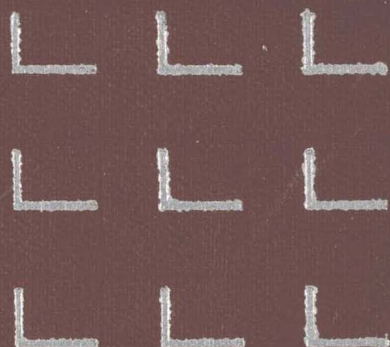




Н. РЕЙНФЕЛЬД,
У. ФОГЕЛЬ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Вышли в свет

ОТЧЕТЫ АНГЛИЙСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ, КОМАНДИРОВАННЫХ
В США АНГЛО-АМЕРИКАНСКИМ СОВЕТОМ
ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ:

1. Вопросы организации производства в США, 1956, 230 стр.
2. Вопросы производительности в черной металлургии США и Англии, 1958, 384 стр.
3. Учет в управлении промышленными предприятиями США, 1957, 186 стр.
4. Организация контроля качества в промышленности США, 1959, 190 стр.

РАБОТЫ В ОБЛАСТИ КОНКРЕТНОЙ ЭКОНОМИКИ
И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

С. Форенс, Структура промышленности и управление предприятиями Британии и США, 1958, 575 стр.

К. Венсан, В. Гроссен, Курс на автоматизацию, 1959, 195 стр.

С. Лилли, Автоматизация и социальный прогресс, 1958, 298 стр.

М. Френкель, Производительность в обрабатывающей промышленности Великобритании и США, 1959, 208 стр.

Ф. Бааде, Мировое энергетическое хозяйство, 1960, 244 стр. Организация производства на промышленных предприятиях США, том. I, 1960, 472 стр.

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

Организация производства на промышленных предприятиях США, том. II, 500 стр.

Аллен Дж., Промышленность Великобритании и ее организация, 320 стр.

И * Л

*Издательство
иностранной
литературы*

*

REINFELD N. V., VOGEL W. R.
MATHEMATICAL PROGRAMMING

PRENTICE—HALL, INC.,
Englewood Cliffs, N. J.,
1958

Н. РЕЙНФЕЛЬД и У. ФОГЕЛЬ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

**методы решения
производственных
и транспортных задач**

**Перевод с английского
Г. Н. Андрианова и Б. Н. Михалевского**

**Под общей редакцией
А. А. Конюса**

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1960

Труд американских авторов посвящен актуальной проблеме современной прикладной математики — линейному программированию, позволяющему перевести на более высокую ступень оперативно-хозяйственное руководство в народном хозяйстве

Отличительной особенностью книги Н. Рейнфельда и У. Фогеля является простая и общедоступная форма изложения материала, предполагающая наличие у читателя знаний элементарной математики в объеме лишь средней школы.

Авторы отказались от сложного математического аппарата и дали свод правил и примеров их практического применения.

«Задачи, к которым приложимо математическое программирование, — подчеркивают авторы, — следует рассматривать с практической точки зрения, с точки зрения промышленности. Именно по этой причине книга обращена к инженерам по организации производства и рационализации методов работы и прочим ответственным работникам цеха»

Предлагаемая вниманию читателей книга может служить элементарным практическим пособием для планово-производственных, инженерно-технических и руководящих работников различных отраслей народного хозяйства, студентов инженерно-экономических и технических учебных заведений

Она заинтересует также самые широкие круги советских экономистов, работников совнархозов, плановых, финансовых и статистических органов

Редакция литературы по вопросам экономических наук

От редакции

Предлагаемый вниманию советских читателей перевод книги американских авторов Н. Рейнфельда и У. Фогеля «Математическое программирование» посвящен актуальной проблеме сегодняшнего дня — применению математических методов для решения практических задач наиболее рациональной и экономичной организации и управления производством, главным образом в масштабах предприятия, комбината (компании), и транспортных задач в масштабе всей страны.

Математическое, и в частности линейное (оптимальное), программирование, которому посвящена предлагаемая вниманию читателя книга, является вспомогательным методом решения разнообразных технико-экономических задач. Этот метод дает практически ценный результат, верный при точно сформулированных и строго определенных ограничениях, вытекающих из наличных производственных, сырьевых, трудовых и других ресурсов. Это одно из важнейших достижений современной прикладной математики, которое позволяет поставить на новую, более высокую основу оперативно-хозяйственную деятельность по руководству народным хозяйством вообще и предприятием, учреждением или организацией в частности.

Метод математического программирования находит наибольшее применение там, где приходят в соприкосновение задачи техники и экономики, математики и статистики. Рациональное использование его поэтому мыслимо тогда, когда в этом заинтересованы и принимают совместное участие техники и экономисты, математики и производственные инженеры.

Применимый для решения определенного класса задач, этот метод не может считаться универсальным, а результаты его использования имеют относительный характер и значение.

Достижение поставленных целей с наименьшими затратами или наилучшего результата при данных ресурсах, которому способствует применение методов математического программирования, является благодатной и заманчивой темой большого числа трудов, опубликованных в последний десяток лет в США, Англии и других капиталистических странах. Но впервые (в 1939 г.) методика математического расчета оптимальных планов использования ресурсов была разработана не в капиталистических странах, а в СССР советским ученым Л. В. Канторовичем и изложена в его труде «Математические методы планирования и организации производства», где рассматриваются конкретные задачи, возникающие на советских предприятиях. Тем не менее ознакомление не только с отечественным, но и зарубежным опытом в этой области имеет немалое значение. Советские экономисты в полной мере руководствуются следующим известным положением В. И. Ленина: «...не закрывать глаз на буржуазную науку, следя за ней, пользуясь ею, но относясь к ней *критически* и не поступаясь цельностью и определенностью мирозерцания»¹. С таким критическим подходом следует относиться и к книге Н. Рейнфельда и У. Фогеля.

Отличительной особенностью книги Н. Рейнфельда и У. Фогеля является то, что авторы сумели в предельно простой и потому доходчивой форме довести до читателей, владеющих математикой в объеме знаний, полученных в средней школе, суть методов линейного программирования. Основывающаяся на массе взятых из жизни конкретных примеров решения практических задач в промышленности и на транспорте и очищенная от сложного, «отпугивающего» математического аппарата, книга имеет целью убедить практических работников производства, руководителей фирм, предприятий, их отделов и цехов в применимости методов оптимального программирования в своей работе, в возможности быстрого овладения этими методами и вместе с тем вооружить их минимумом практических знаний.

Не перегружая руководителя предприятия (или его отдела, цеха) формулами и абстрактно-математическими доказательствами, они предлагают в ряде случаев эмпирические методы решения задач.

Здесь уместно заметить, что изложение материала в книге

¹ В. И. Ленин, Соч., т. 3, стр. 559.

не всегда так просто, как уверяют авторы, а также и то, что математические определения недостаточно строги и четки. У математически подготовленного читателя могут возникнуть вопросы, на которые он не найдет в книге ответа. Авторы адресуют его в связи с этим к «Приложению Б», но в нем приведен лишь ряд ничем не поясняемых определений, к тому же не всегда точных и верных (например, «Конус», «Выпуклый многогранный конус», которые редакцией опущены). Такую скупость в изложении математической стороны дела трудно оправдать, если учесть допускаемые авторами повторения легко доступных для понимания вопросов.

Надо все же отдать должное авторам, стремящимся методы математического программирования сделать достоянием не узкого круга математиков, а широких масс работников цехов, вынести математический инструментарий из лабораторий и институтов и вооружить им практиков-производственников. «История приложения математики к производству, — подчеркивают авторы, — показывает, что упорное стремление сохранить академический, теоретический подход к решению задач замедляет рост производства. Но обучите людей этим методам, и появится все больше и больше успешных случаев практического их применения. Огромные выгоды получает при этом не только производство. Теоретик и математик также выигрывают, так как у них растет интерес к работе» (стр. 145).

Вместе с тем авторы книги пытаются использовать методы математического программирования в целях прямой апологии капитализма. Они утверждают, например, что пользуясь такими методами можно «научно» определить способности человека и в зависимости от них установить «справедливый» размер его заработной платы или жалованья. Капиталистический руководитель предприятия, как наиболее «способное» лицо, обретает при такой системе оценке «право» на получение самых больших доходов (этот раздел исключен из русского издания как не представляющий практического интереса для советских читателей). На деле это не что иное, как подведение наукообразной математической базы под такие новшества капиталистической теории и практики эксплуатации, как, например, «merit rating» («оценка заслуг»), «effort rating» («оценка усердия») и т. д. Эксплуататорская сущность разного рода «аналитических оценок» раскрывается хотя бы тем, что в перечне

учитываемых критериев оценок значатся, например, такие, как «лояльность», «готовность сотрудничать с администрацией» и т. д.

Авторы пытаются использовать методы математического программирования и для повышения эффективности воздействия рекламы на покупателей. Такое приложение математики на потребу капиталистов также далеко от действительно научных основ возможностей его использования. Сами авторы вынуждены признать: «Пока еще рано утверждать, что получены какие-то положительные результаты или тем более сравнивать их с результатами, полученными с помощью прежних способов» (стр. 239).

В зарубежной литературе довольно часто рассматриваются задачи на составление пищевого рациона минимальной стоимости. Останавливаются на ней и авторы книги «Математическое программирование». Называя ее наиболее доступной для понимания, они подчеркивают тождественность формулировки этой и многих других производственных задач.

Выдавая себя за гуманистов, ищущих решение, которое якобы «...должно помочь семьям с низким доходом в выборе бакалейных изделий» (стр. 145), они считают, что «полученный по этой задаче рацион обеспечит человеку жизнь, хотя и не обязательно счастливую» (стр. 145). Такой рацион в расчете на одного человека в годовом бюджете семьи составляет якобы менее 70 долл. Подобные «научные» расчеты лишний раз подтверждают истинные заботы капиталистов и их ученых прислужников — «научно» обосновать самый низкий уровень потребления и соответственно заработной платы трудящихся, показать якобы «раскрываемые» математическим программированием возможности дальнейшего наступления на заработную плату, жизненный уровень трудящихся.

В решении большинства производственных задач Н. Рейнфельд и У. Фогель исходят из присущей капиталистам погони за обеспечением максимальной прибыли. Такой сугубо капиталистический подход ни в коей мере не приемлем для советских условий.

Конечно, достижение высокой рентабельности работы каждого социалистического предприятия — одна из важных, но не самая главная задача с точки зрения интересов всего общества. Стремление к получению плановой и сверхплановой прибыли

в наших условиях законно и почетно только при соблюдении таких обязательных условий, как выполнение планов по ассортименту и качеству продукции и другим показателям.

Главная цель капиталистического производства — обеспечение максимально-возможной прибыли, является и главной заботой авторов книги. Прибыль прежде всего. Понимая этот все определяющий при капитализме интерес, авторы предупреждают своих читателей, что и «производство при минимальных издержках редко означает максимум прибыли».

Разумеется, такие частнохозяйственные постулаты неприемлемы для социалистического хозяйства, развивающегося в соответствии с требованиями основного экономического закона социализма. Не достижение наибольшей прибыли, а определение условий, способствующих достижению наиболее высоких темпов расширенного воспроизводства и наивысшей производительности общественного труда как источников непрерывного роста благосостояния народа, являются главными целями применения методов математического программирования в нашем народном хозяйстве.

Именно поэтому задачи математического программирования на обеспечение минимальных издержек и наилучшего использования имеющихся ресурсов производства, приводимые в книге, имеют наибольший интерес для советских читателей.

База применения методов математического программирования как и других достижений современной науки и техники при капитализме весьма узка и ограничена господством капиталистической частной собственности на средства производства.

«Противоречие между общественным производством и капиталистическим присвоением проявляется как *противоположность между организацией производства на отдельных фабриках и анархией производства во всем обществе*»¹.

Именно поэтому наиболее интересны и полезны задачи, приведенные в книге, касающиеся внутризаводского планирования загрузки оборудования, приготовления различных смесей, перевозок и т. д.

Что же касается ярких и важных примеров оптимального решения транспортных задач, с которых начинается книга, то читатель без труда увидит, что предложенные авторами опти-

¹ Ф. Энгельс, Анти-Дюринг, М., 1957, стр. 257.

мальные варианты планов перевозок могут быть реализованы только в условиях господства социалистической собственности на средства производства. Оптимальным, как это следует из решений задач, оказывается вариант, наиболее выгодный для всей совокупности покупателей и поставщиков, участвующих в задаче, потому что он обеспечивает минимальную сумму общих транспортных издержек, то есть наивысшую производительность труда. Но принять такой вариант плана перевозок можно лишь тогда, когда все эти поставщики и покупатели сознательно поступаются в какой-то мере своими индивидуальными интересами, подчиняя их общим интересам. Это допустимо и мыслимо только в условиях социалистического хозяйства. Понятно, что в условиях капитализма осуществление такого варианта плана перевозок утопично и мыслимо лишь в пределах фирмы. (Не случайно поэтому, что пример авторы книги берут из практики перевозок на военном арсенале Джолиет.)

Примеры решения транспортных задач лишний раз убеждают в том, что только социалистическое хозяйство допускает и с силой объективной необходимости настоятельно требует применения достижений математики в экономической науке и практике и, наоборот, что капиталистическая система хозяйства в целом не способна полностью использовать широкие возможности, открывающиеся в связи с применением математических методов для решения хозяйственных задач.

Публикуя перевод книги «Математическое программирование», Издательство стремится в какой-то мере способствовать удовлетворению с каждым днем растущих запросов читателей на литературу такого рода. Издательство надеется, что при критическом к ней отношении книга сослужит определенную пользу огромной армии планово-производственных работников всех отраслей народного хозяйства страны, руководителям предприятий, студентам экономических и технических вузов, работникам Совнархозов, плановых, финансовых и статистических органов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

При первом знакомстве с математическим (или иначе называемым линейным) программированием управленческий персонал обычно с трудом представляет себе все области и возможности его применения. Это происходит прежде всего потому, что большинство лиц, знакомых с существующими проблемами, недостаточно разбираются в математике. Учитывая это, мы старались избежать такого чисто теоретического подхода к изложению материала, при котором требуется сложный математический аппарат. В этом случае изложение становится таким сжатым, что нет возможности дать необходимые объяснения. Поэтому мы пытались подойти к делу практически, используя для иллюстрации применяемых методов примеры из повседневной практики управления предприятием. При этом математическая теория используется минимально — только для объяснения общих понятий математического программирования, что необходимо для его правильного применения.

Таким образом, данная книга представляет собой свод правил и примеров их практического применения. Перед читателем, связанным с производством, будут то и дело вставать проблемы, знакомые ему по повседневной работе. Он увидит также, что эти примеры имеют большое значение потому, что они аналогичны тем задачам, которые не разбираются специально в этой книге.

Преподавателю колледжа эти правила и примеры их применения окажут большую помощь в изложении техники математического программирования студентам, специализирующимся в области управления производством. Студенты увидят производство с новой точки зрения и получат лучшее представление о сфере применения математического программирования. Более того, при использовании этой книги для обучения студентов колледжа будут очень полезны приложения А и Б, где излагаются теоретические основы применяемых методов. Эти приложения помогут желающим изучить предмет с чисто математической точки зрения.

В добавление к чисто математическим методам мы ввели несколько упрощенных способов и дали пояснения к ним. В производстве эти упрощенные методы целесообразно применять по двум причинам: во-первых, ими легко могут овладеть люди, мало знакомые или совсем незнакомые с математикой; во-вторых, с их помощью можно быстро принимать решения, если время ограничено и под рукой нет средств механизации расчетов.

Мы хотели бы выразить признательность многочисленным консультантам наших учебных программ, которые ознакомились с рукописью книги и предложили улучшения. Мы хотим выразить особую благодарность мисс Маргарет Уоллен за перепечатку материала и помощь в редактировании, д-ру А. П. Лазарусу и м-ру Роберту Метцгеру за их неизменную поддержку и миссис Вирджинии Рейнфельд за постоянное поддержание уверенности в нас. Наконец, мы очень обязаны многим другим лицам, которые оказали нам большую помощь в создании этой книги.

*Найлс В. Рейнфельд,
Уильям Р. Фогель*

ВВЕДЕНИЕ

Определения и цели

Когда Джон Смит закончил составление производственной программы и передал ее в цех, он почувствовал себя усталым. И все же он был удовлетворен, так как сделал все, что было в его силах. По настоянию отдела сбыта ему пришлось выполнять срочную работу, и он сумел так изменить производственную программу, что без особых трудностей удалось устранить возникшую перегрузку. Когда Джон вернулся в этот вечер домой, его жена была довольна тем, что он в хорошем настроении. Даже язва желудка перестала его беспокоить.

Однако на следующее утро все пошло кувырком. Сломалась одна из основных машин в цехе, и ее пришлось поставить на ремонт. Отдел сбыта продолжал настаивать на выполнении заказов, отложенных несколько недель назад в связи с получением специального срочного заказа. Заказчики требовали внести некоторые изменения, в связи с чем нельзя было избежать дополнительного пересмотра текущей производственной программы. Более того, именно сегодня ему нужно было подготовить управляющему фабрикой отчет о выполнении заказов. Оказалось, что только 70% заказов выполнены в срок.

Джон всплеснул руками и подумал: «В чем мы действительно нуждаемся, так это в большей мощности нашего оборудования. Только тогда мы сможем справиться с этой работой и преодолеть разного рода непредвиденные затруднения».

Аналогичные этому небольшому анекдоту примеры встречаются почти в каждом отделе оперативного управления производством. Такое положение типично для любого цеха, работающего по заказам потребителей. В то же время это характеризует и тот круг задач, для решения которых с большим успехом можно применить математическое программирование. Применение математического программирования в производстве будет значительно подробнее рассмотрено в главе 8. Однако

уже и сейчас для иллюстрации, по-видимому, бесполезно привести простой пример.

Обычно плановик планирует загрузку оборудования в цехе, исходя из недельных данных о выпуске продукции. Он распределяет заказы в порядке их поступления между наиболее подходящим оборудованием, учитывая при этом сроки поставок. Он продолжает это до тех пор, пока не будет разверстана вся производственная программа. Затем — незадолго до начала производства — плановик передает ее в цех.

Если плановик имеет возможности выбора между разными видами оборудования, он, естественно, сначала загрузит наиболее экономичные (или производительные) станки. Прочие виды оборудования он использует лишь в случае необходимости ускорения работы.

Работая в таких условиях, плановик располагает временем, в течение которого он собирает и группирует заказы, тогда же он и классифицирует их с точки зрения технологии. Лишь после этого он передает производственную программу в цех. Этого периода времени почти всегда достаточно для применения математического программирования.

Чтобы применить математическое программирование при планировании загрузки станков, сначала определяется время изготовления заказа и время наладки для каждого из возможных видов оборудования. Эти затраты времени представляют в форме таблицы, называемой матрицей. Матрица включает время изготовления, соответствующее продолжительности выполнения обычной производственной программы. Когда матрица составлена, плановик решает проблему распределения работы между различными станками. При этом он учитывает наличие станков, сроки выполнения заказов, экономию на наладке и прочие имеющие значение факторы. Результаты затем передаются в цех в виде обычной производственной программы.

Чтобы яснее представить себе это, рассмотрим положение, действительно существовавшее на одном предприятии, где применялось математическое программирование.

На этом предприятии прежде всего сравнивали результаты, полученные при выполнении производственной программы, составленной обычным путем, с результатами, полученными при использовании математического программирования.

Взяли около 150 станков и 300 недельных заказов. Станки были распределены по группам, как это обычно делается при распределении загрузки между станками. Каждый заказ, который выполнялся в течение планового производственного периода, рассматривался отдельно с тем, чтобы выявить все возможные варианты распределения станков и затрат времени.

Мы не будем рассматривать производственную программу в целом, а ограничимся лишь результатами анализа выполне-

ния 3 заказов из 300. Матрица для этих трех заказов приведена в табл. 1-1.

Таблица 1-1

Заказ	Последовательность загрузки	Группы станков		
		103	108	214
А 607	8	[85]		* 100
В 1903	36	90 *	[87]	
А 2054	194	90	86 *	[180]
наличное время (часы)		90	90	200

Первый столбец таблицы обозначает номера деталей. Во втором столбце показано место этих трех заказов во всей производственной программе. Иными словами, деталь А 607 будет восьмым заказом при загрузке станков на протяжении этого планового периода. Цифры под заголовком «группы станков» обозначают условные номера станков. Ниже, под номерами станков, дано общее время изготовления детали, включая подготовительно-заключительное время, для трех заказов. Таким образом, изготовление детали А 607 можно осуществить на одной из двух групп станков — на станке № 103 за 85 часов или на станке № 214 за 100 часов. Таким же способом определяется время изготовления остальных заказов. Следует помнить, что различие затрат времени определяет и выбор станка, на котором будет выполняться работа. Последовательность операций здесь не рассматривается.

Цифры, взятые в прямые квадратные скобки, означают число часов, требующееся для выполнения заказа на выбранном станке. Внизу таблицы показано наличное время [в часах], которое может быть выделено для выполнения заказов в каждой группе станков. Даже беглое изучение матрицы быстро убедит вас в том, что незначительное изменение первоначального (взятого в скобки) плана в тот же период времени, при том же объеме работ и станочном парке сэкономит 77 часов! Другими словами, для выполнения первоначального плана потребуется 352 часа, а плана, отмеченного звездочкой, — 275 часов.