применения математических моделей в практике принятия экономических решений. В книге описаны принципы экономико-математического моделирования и основные типы математических моделей, используемых в практической деятельности. Отдельные главы посвящены новым перспективным направлениям исследования — построению человеко-машинных имитационных систем и моделированию хозяйственного механизма. Рассматриваются многокритериальные методы принятия решений и место этих методов в имитационных системах.

Книга рассчитана на студентов вузов, инженеров-экономистов, а также всех, кто интересуется вопросами использования математики и вычислительной техники в экономических исследованиях и знаком с основами математического анализа и линейной алгебры.

Александр Владимирович Лотов

ВВЕДЕНИЕ В ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Редактор *Е. Ю. Ходан*

Техн. редактор *И. Ш. Аксельрод*

Корректоры *Г. В. Подвольская, Н. Б. Румянцева*

ИБ № 12418

Сдано в набор 20.07.83. Подписано к печати 16.01.84. Т-01629. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага тип. № 3. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Условн. печ. л. 24,5. Усл. кр.-отт. 24,5. Уч.-изд. л. 26,34. Тираж 9370 экз. Заказ № 734. Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Наука»

Главная редакция физико-математической литературы
117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

4-я типография издательства «Наука»

630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25

Л 1702070000 — 033 52-84
053(02)-84

© Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1984

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора	5
Предисловие автора	11
Введение	13
 ЧАСТЬ I. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Глава 1. Математическое моделирование и анализ экономических процессов	20
§ 1. Методы моделирования	20
§ 2. Особенности математического моделирования экономических процессов. Производственно-технологический уровень экономических систем	27
§ 3. Основные представления о математических моделях, применяющихся в прикладных экономических исследованиях	30
§ 4. Основные математические методы анализа моделей в прикладных экономико-математических исследованиях	40
Глава 2. Основные принципы построения математических моделей производственно-технологического уровня экономических систем	63
§ 1. Общее представление о моделях производственно-технологического уровня. Материальные балансы	63
§ 2. Производственные функции как основа описания закономерностей производства	67
§ 3. Основные типы функций выпуска	84
§ 4. Функции затрат и производственные способы	96
§ 5. Построение производственных функций	105
§ 6. Моделирование потребления	113
§ 7. Основные этапы моделирования производственно-технологического уровня экономических систем	133
§ 8. Неопределенность в экономических моделях	152
§ 9. Библиографический комментарий к главе 2	161
 ЧАСТЬ II. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Глава 3. Основные типы математических моделей производственных единиц	163
§ 1. Описание производственной единицы как совокупности производственных способов	163
§ 2. Модели планирования сельскохозяйственного производства	167
§ 3. Модели оперативного планирования производства	175
§ 4. Планирование перевозок грузов	180
§ 5. Модели сетевого планирования	192
§ 6. Модели с неопределенными факторами	201

§ 7. Модели отраслевого перспективного планирования	221
§ 8. О моделировании экологических факторов в экономико-математических моделях	225
Глава 4. Агрегированные модели развития народного хозяйства	233
§ 1. Простая агрегированная модель народного хозяйства	233
§ 2. Производственные функции в агрегированной модели народного хозяйства	239
§ 3. Исследование модели	244
§ 4. Описание технического прогресса в агрегированных моделях народного хозяйства	250
Глава 5. Многоотраслевые модели планирования развития народного хозяйства	257
§ 1. Межотраслевой баланс	258
§ 2. Статические многоотраслевые модели	262
§ 3. Динамические многоотраслевые модели	270
§ 4. Использование динамических многоотраслевых моделей в программно-целевом планировании народного хозяйства	276
 ЧАСТЬ III. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Глава 6. Человеко-машинные имитационные системы и принятие экономических решений	286
§ 1. Системный подход к принятию экономических решений	286
§ 2. Структура имитационной системы	291
§ 3. Методы принятия решений при нескольких критериях	296
§ 4. Построение имитационных систем и принятие решений на их основе	322
Глава 7. Математическое моделирование экономического механизма	336
§ 1. Классический подход к анализу экономических механизмов	338
§ 2. Методы информационной теории иерархических систем	352
§ 3. Анализ систем стимулирования производства в условиях неполной информации	358
§ 4. Исследование реальных систем стимулирования производства	368
§ 5. Построение адекватных моделей принятия экономических решений	375
§ 6. Имитационные системы для анализа экономического механизма	385
Литература	387
Предметный указатель	391

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Курс на кардинальное увеличение производительности общественного труда путем соединения преимуществ социалистического строя с достижениями научно-технического прогресса, принятый на XXVI съезде КПСС и конкретизированный последующими Пленумами ЦК КПСС, накладывает повышенные требования на качество принимаемых экономических решений. Это относится и к плановым решениям на всех уровнях народного хозяйства, и к мероприятиям по совершенствованию хозяйственного механизма. Вычислительная техника, являющаяся одним из главных достижений научно-технической революции, дает возможность на основе экономико-математических моделей получать достоверную экономическую информацию и выбирать наиболее рациональные хозяйственные решения. Сейчас вычислительная техника используется в большинстве хозяйственных организаций, начиная от Госплана СССР и кончая отдельными предприятиями, что делает необходимым понимание основных принципов математического моделирования экономических систем для всех, кто участвует в процессах производства и распределения производственных ресурсов и продукции. Этим и определяется огромный интерес к математическим методам исследования экономических процессов, который наблюдается в настоящее время.

Литература, посвященная вопросам использования математических методов и моделей в решении экономических задач, включает в себя многие тысячи статей и книг, в том числе и несколько десятков учебников. Однако, несмотря на это, потребность в учебных пособиях удовлетворена далеко не полностью. Дело в том, что книги, посвященные изучению экономико-математических методов, должны быть очень разными, так как читатели отличаются и по уровню подготовки, и по характеру интересов. Предлагаемая книга рассчитана на самые широкие круги читателей, имеющих математическое образование на уровне первых курсов инженерных и экономических высших учебных заведений. Этим она отличается от большинства книг по экономико-математическим методам, которые требуют для своего изучения основательных знаний математики.

Есть и другая важная отличительная черта этой книги — изложение проблем математического моделирования экономиче-

ских явлений ведется с точки зрения анализа трудностей, возникающих на пути построения таких математических методов и моделей, которые могли бы использоваться в практике принятия экономических решений. Другими словами, на первый план выдвигаются вопросы содержательного характера. Сложные вопросы подобного типа остаются обычно за рамками учебных пособий — вместо них рассматриваются проблемы чисто математического плана, например проблемы поиска оптимального решения. При этом у читателя создается впечатление, что основные трудности экономико-математического моделирования лежат в вычислительной области. В действительности это, конечно, неверно, и переход от вербального описания к математическому бывает часто наиболее трудным этапом экономико-математического анализа.

Для того чтобы пояснить это утверждение, рассмотрим основные направления исследований на основе математических моделей экономических явлений. Прежде всего, необходимо выделить чисто прикладные исследования, в которых экономико-математические модели используются в конкретных планово-экономических расчетах. Здесь на основе решения относительно простых математических задач удается облегчить, уточнить или ускорить выбор разумных экономических решений, сделать их более надежными и эффективными. В этой области успехи экономико-математического моделирования наиболее заметны, здесь исследования постепенно превращаются в стандартные расчеты, столь же привычные и незаменимые, как инженерные расчеты в процессе конструирования различных технических систем и сооружений.

С другой стороны, имеется развитое направление исследований, получившее название математической экономики. В работах, относящихся к этому направлению, изучаются свойства математических моделей, построенных на основе формализации некоторых понятий экономической науки, таких как, например, конкурентное равновесие. Используя некоторые предположения о функциональных зависимостях (например, о выпуклости функций и множеств), исследователи анализируют общие свойства моделей — доказывают теоремы о существовании экстремальных значений тех или иных параметров, изучают свойства точек равновесия, траекторий равновесного роста и т. д. Эти исследования содействовали становлению экономико-математических методов, помогали и помогают отточить математические методы, используемые в прикладных исследованиях. Однако с развитием математической экономики рассматриваемые в ней проблемы все более уходили от экономической реальности и становились чисто математическими. В результате этого в настоящее время математическая экономика представляет собой своеобразный раздел математики, изучающий специальные математические конструкции, которые лишь с большой степенью произвола можно назвать экономическими моделями.

Можно, наконец, рассмотреть еще одно направление экономико-математического моделирования — это исследование вопроса о соответствии математических моделей изучаемым экономическим явлениям. К сожалению, это направление исследований, которое можно было бы назвать теорией математических моделей экономических процессов, не получило пока должного развития. До сих пор бытует представление о том, что доказать существование решения (оптимального или равновесного — безразлично) и вычислить его — вот основная задача экономико-математического моделирования. В действительности же главный вопрос состоит в том, можно ли данную математическую модель использовать для анализа той или иной прикладной или теоретической проблемы экономической науки. Сама по себе ни одна математическая теория (в том числе и статистический анализ, часто используемый в настоящее время для оценки и обоснования моделей) не может ответить на этот вопрос — он является проблемой экономической науки, поэтому теория моделей экономических процессов, занимающаяся вопросами адекватности математических моделей и методов изучаемым экономическим проблемам, должна быть важнейшей составной частью экономических исследований. Недостаточное развитие этого раздела экономической науки является, по моему мнению, основным препятствием, тормозящим эффективное использование математики в прикладных экономических исследованиях.

Для того чтобы проиллюстрировать эту мысль, обратимся к опыту физики — науки, в которой использование математических методов достигло наибольшего совершенства. Конкретные прикладные исследования базируются на методике расчетов, разработанной специалистами в области технической физики, а сами расчеты проводятся инженерами. Методика расчетов основывается на математических моделях конкретных технических объектов, разрабатываемых технической физикой, и на математических методах анализа моделей, которые разрабатываются математической физикой — развитым разделом прикладной математики. Модели конкретных технических объектов строятся на основе фундаментальных моделей и принципов, разрабатываемых теоретической физикой, которую в настоящее время можно с большой точностью назвать теорией математических моделей природных явлений.

В результате многовековой деятельности исследователей сегодня создано единое здание математических моделей процессов, протекающих в неживой материи, опирающееся на небольшое число фундаментальных принципов и связывающее воедино разнообразные факты и представления естественных наук. Каждая модель в этом здании занимает определенное место, установлены пределы ее применимости и связи с другими моделями. Наличие такого здания моделей придает уверенность при их использовании в практической деятельности — ведь каждая из этих моделей благодаря связям с другими моделями опирается не столько на

специфическую проверку ее самой, сколько на весь практический опыт человечества. Для каждого конкретного объекта в этом здании можно выбрать наиболее подходящую модель или получить ее из близких по характеру моделей. Таким образом, именно развитость теоретической физики, вылившаяся в наличие грандиозного здания моделей природных процессов, с одной стороны, определяет высокую эффективность использования математических моделей и методов в инженерной практике, а с другой — дает нам единую картину окружающего нас мира.

В. экономических исследованиях ситуация принципиально иная. Разработаны отдельные математические модели, применимость которых изучена мало или не изучена вообще, а о стройной системе обоснованных моделей и говорить не приходится. Более того, практически еще совсем не разработаны сами принципы проверки адекватности моделей и методов — а ведь в экономике эта задача является значительно более сложной из-за отсутствия возможности проведения натурального эксперимента. Поэтому явно недостаточное внимание к этой проблеме является удручающим. Все же в последнее время число исследований, посвященных этой теме, несколько увеличилось, так что можно надеяться, что в ближайшие годы работы данного направления получат более широкий размах, в результате чего не в столь отдаленном будущем будут разработаны обоснованные принципы моделирования экономических объектов, т. е. будет создан фундамент, на котором будет построено здание адекватных и взаимно согласованных математических моделей экономических процессов, аналогичное зданию математических моделей природных явлений. Этот оптимизм основывается на том, что уже сейчас имеется определенное понимание необходимости разработки общих принципов построения экономических моделей и превращения их в единую систему. Сегодня очень важно, чтобы это понимание было доведено до широкого круга специалистов, связанных с практическим использованием математических моделей и методов в экономических расчетах, — ведь именно они сталкиваются с трудностями, возникающими при внедрении математических методов в экономический анализ. Поэтому нужны учебные пособия, основанные не столько на прагматической или математической точке зрения, сколько на общем фундаменте — на теории математических моделей экономических процессов. Попытка написать такой учебник была предпринята в конце семидесятых годов Ю. П. Иваниловым и А. В. Лотовым*), которые в своей книге реализовали «модельный» подход к проблемам использования математических методов в экономике. Книга вызвала определенный интерес читателей. В настоящее время она широко используется в различных учебных заведениях, а также для самообразования. Все же, когда возник вопрос о

*) Иванилов Ю. П., Лотов А. В. Математические модели в экономике. — М.: Наука, 1979.

переиздании книги, оно было признано авторами нецелесообразным. Прежде всего, в книге не были отражены достижения последнего десятилетия: новые методы принятия экономических решений с использованием математических моделей, методы математического моделирования экономического механизма, принципы построения имитационных систем. Но, что самое главное — за прошедшее время значительно углубилось представление о роли математических моделей в принятии экономических решений. Это потребовало значительно усилить «модельный» аспект книги, что привело к созданию нового учебного пособия, которое и предлагается читателю.

Основной чертой данной книги является внимание к вопросам адекватности математических моделей и методов, возможности их применения в прикладных исследованиях, т. е. к проблемам теории математических моделей экономических процессов. Хочется заранее предупредить — читатель не найдет здесь законченного изложения принципов этого раздела экономической науки: как уже говорилось, состояние дел пока таково, что еще не удастся сформулировать общепринятые положения, пригодные для включения в учебники. Автор избирает другой путь — он описывает принципы построения моделей самого простого для исследования уровня экономических процессов — производственно-технологического уровня. Такие модели основаны на хорошо разработанных принципах моделирования природных процессов, дополненных некоторыми эмпирическими закономерностями. Грубо говоря, эти модели базируются на законах сохранения (балансовых соотношениях) и эмпирических закономерностях преобразования ресурсов в продукцию (производственных функциях). В настоящее время подавляющее большинство прикладных исследований основывается на моделях этого типа — именно они используются в плановых расчетах. Описывая принципы построения моделей производственно-технологического уровня экономических явлений, автор в то же время постоянно демонстрирует их ограниченность. Тем самым объясняется происхождение трудностей, возникающих при проведении планово-экономических расчетов на основе математических моделей. Эти вопросы отражены в первой части книги.

Во второй части автор описывает наиболее характерные типы моделей и методов, использующихся в практике экономико-математического моделирования. Тем самым читатель получает представление об использовании принципов, изложенных в первой части. Хочется особенно отметить описание процедур программно-целевого подхода к перспективному планированию народного хозяйства, а также эколого-экономических моделей, представление о которых должен иметь каждый специалист.

В третьей части, состоящей из двух глав, автор прежде всего обобщает те проблемы построения и использования моделей производственно-технологического уровня, с которыми читатель сталкивается на протяжении всей книги, и указывает путь

преодоления этих трудностей: построение человеко-машинных имитационных систем, предназначенных для принятия решений в диалоге человека и ЭВМ. Отметим, что крайне важной и в то же время еще плохо осознаваемой многими специалистами особенностью практически всех проблем принятия решений в экономике является их многокритериальность — наличие целого набора показателей, по которым приходится судить о качестве принимаемого решения. Методы исследования многокритериальных проблем, интенсивное развитие которых началось, по существу, лишь в семидесятые годы, мало известны широкому кругу инженеров и экономистов. В связи с этим автор дает обзор многокритериальных методов. Анализ достоинств и недостатков различных многокритериальных методов позволяет сделать вывод о наиболее рациональной структуре человеко-машинной системы и о месте различных методов анализа моделей (имитационных, оптимизационных, паретовских и т. д.) в процессе исследования проблем принятия экономических решений.

В заключительной главе автор выходит за рамки моделей производственно-технологического уровня и рассматривает математические модели экономического механизма, ограничиваясь при этом методами анализа взаимодействия производственной единицы с вышестоящей организацией. Описываются различные подходы к анализу этой сложной, но в то же время и крайне актуальной проблемы, их достоинства и недостатки. Отметим, что в этой главе рассматривается вопрос, имеющий уже непосредственное отношение к построению теории математических моделей экономических процессов — описывается проверка двух конкурирующих гипотез о закономерностях принятия решений административной организацией.

Данная книга основывается на лекциях, читаемых в Московском физико-техническом институте автором данной книги и другими сотрудниками Вычислительного центра АН СССР. Материал излагается в достаточно простой и доступной форме. Можно надеяться, что книга окажется полезной широкому кругу читателей, встречающихся в своей работе с использованием электронной вычислительной техники в экономическом анализе и при принятии хозяйственных решений.

Член-корр. АН СССР *Н. Н. Моисеев*

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Повсеместное использование вычислительной техники и математических моделей для анализа экономических систем и процессов вызывает интерес к методам экономико-математического моделирования среди широкого круга лиц, в первую очередь среди инженеров и экономистов, сталкивающихся с применением экономико-математических методов в разнообразных автоматизированных системах управления, планирования и проектирования на всех уровнях народного хозяйства. Учебники по математической экономике, использующие сложный математический аппарат, не подходят для этой группы читателей, так как требуют серьезной математической подготовки и содержат в основном анализ математических свойств моделей, а не обсуждение проблем их практического использования. В связи с этим возникает потребность в книге, дающей представление о содержательном смысле экономико-математических моделей и о возможностях их использования для принятия экономических решений и рассчитанной на читателей с инженерным и экономическим образованием.

Книга, предлагаемая читателю, является учебным пособием такого типа. Она предназначена для всех, кто хочет получить общее представление о методах экономико-математического моделирования и знаком с основными понятиями линейной алгебры, математического анализа, теории дифференциальных уравнений и теории вероятностей. Книга может быть использована при преподавании экономико-математического моделирования в инженерно-экономических высших учебных заведениях, а также как учебное пособие для студентов младших курсов экономико-математических специальностей. Книга может быть использована также на факультетах и курсах переподготовки, на которых специалисты с высшим техническим или экономическим образованием изучают современные методы управления.

В соответствии с задачами, поставленными при написании книги, математические методы не занимают в ней главного места. Желая ознакомиться более подробно с методами оптимизации, составляющими сейчас вычислительную основу принятия экономических решений, можно рекомендовать учебное пособие Н. Н. Моисеева, Ю. П. Иванилова, Е. М. Столяровой «Методы оптимизации» (М., Наука, 1978). Для интересующихся

математическими методами анализа экономико-математических моделей рекомендуется книга С. А. Ашманова «Математические модели и методы в экономике» (М., Изд-во МГУ, 1980).

Настоящая книга является лишь введением в экономико-математическое моделирование, многие модели описаны в ней в упрощенном виде. Дополнительные сведения по различным вопросам читатель может почерпнуть из публикаций, список которых приведен в конце книги. В целом же для дальнейшего изучения экономико-математических моделей могут быть использованы учебник «Моделирование народнохозяйственных процессов» под редакцией В. С. Дадаева (М., Экономика, 1973) и учебник А. Г. Гранберга «Математические модели социалистической экономики» (М., Экономика, 1978). Для изучения методов принятия решений можно рекомендовать книгу Н. Н. Моисеева «Математические задачи системного анализа» (М., Наука, 1981).

Опыт практического применения научных методов принятия экономических решений широко обсуждается в журнале «Экономика и организация промышленного производства», который также рекомендуется читателю.

Предлагаемая книга состоит из трех частей. В первой части изложены основные принципы построения экономико-математических моделей производственно-технологического уровня, на которых базируется подавляющее большинство прикладных экономико-математических исследований, в том числе решение задач планирования производства. Во второй части описываются основные типы экономико-математических моделей производственно-технологического уровня. Третья часть посвящена методам принятия решений при планировании и управлении деятельностью экономических систем на основе построения и использования человеко-машинных систем принятия решений, а также моделированию систем стимулирования эффективности производства.

Автор выражает глубокую благодарность Н. Н. Моисееву, инициатору написания и редактору книги, и Ю. П. Иванову, принявшему живое участие в обсуждении плана книги и давшему автору много полезных советов. Улучшению содержания книги способствовали советы и замечания Л. В. Канторовича, Г. С. Поспелова и В. В. Шафранского. Полезные замечания сделали К. А. Багриновский, Н. Е. Егорова, Ф. И. Ерешко, В. М. Жиянов, А. А. Левиков, Я. Ш. Паппэ, В. П. Пацюков, А. А. Петров. Всем им автор искренне благодарен. Автор признателен А. Вержбицкому и Я. Киндлеру из Международного института прикладного системного анализа за предоставленную возможность использовать материалы библиотеки этого института, а также О. Хеллману и А. Г. Шмидту, сопредседателям Советско-финской технической рабочей группы по исследованию операций, за возможность пользоваться библиотекой университета г. Турку (Финляндия).

А. В. Лотов

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в экономической науке и хозяйственной практике все шире применяется математика. В качестве основной причины быстрого распространения экономико-математических методов и моделей прежде всего необходимо назвать резкое усложнение современной экономической практики, вызванное высоким уровнем развития производительных сил, глубокой специализацией производства, увеличением темпов научно-технического прогресса. Все эти факторы, дополненные требованием повышения эффективности использования природных ресурсов, количество которых далеко не безгранично, а также необходимость осознания близких и отдаленных экологических последствий хозяйственной деятельности человечества, приводят к росту требований, предъявляемых к качеству решений, принимаемых в народном хозяйстве. Использование методов экономико-математического моделирования на базе широкого распространения вычислительной техники является одним из важнейших рычагов повышения качества экономических решений.

Хозяйственная деятельность всегда была связана с необходимостью проведения хотя бы самых простых арифметических или геометрических расчетов. Более того, математика возникла на основе практических хозяйственных потребностей. Поэтому расчетная работа близка и понятна экономистам и хозяйственникам, так что появление электронной вычислительной техники, которая на первый взгляд мало отличалась от обычных арифмометров (разве что была более быстродействующей), само по себе не могло изменить методов принятия хозяйственных решений: просто традиционные расчеты, занимавшие ранее многие часы и дни, стали осуществляться за секунды. При этом, однако, постепенно становилось понятно, что увеличение скорости расчетов на несколько порядков позволяет решать такие расчетные задачи, о которых раньше и думать было нечего. Так, вместо одного варианта хозяйственного решения стало возможным оценить несколько вариантов. Результаты этих расчетов, представленные хозяйственнику, ответственному за принятие решения (как принято говорить, лицу, принимающему решение (ЛПР)), дали ему возможность выбрать из рассмотренных вариантов решения наиболее подходящий.

В процессе выбора решения с помощью вычислительной техники на основе оценки его нескольких вариантов и у хозяйственника, и у исследователя возникают следующие вопросы. Рассмотрены ли все интересные варианты решений? Какие соображения положены в основу оценки последствий возможных вариантов решения? Как сформулировать показатели, характеризующие эффективность функционирования системы, относительно которой принимаются решения? Как выбрать наиболее подходящее решение?

Для того чтобы ответить на эти вопросы, анализируемую проблему необходимо описать точно. Языком, наиболее подходящим для этого, является язык математики. Описание изучаемой системы на языке математики — это и есть ее математическая модель. Кроме средств описания, математика предоставляет средства анализа модели, которые позволяют исследовать ее свойства и выбрать наиболее подходящее решение.

Таким образом, процесс внедрения в экономическую практику вычислительной техники как средства обработки информации неизбежно приводит к принципиально новому этапу — построению математических моделей экономических объектов и их анализу. Этим исследованиям, которые принято называть экономико-математическим моделированием, посвящена данная книга.

Есть, однако, и другая сторона процесса проникновения математических методов в экономические исследования, на которую подчас обращается недостаточное внимание. Между тем именно эту сторону неоднократно подчеркивал Карл Маркс, утверждая, что любая наука лишь тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой*). Применение математических методов в экономической науке знаменует ее дальнейшее развитие, причем развитие ускоренное, обеспечивающее лучшее понимание экономических процессов, происходящих в человеческом обществе. На основе высокого уровня развития экономической науки, глубокого понимания закономерностей функционирования социалистической экономики и умения практически использовать это понимание в экономико-математических моделях можно значительно усовершенствовать систему планирования и управления народным хозяйством, добиться многократного повышения эффективности использования ресурсов.

Понятие об экономике как науке возникло в период расцвета греческой рабовладельческой демократии, когда были сделаны первые попытки не просто заметить, а теоретически осмыслить факты экономической жизни.

Слово «экономия», от которого произошли такие понятия, как «экономика», «экономическая наука» и т. д., в переводе с греческого имеет смысл науки о ведении домашнего хозяйства. По своему основному содержанию она должна была заниматься во-

*) Лафарг П. Воспоминания о Марксе.— М.: Госполитиздат, 1959.— С. 6.

просами рационального хозяйствования. Однако поскольку богатое греческое рабовладельческое хозяйство являлось сложной производственной системой, на которой отражались все процессы, происходившие в обществе, то эта наука неизбежно затрагивала и более общие проблемы: из каких хозяйственных единиц должно состоять разумно построенное государство; в каком отношении эти единицы должны обменивать производимые ими товары; какую роль играют торговля и деньги? Проблемы экономической науки в таком виде сформулировал великий греческий философ Аристотель, которого принято считать ее основателем. Аристотель первым попытался рассмотреть экономические закономерности, господствующие в обществе, выдвинул идею о различии между потребительной и меновой стоимостями товаров, высказал мысль о превращении денег в капитал и т. д.

Таким образом, еще в Древней Греции в экономической науке возникли два направления исследований: во-первых, это анализ методов рационального управления хозяйством и, во-вторых, изучение основных экономических закономерностей. В дальнейшем первое направление превратилось в науку о рациональном управлении деятельностью производственных единиц любого уровня — от производственного участка до народного хозяйства в целом. Второе направление дало начало политической экономии — науке, изучающей основные экономические закономерности сменяющих друг друга общественно-экономических формаций. Оба направления экономической науки развивались и развиваются в тесной связи между собой, их общность особенно заметна в исследованиях, направленных на изучение экономики страны как целого.

В системе экономических наук главенствующее положение занимает политическая экономия: она служит теоретической и методологической основой всего комплекса экономических наук. Применение методов математического моделирования в экономике началось именно в политико-экономических исследованиях. В 1778 г. лейб-медик короля Людовика XV доктор Франсуа Кенэ (1694—1774 гг.) опубликовал работу «Экономическая таблица», в которой сделал попытку описать процесс общественного воспроизводства*). Качественный скачок в применении математического моделирования для политико-экономических исследований связан с именем Карла Маркса.

К. Маркс разработал значительно более содержательную и глубокую, чем Ф. Кенэ, формализованную схему общественного воспроизводства, сформулировав, по существу, математическую модель. Эта модель капиталистического производства дала возможность выявить основные экономические законы капиталистического общества и предсказать перспективы его развития. К. Маркс уже в зрелые годы самостоятельно изучал математику, чтобы в полном объеме применить развитый к тому времени

*) Математическое исследование модели Кенэ содержится в [59].

математический аппарат к анализу экономических явлений. К сожалению, этот замысел он не успел осуществить — математические методы играли в экономических трудах К. Маркса вспомогательную роль. И в настоящее время математические методы исследования в политической экономии все еще имеют вспомогательное значение. Большинство политэкономических исследований осуществляется без применения методов математического моделирования, в этой науке делаются только первые попытки выработать математические методы анализа *).

Вопросы разработки практических методов рационального планирования стали в нашей стране на повестку дня в первые годы Советской власти, поскольку национализация большей части производственных ресурсов привела к необходимости планирования, увязки потребностей и ресурсов в масштабе страны, координации деятельности смежных отраслей, определения основных пропорций народного хозяйства. Первые работы по использованию математических методов в задачах планирования народного хозяйства были предприняты в нашей стране в двадцатых годах. Выдающимся достижением явилась разработка первого в мире баланса народного хозяйства СССР за 1923/24 хозяйственный год. К сожалению, работы по моделированию социалистической экономики, столь успешно начатые в двадцатые годы, не получили дальнейшего развития в течение тридцатых-сороковых годов. Были осуществлены отдельные исследования, однако на хозяйственную практику результаты этих исследований влияния не оказали.

Новый этап в развитии методов экономико-математического моделирования начался в конце пятидесятых годов, когда появление вычислительной техники сделало многовариантные плановые расчеты на основе экономико-математических моделей реализуемыми по крайней мере принципиально. На развитие экономико-математических методов в это время большое влияние оказали работы Л. В. Канторовича, который в результате анализа некоторых задач планирования производства сформулировал новый важный для экономики класс математических задач, получивших название задач линейного программирования. В линейном программировании рассматривается вопрос о поиске среди всех допустимых решений, удовлетворяющих системе линейных равенств и неравенств, наилучшего (оптимального) решения, доставляющего максимум (или минимум) некоторому линейному критерию. В настоящее время линейное программирование является основным математическим методом анализа задач планирования производства.

С начала шестидесятых годов концепция выбора оптимального решения на основе численного (с применением ЭВМ) анализа экономико-математических моделей стала интенсивно проникать

*) Примером таких исследований могут служить [55, 76].