

УДК 51.330.115

О СООТНОШЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО И ИМИТАЦИОННОГО ПОДХОДОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ И АНАЛИЗЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В.Л.Макаров, В.Д.Маршак

Настоящая работа представляет собой обзор ряда работ, проводимых математико-экономическим отделением Института математики в области моделирования экономических процессов. Заголовок статьи подчеркивает основную методологическую проблему, в которой мы пытаемся продвинуться: найти принципы и аппарат для построения и анализа моделей, объединяющих преимущества оптимального и имитационного подходов.

Эта проблема многократно иллюстрируется описанием конкретных моделей, излагаемых в §§ 1-2. В последнем, третьем, параграфе приводятся некоторые соображения относительно создания адекватного аппарата для построения и анализа смешанных оптимально-имитационных моделей или, по нашей терминологии, моделей функционирования.

§ 1. Оптимальные модели

1. М а т е м а т и ч е с к и е м о д е л и э к о н о м и ч е с к о й д и н а м и к и и р а в н о в е с и я . Данная тематика развивается в институте в течение многих лет. Основные результаты обобщены в монографии Макарова и Рубинова [1]. Частично о них в чисто математическом плане говорится в статье Рубинштейна, Кутателадзе в настоящем сборнике. Здесь же мы отмечаем лишь идею и основные предпосылки данного подхо-

да к изучению экономики, а также характер получаемых результатов и их влияние на разработки, описываемые дальше в настоящей статье.

В теории математических моделей экономической динамики исходным первичным объектом изучения является множество X допустимых траекторий развития экономической системы во времени. Множество X состоит из траекторий $x = (x_t)_{t=0}^T$, где x_t - состояния экономической системы в момент времени t , которые технологически допустимы, то есть могут быть в принципе осуществимы при данном уровне развития техники и данных трудовых и природных ограничениях. Конкретные формы задания множества X к настоящему времени изучены весьма плохо.

В множестве X выделяются и изучаются траектории, которые лучше других в каком-то смысле. Это траектории: (1) являющиеся максимальным элементом относительно некоторого предпорядка, заданного на X ; (2) доставляющие экстремум некоторому функционалу; (3) являющиеся состоянием равновесия в системе, определенной на базе множества X ; (4) удовлетворяющие различного рода специальным условиям, гарантирующим, что такие траектории не слишком "плохи". Здесь важно подчеркнуть, что такие "хорошие" траектории определяются непосредственно, как первичное понятие. Вопрос же о механизме их реализации или порождения - это отдельный вопрос, непосредственно не связанный с самим понятием этой "хорошей" траектории. Механизм порождения "хорошей" траектории - понятие более узкое, чем вообще алгоритм вычисления этой траектории. Вычислительный алгоритм может оказаться не реализуемым в экономической системе, так как он может не удовлетворять тем или иным ограничениям (ограничение на вычислительные возможности ЭВМ, на структуру органов управления, на систему стимулирования и т.п.). Скажем, нахождение оптимальной траектории в одном центральном органе с помощью решения задачи линейного программирования гигантского объема не является механизмом порождения, поскольку, с одной стороны, решение очень большой задачи технически невозможно в приемлемые сроки, а с другой стороны, сосредоточение достоверной информации в одном месте противоречит известным в настоящее время способам организации сбора такой информации. В пункте 3 настоящего параграфа описываются несколько алгоритмов планирования, которые являются алгоритмами порождения траектории.

Таким образом, механизм порождения траектории есть особый вычислительный алгоритм, который моделирует действия реальных частей экономической системы и, по определению, не противоречит ограничениям, препятствующим реализации такого механизма. Следовательно, механизм сам по себе является моделью экономического процесса (в отличие от произвольного вычислительного алгоритма нахождения траектории). Поэтому он может быть объектом самостоятельного изучения независимо от траектории, которую он порождает. Здесь мы подходим к основной идее построения моделей функционирования экономических систем. А именно, идея состоит в том, чтобы за первичное считать не понятие "хорошей" траектории, а механизм ее порождения. Когда первичным становится механизм, вопросы численного нахождения траектории и ее практической реализации снимаются автоматически. Однако, с другой стороны, если задан некоторый механизм, то тем самым, естественно, задана и траектория, которую он порождает. Но суть то в том, что ведь заранее не известно, что заданный механизм будет порождать нужную траекторию. Он порождает какую-то траекторию, которая, быть может, совсем не подходит, не является "хорошей" ни в каком смысле. Поскольку траектория стала производным понятием, определение нужной траектории, осуществляемое через механизм её порождения, стало проблемой. Это означает, что для нахождения нужной траектории необходимо разработать аппарат варьирования механизмов. Параграф 3 посвящен обсуждению этого вопроса.

Иллюстрацию упомянутых здесь постановок задач и вышесказанных положений начнем с рассмотрения оптимальной динамической модели народнохозяйственного планирования.

2. Оптимизационная модель планирования на народнохозяйственном уровне. Идея и принципиальная схема данной модели были сформулированы Л.В.Канторовичем еще в работе [2]. В дальнейшем модель развивалась в ряде его последующих работ [3]. Эта модель является основным объектом, центральной частью в теории оптимального планирования и служит в основном теоретическим целям. В работах [4, 5] была предложена конкретизация общей схемы модели применительно к практическим нуждам планирования в высшем звене.

Согласно современным представлениям теории оптимального планирования составление народнохозяйственного плана в полном объеме есть процесс построения и использования взаимосвязанной системы экономико-математических моделей различных подразделений народного хозяйства. На верхнем уровне такой системы моделей основным ядром является синтетическая модель народнохозяйственного планирования. На ее основе должно осуществляться определение предварительных набросков народнохозяйственного плана, спускаемых дальше моделям нижних уровней и уточняемых в процессе последующего итеративного обмена информацией с нижними уровнями. В этом разделе мы остановимся на рассмотрении наиболее важных свойств и функций синтетической модели.

Главная задача модели верхнего звена планирования — обеспечить общую сбалансированность плана, найти правильное соотношение между развитием отдельных отраслей, основываясь на главных целях плана. Исходя из такого широкого понимания понятия сбалансированности плана, в частности, вытекает необходимость учета в данной модели различных направлений технической политики отраслей, ибо нужное направление может быть выбрано рационально только при комплексном рассмотрении вопроса. Если же в первичные показатели, на которых строится народнохозяйственная модель, заранее закладывать какое-то одно уже выбранное технико-экономическое направление развития отрасли, то за синтетической моделью остается только функция обеспечения простой сбалансированности плана по продукции. Под вариантность условий подразумевается, в частности, следующее:

а) выделение внутри отрасли различных видов предприятий, группирующихся по естественным признакам: например, различные виды топлива и способы его добычи, применяемая технология, технический уровень развития предприятий и т.д.;

б) направление выбора взаимозаменяемых предметов потребления;

в) имеющиеся резервы производственных мощностей по видам (коэффициент сменности, степень изношенности и т.п.);

г) варианты в сроках строительства новых предприятий и в распределении капитальных вложений по годам;

д) способы совершенствования процессов производства (реконструкция, автоматизация, модернизация оборудования и т.п.).

В предлагаемой Институтом модели основной упор как раз делается на обеспечение решения задачи обоснованного выбора на-

правлений технико-экономической политики отрасли. В связи с этим особое внимание было обращено на требование обеспечения в исходной информации вариантности условий развития отрасли. В частности, виды труда могут различаться по профессии и квалификации и по времени использования. Производственные мощности различаются по отрасли, типу, по времени введения в строй и степени использования.

Требования такого рода к исходной информации для построения модели существенно затрудняют использование ее в практике планирования. Существующая система отчетности и потоков нормативной, технической и плановой информации не обеспечивает непосредственно необходимую информационную базу для такой модели.

Поэтому в Институте в настоящее время проводится исследование, связанное с определением возможностей приспособления существующей системы обеспечения плановой информацией к нуждам оптимизационной модели народнохозяйственного уровня.

В рамках этого исследования, основываясь на многолетней практике построения и расчета экспериментальных динамических моделей народнохозяйственного планирования, разработан специальный алгоритм формирования на ЭВМ подобного типа моделей.

Базисной информацией для алгоритма является информация, представленная по схеме межотраслевого баланса. Вся необходимая информация, связанная с прогнозами на будущее, разными направлениями технического прогресса и т.д., представляется в простой стандартной форме, близкой к той, что используется в плановой практике. Подробно алгоритм описан в работах [6,7].

Построение "производственных" способов в динамической модели народнохозяйственного планирования проводится обычно на основании тех или иных прогнозов относительно возможного изменения технологий в планируемом периоде. Наиболее распространенным правилом формирования возможных технологий является экстраполяция технологических коэффициентов по некоторому правилу, определяемому на основе изучения изменения данных коэффициентов в предплановом периоде. Эти данные могут разрабатываться отраслевыми НИИ совместно с соответствующими отделами Госплана. Схема алгоритма допускает использование нестандартной информации. Благодаря этому в принципе никаких ограничений на структуру модели данный алгоритм не планирует.

Основная проблема при алгоритмическом построении модели в форме задачи линейного программирования – указать, как формируются различные типы технологических способов данной задачи.

В разработанном алгоритме различались технологические способы, относящиеся к отдельным видам фондов, а именно: способы, описывающие функционирование фондов, имеющихся к началу планового периода (первая группа способов); способы, описывающие достройку и использование незавершенного строительства, имеющегося к началу планового периода (вторая группа); и способы, описывающие возможное создание и использование новых фондов в планируемом периоде и создание задела незавершенного строительства на забалансовый период (третья группа). Четвертая группа способов описывает возможные варианты реконструкции фондов всех видов. Пятая – включает различные потребительские наборы, в которых учитывается конечная продукция. В случае необходимости включения дополнительных способов, введение которых не учтено алгоритмически, как уже отмечалось, предусматривается группа способов произвольного вида.

Описанный алгоритм соединен в единой программе с одним из вариантов симплекс-метода и с программами сервисной обработки решений.

Весь комплекс программ по расчету и информационной обработке оптимального народнохозяйственного плана реализован на входном языке для системы α (расширение АЛГОЛА-60).

Как уже говорилось выше, основная цель построения этой системы состоит в погружении оптимизационной модели в части ее информационного обеспечения в существующую систему сбора информации. Насколько эта цель реализована с помощью описанной конкретной системы программ, в настоящее время сказать нельзя, так как последняя еще не использовалась для практических расчетов. Однако об одной пользе системы можно говорить уже сейчас. Речь идет о существенном снижении трудоемкости построения оптимизационной модели, используемой для научных и экспериментальных целей.

При экспериментальной проверке системы строилась модель народнохозяйственного планирования обычным путем и по изложенному алгоритму на ЭВМ. При плановом периоде в два года обычным путем формировалась матрица (77x236) с числом ненулевых элементов более 6000. При расчете модели по алгоритму в

ЭВМ вводились менее 2400 чисел. При плановом периоде в 5 лет алгоритмически формировалась и рассчитывалась матрица модели размерности (133x863) с числом ненулевых элементов около 34 000 чисел. Информация же, вводимая в ЭВМ, осталась прежней по объему, как и при расчете на 2 года, т.е. менее 2400 чисел.

Общее время с начала формирования задачи и до получения решения снизилось в несколько раз, в частности, благодаря существенному уменьшению работы по проверке правильности введения информации в ЭВМ.

Построение динамических моделей оптимального планирования является не только трудоёмким, но и сложным процессом, требующим участия специалистов высокой квалификации в области применения математических методов в экономике. Использование же данного алгоритма для построения моделей позволяет переложить работу по заданию производственных и других возможностей в нужной форме на машину и свести участие специалистов к разработке экономических проблем формирования базисной информации, прогнозов изменения некоторых показателей и постановке целей и задач расчета.

Изложенная система автоматизированного построения и расчета моделей народнохозяйственного планирования типа "затраты-выпуск", включая информационную обработку результатов решения, может быть использована в АСПР как один из блоков в подсистеме сводного планирования.

3. Модели процессов определения отраслевого оптимального плана.

А. Составление отраслевого оптимального перспективного плана при распределении централизованных ресурсов. Процесс составления отраслевого плана заключается в основном в нахождении производственной программы, обеспеченной общесистемными ресурсами (капиталовложениями, лимитированной продукцией других отраслей и т.п.) и наиболее приближенной к заданным народнохозяйственным потребностям на продукцию отрасли. Алгоритм, формализующий тот или иной процесс составления отраслевого оптимального

плана, по своей сути представляет собой модель информационного взаимодействия министерства и хозяйственно обособленных (хозрасчетных) объединений отрасли (в отдельных случаях предприятий). В работах [8,9] предложен алгоритм, базирующийся на том, что критерий оптимальности общепромышленного плана можно задавать в виде требования максимизации ассортиментного набора продукции, выпускаемой данной отраслью. Подобный критерий оптимальности является удобным инструментом обеспечения наилучшего приближения к заданным народнохозяйственным потребностям на продукцию отрасли. При этом дополнительно предполагается, что каждый вид продукции выпускается только одной подотраслью (объединением).

Суть метода состоит в следующем. Вначале министерство каким-то способом, например по прошлому периоду, распределяет общие ресурсы по подотраслям. Каждая подотрасль, получив объемы этих ресурсов, решает свою локальную задачу нахождения максимума ассортиментных наборов выпускаемой ею продукции. Полученные планы подотраслей, рассматриваемые совместно как общепромышленный план, дают значение общего функционала, равное минимуму из функционалов подзадач. Если этот минимум совпадает с максимумом, т.е. значения функционалов всех подзадач равны между собой, то получен оптимальный план. В противном случае министерство перераспределяет ресурсы. Перераспределение осуществляется следующим образом. Ресурсы изымаются у подотраслей с большим значением функционала в пользу подотраслей с меньшим значением функционала. Количества перераспределенных ресурсов обратно пропорциональны их двойственным оценкам, полученным из решения задач. Общая схема расчета показана на рис. 1.

Заметим, что в рассматриваемом подходе к определению общепромышленного плана (максимальное приближение к народнохозяйственным потребностям на продукцию отрасли) общепромышленная целевая функция не представляется в виде суммы целевых функций задач подотраслей. Общая цель состоит в том, чтобы минимальное значение целевых функций подзадач было максимальным. Поэтому если в одной подотрасли оценка ресурса больше, чем в другой, то для уравнивания значений их целевых функций надо первой подотрасли дать меньше ресурса, чем второй, т.е. обратно пропорционально оценкам.

В случае, когда общая целевая функция является суммой частных целевых функций, перераспределение ресурсов осуществляется, как известно, прямо пропорционально двойственным оценкам.

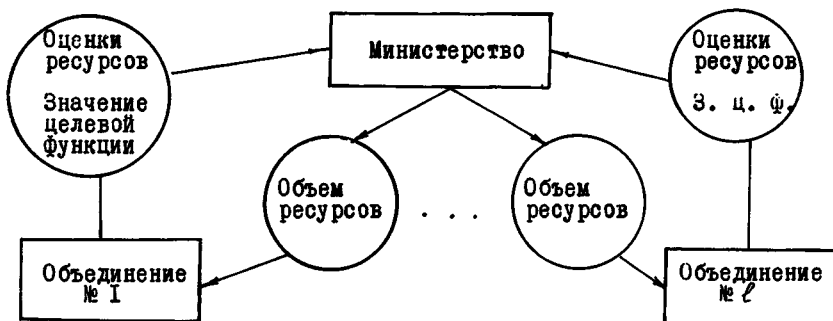


Рис. 1. Схема информационных связей при построении отраслевого плана.

Практические расчеты по реализации алгоритма составления перспективного плана проводились по Министерству приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР.

Были решены задачи определения перспективных планов на 1970–1980 гг. и на десятую пятилетку (1976–1980 гг.) в годовом разрезе. На рис. 2 приводятся суммарные результаты расчетов по задаче перспективного планирования отрасли Приборостроения на 1970–1980 гг..

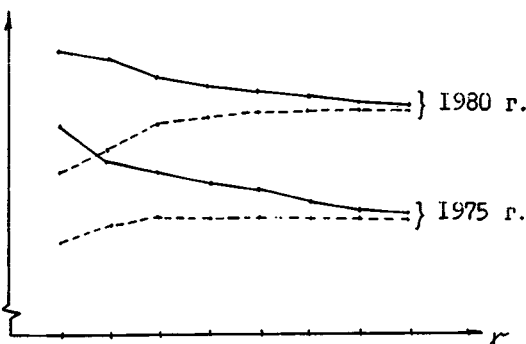


Рис. 2. Динамика максимального и минимального уровней выпуска конечной продукции в зависимости от шага итерации

Показан типичный случай изменения максимального и минимального значений целевых функций (уровней выпуска конечной продукции в ассортиментном наборе) в зависимости от номера итерации (γ). Если значение целевой функции равно единице, то это означает, что заданные потребности в продукции рассматриваемой отрасли полностью удовлетворены.

Из рис. 2 видно, что в результате расчетов на восьмом шаге взаимодействия министерства и объединений достигается единый уровень удовлетворения потребностей. Полученный суммарный план оказался оптимальным. По этому плану общий выпуск конечной продукции отрасли был на 13% выше, чем по плану, рассчитанному по действующей методике. Однако спрос на продукцию отрасли приборостроения со стороны других отраслей так велик, что даже к 1980 году (по полученному плану) он будет удовлетворён немногим больше, чем на 70%.

Рассмотренный алгоритм составления общетраслевого плана, по нашему мнению, вполне может претендовать на роль методики планирования для отраслей, в которые входят хозрасчётные объединения, каждое из которых специализируется на производстве отдельных видов продукции. Он может быть внедрен в практику планирования ряда министерств и производственных объединений благодаря, в частности, следующим свойствам:

1. Число итераций процесса взаимодействия, т.е. решений задач объединениями и министерством и, следовательно, пересылок информации с одного уровня на другой, невелико. При этом на каждой итерации получается допустимый план, который в случае необходимости можно принять в качестве окончательного.

2. Состав задач, решаемых как министерством, так и объединениями, по своему экономическому содержанию и информационному обеспечению соответствует составу и целям указанных подразделений.

3. Все локальные подзадачи по своей размерности реально могут быть решены соответствующими подразделениями.

4. Объем и состав пересылаемой информации соответствуют реально существующим потокам информации.

Описанный алгоритм положен в основу подсистемы "Перспективное планирование" в отраслевой автоматизированной системе планирования и управления в Минприборе (ОАСУ-Прибор).

На первом этапе создания подсистемы предполагается, что все расчеты по данному алгоритму будут осуществляться в одном месте (ГВЦ Министерства), а производственные объединения только поставляют исходную информацию. В дальнейшем предполагается решать оптимизационные задачи в объединениях, а также подключить имитационную модель взаимодействия в отрасли, о которой говорится ниже (в § 2).

Б. Модель процесса определения отраслевого оптимального перспективного плана при распределении централизованных и децентрализованных ресурсов. Рассмотренный в предыдущем пункте алгоритм распределения централизованных ресурсов описывал процесс "вертикального" взаимодействия министерства и объединений в процессе нахождения общетраслевого оптимального плана. При этом объединения не вступали во взаимодействие друг с другом, а вырабатывали свои планы параллельно и независимо друг от друга.

В случае учёта распределения и децентрализованных (воспроизводимых в отрасли) ресурсов характер взаимодействия в отрасли несколько меняется. Объединения (подотрасли) вырабатывают свои планы также параллельно, но обмениваясь при этом между собой информацией об объемах потребления децентрализованных ресурсов.

Будем считать, что цель развития отрасли та же, что и в предыдущем случае, поэтому её можно с известной степенью приближенности формализовать в виде максимизации общетраслевого ассортиментного набора.

Процесс составления отраслевого плана основан на следующих положениях.

Министерство не располагает информацией о производственных возможностях объединений. На каждом шаге процесса распределения ресурсов к нему поступает информация о значениях параметров, характеризующих планы объединений. Сопоставление значений параметров подотраслевых планов (оценки ресурсов и объемов выпуска конечной продукции) позволяет министерству выявить достигнутый уровень развития по отрасли в целом и направления более эффективного использования централизованных ресурсов.

Объединения самостоятельно вступают в информационное взаимодействие друг с другом (минуя министерство) относительно производства и распределения воспроизводимых в системе ресурсов. Каждое объединение, производящее продукцию для внутреннего потребления отрасли, собирает информацию о суммарной потребности в ней. Объединение, производящее продукцию для внутреннего потребления отрасли, не определяет само пути наиболее рационального использования этой продукции. Объединение, потребляющее воспроизводимый в отрасли ресурс знает, удовлетворена его заявка или нет.

В целом процесс взаимодействия состоит из следующей последовательности действий.

Первоначальный шаг взаимодействия.

1. Министерство сообщает объединениям народнохозяйственные потребности на продукцию отрасли (ассортиментный набор) и свое решение о первоначальном распределении централизованных ресурсов, рассчитанных, например, по прошлому периоду.

2. Объединения определяют ограничения на объем потребляемых локальных ресурсов (продукции отрасли) в размере, равном потреблению этих ресурсов в прошлом периоде.

Каждое производственное объединение решает оптимизационную задачу, в которой производственные возможности заданы и не меняются в течение всего процесса, а вектор ограничений по централизованным и локальным ресурсам определяется согласно пунктам 1, 2.

Общий шаг взаимодействия.

1. Министерство на основе полученной от объединений информации о значениях целевых функций и оценок централизованных ресурсов на предыдущем шаге распределяет централизованные ресурсы между объединениями.

По отрасли в целом ставится задача достижения единого и максимального для всех объединений уровня выпуска конечной продукции в заданном ассортиментном наборе. Поэтому, как и в первом алгоритме, министерство перераспределяет централизованные ресурсы обратно пропорционально их оценкам, полученным по планам объединений.

2. Каждое объединение посылает в другие объединения заявки на их продукцию и само сообщает всем объединениям о размере

производства своей продукцией на конечное потребление по плану, достигнутом на предшествующем шаге взаимодействия.

3. Каждое производственное объединение на основе полученных заявок на собственную продукцию и информации о производстве продукции других объединений на конечное потребление формирует вектор ограничений по локальным ресурсам (воспроизводимым в отрасли) для решения своей оптимизационной задачи.

4. Объединения решают оптимизационные задачи при определенных для данного шага взаимодействия размерах централизованных и локальных ресурсов.

5. Объединения передают в министерство информацию о параметрах своих планов, достигнутых на данном шаге взаимодействия: о значениях целевых функций и оценках централизованных ресурсов.

6. Министерство сравнивает полученные значения целевых функций объединений. Если разброс в значениях целевых функций по планам отдельных объединений не превосходит заданной точности расчета, то в объединения поступает сообщение, что планы их утверждены для реализации. В противном случае процесс выработки отраслевого плана продолжается.

Данный алгоритм является довольно трудным для математического исследования, и это обстоятельство типично для моделей подобного рода, о чем подробнее говорится в § 2,3 при рассмотрении имитационных моделей.

Поэтому вместо детального изучения вопроса о теоретической сходимости рассмотренного процесса к оптимуму проводились экспериментальные расчеты. Успешный экспериментальный расчёт, конечно, дает только косвенное обоснование эффективности алгоритма, однако достаточно представительные числовые расчеты дают больше уверенности в эффективности, чем математические доказательства сходимости даже с оценками скорости. Дело в том, что в процессах согласования наиболее важно через 2-5 шагов получить достаточно хорошее решение.

Для проведения экспериментальных расчетов были сформулированы задачи объединений в значительной мере на условной информации, которая отражала в то же время наиболее существенные связи, рассматриваемые в процессе распределения ресурсов. Модель включала три объединения, каждое из которых производило два продукта и потребляло четыре продукта других объединений.

Все объединения потребляли один вид централизованного ресурса, интерпретируемого как капиталовложения на создание новых производственных мощностей. Заданный ассортиментный набор включал все 6 продуктов, производимых в отрасли.

В каждой из задач "объединений" было представлено по 12 "предприятий", каждое из которых описывалось различными вариантами (способами) их функционирования с отличной друг от друга структурой затрат и выпускаемой продукции. Данные варианты различались и по затратам централизованного ресурса - капиталовложений. В целом задача каждого из объединений представлялась в виде матрицы размером (19x37).

Отправной точкой для расчетов служил план по отрасли в целом на прошлый период планирования, сбалансированный по технологическим способам, описывающим функционирование уже созданных к началу планового периода производственных мощностей. На начало планового периода задавался размер централизованных ресурсов, превышающий количество этих ресурсов, используемых в предыдущий период. Поскольку сходимость к оптимуму теоретически не доказана, было важно знать значение целевой функции в оптимальном плане. Это значение (114,7) (как и сам оптимальный план) для рассматриваемой модели легко было подсчитать непосредственно, составив общеотраслевую задачу, так как её размерность небольшая - (43x54). В таблице I приведены значения целевой функции задачи на каждом шаге итеративного процесса.

Т а б л и ц а I .

Динамика минимальных значений уровней выпуска конечной продукции отрасли ($\min_k z^k(r)$).

Шаг взаимодействия	$\min_k z^k(r)$
1	87,61
2	107,41
3	111,26
4	114,38
Значение функционала по оптимальному плану единой отраслевой задачи	114,70

Как видно из таблицы, уже на четвертом шаге перераспределения ресурсов практически достигается значение глобального оптимума. При этом разброс в значениях интенсивностей ассортиментного набора по планам объединений на шаге $\nu = 4$ не превышает заданной точности $\varepsilon = 0,02$.

На рис. 3 показано изменение значений интенсивностей ассортиментных наборов по задачам объединений.

(усл.ед.)

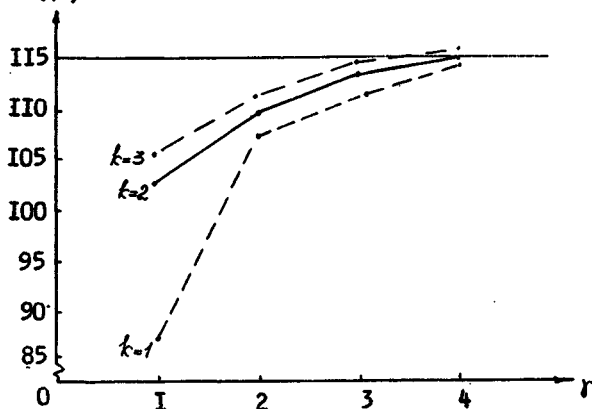


Рис. 3. Динамика z^k по итерациям процесса.

Таким образом, описанный эксперимент оказался в высшей степени успешным. Делать какие-либо заключения об эффективности алгоритма на основании этого единичного эксперимента, конечно, нельзя. Однако опыт работы с подобного рода экспериментальными моделями подсказывает нам, что такой алгоритм должен во многих ситуациях проявить самое ценное для практики качество — за первые 2-3 итерации давать наибольшее приращение целевой функции.

§ 2. Модели функционирования экономических систем

1. Модель двухуровневой системы в процессе составления годового и пятилетнего планов развития отрасли. В этом пункте излагается имитационный подход к исследованию той же проблемы, что и в предыдущем параграфе (пп. 2,3).

Модель функционирования отраслевой системы описывает фактический механизм взаимодействия министерства и хозрасчетных объединений в процессе разработки и реализации пятилетнего и годового планов. В частности, в отличие от рассмотренных выше схем министерство не решает какой-либо экстремальной задачи, а перераспределяет финансовые и материальные ресурсы по принятой на практике методике. Целью министерства является выполнение народнохозяйственных заданий по выпуску продукции и по взносам в бюджет в целом по отрасли. Ни министерство, ни объединения не располагают полной информацией друг о друге. Информационные связи между ними соответствуют фактическим.

Процесс функционирования системы начинается с разработки пятилетнего плана отрасли в целом. При составлении пятилетнего плана развития отрасли на основе заданий вышестоящих органов (Госплана, Госнаба и др.) определяются объемы выпуска продукции в укрупненной номенклатуре, источники финансирования и распределение капитальных вложений, а также финансовые нормативы длительного действия (нормативы платы за фонды, отчислений в бюджет, образования фондов материального стимулирования).

Процесс разработки годового плана начинается с сообщения министерством всем объединениям начальных плановых заданий. Объединения, исходя из этих плановых заданий, показателей пятилетнего плана и наличных ресурсов (материальных и финансовых), составляют свои производственные и финансовые планы и сообщают министерству свои варианты плана и потребность в ресурсах. Министерство, получив эту информацию, перераспределяет ресурсы и плановые задания, исходя из своих целевых установок и критерия равнонапряженности плана. Одна из основных целей построения имитационной модели - найти такой сбалансированный план, который соответствовал бы фактическим информационным, финансовым и материальным связям и методам планирования и управления.

Алгоритм составления годовых планов отрасли должен учитывать возможные отклонения от пятилетнего плана, обусловленные как неполнотой информации, используемой при разработке плана, так и незапланированными изменениями внешних по отношению к системе параметров: объемов кредитования, поставок материальных ресурсов и др.

Ниже в общих чертах описываются действия, которые имитирует конкретная модель составления пятилетнего и годового планов отрасли, разработанная одним из авторов совместно с С.Б.Перминовым. Приводятся также некоторые результаты экспериментальных расчетов по этой модели. По своей структуре общая модель состоит из трех моделей: модели министерства, модели производственного объединения и координирующей модели, имитирующей процесс взаимодействия.

Модель функционирования объединения состоит из двух блоков, соответствующих производственному и финансовому разделам плана объединения. Расчеты производственного и финансового планов производятся последовательно. Сначала составляется производственный план, то есть определяется производственная программа и потребность в материальных ресурсах, основных фондах, фонде оплаты труда и т.д., а затем рассчитывается финансовый план, определяются источники и способы финансирования производственной программы. Министерству сообщается комплексный производственный и финансовый план.

В разработанном варианте модели предполагается, что объединение не вправе изменять задание министерства по выпуску продукции и вводу новой технологии и основных фондов. Его задача заключается в определении потребности в централизованных и финансовых ресурсах для обеспечения этого задания.

Алгоритмы составления планов основаны на принципе последовательного использования с максимально возможной интенсивностью производственных и финансовых способов, упорядоченных по некоторому критерию, отражающему систему предпочтений реальных составителей плана.

Из производственного блока передаются в финансовый блок величины потребностей в основных производственных фондах, оборотных средствах, фонде оплаты труда, материальных ресурсах, а также величины себестоимости реализованной продукции.

В рассматриваемом варианте предполагается, что объединение не является планоубыточным и задания по выпуску продукции и цены таковы, что объединение всегда в состоянии сформировать фонды экономического стимулирования.

Выполнив расчеты по определению упомянутых выше показателей, объединение предлагает министерству встречный план. В

этом плане указывается потребность в материальных и финансовых ресурсах для выполнения плановых заданий министерства по выпуску продукции. Встречный план реализует задание министерства по выпуску продукции и соответствует реальным производственным и финансовым возможностям объединения.

Модель функционирования министерства осуществляет функции распределения и перераспределений между объединениями плановых заданий и централизованных ресурсов таким образом, чтобы выполнялись народнохозяйственные директивы для отрасли в целом.

Предполагается, что эти показатели устанавливаются вышестоящими органами управления народным хозяйством по согласованию с данным министерством до начала процесса взаимодействия.

Предполагается далее, что министерство должно представить в вышестоящие органы два варианта плана. В первом варианте указывается фактическая потребность в централизованных народнохозяйственных ресурсах для выполнения директивных заданий по выпуску продукции. Во втором варианте определен фактически возможный уровень выпуска продукции при выделенных отрасли централизованных ресурсах. План отрасли, представляемый министерством, будет единственным, если директивные задания по выпуску продукции и выделенный объем централизованных ресурсов не противоречат производственным возможностям отрасли.

Получив планы от объединений, министерство составляет балансы материальных ресурсов, централизованных капитальных вложений, заработной платы по отрасли в целом.

После составления перечисленных балансов министерство анализирует изменение эффективности использования ресурсов по сравнению с предыдущим шагом взаимодействия. Для этой цели рассчитываются среднеотраслевые коэффициенты затрат ресурсов на плановый выпуск продукции, которые используются следующим образом.

а) Если все коэффициенты остались прежними, то это означает, что по сравнению с предыдущим шагом не произошло изменения эффективности использования ресурсов по отрасли и по отдельным объединениям. Следовательно, при дефицитности хотя бы одного ресурса, никакое последующее перераспределение ресурсов не приведет к их экономии по отрасли в целом при неизменной производственной программе. Дефицит какого-либо ресурса имеет

место в том случае, когда суммарная по объединениям потребность превосходит имеющийся объем.

б) Если коэффициенты изменились хотя бы по одному виду ресурсов, то производится перераспределение ресурсов с целью экономии их использования.

В зависимости от результата расчетов балансов по централизованным ресурсам производятся следующие операции:

а) если есть дефицит хотя бы по одному ресурсу по отрасли в целом, то министерство уменьшает по выпуску продукции задания всем объединениям. При этом выбирается тот ресурс, дефицит которого заставляет снизить объем производства на наибольшую величину.

Таким образом, объединениям снижаются плановые задания по выпуску продукции (при сохранении структуры). Все другие показатели, высылаемые министерством остаются теми же, что и на предыдущем шаге взаимодействия.

В случае, когда потребность в основных производственных фондах по какому-либо объединению превышает возможности освоения капитальных вложений, министерство также снижает плановое задание по выпуску продуктов для этого объединения.

б) Если в отрасли имеются излишки централизованных ресурсов всех видов, то увеличивается объем производства по отрасли в целом. Как и в предыдущем случае, предполагается, что структура выпускаемой продукции должна быть сохранена.

в) Если планы объединений сбалансированы по всем видам ресурсов, то план отрасли найден. Иными словами, план отрасли на данном шаге взаимодействия является сбалансированным и при имеющихся производственных возможностях улучшить его путем перераспределения ресурсов между объединениями невозможно.

Несколько слов о приёмах формализации и программной реализации модели. В модели объединения основным информационным массивом является матрица производственных и производственно-финансовых способов или вариантов, описывающих соответствующие возможности объединений. Основная задача объединения состоит в выборе таких интенсивностей этих способов, чтобы выполнить задания министерства. Сам процесс вычисления этих интенсивностей имитирует действующую методику составления плана. Причем в этом процессе в виде набора параметров задан некоторый критерий предпочтительности вариантов. Следовательно, модель допускает варьирование критериев выбора вариантов.

Модель запрограммирована на ФОРТРАНе и имеет блочную структуру, что позволяет, с одной стороны, использовать её на ЭВМ различных типов, а с другой стороны, постоянно совершенствовать, приспособливать к реальным условиям той или иной отрасли, варьировать не только численные значения отдельных параметров, но саму структуру взаимосвязей между блоками, заменять сами блоки, добавлять новые и т.п. Подробнее об этом см. в следующем параграфе (§ 3).

Некоторые экспериментальные расчеты на имитационной модели взаимодействия министерства и объединений. Имитационные расчеты проводились по отрасли приборостроения, средств автоматизации и систем управления, при составлении плана на 1976 год. Этим, в частности, создавалась возможность сравнения моделей фактического механизма составления плана с оптимальным, так как имитационная и оптимизационная модели работали с одной и той же информацией о производственных возможностях объединений. На рис. 4 приведен один из результатов расчетов на имитационной модели взаимодействия министерства и объединений при составлении плана на 1976 год. В приводимых расчетах исследовалась зависимость плановых показателей по выпуску конечной продукции отрасли от норматива (μ_e) образования фонда развития производства при различных критериях выбора последовательности ввода способов производства продукции, на которых строится план. Объем выпуска конечной продукции отрасли по оптимальному плану принят за единицу.

Во всех вариантах расчетов, как и следовало ожидать, с увеличением норматива образования фонда развития объединений (и входящих в них предприятий) увеличивался выпуск продукции. Наибольший рост продукции при увеличении норматива образования ФРП происходил при введении в план технологий с критерием на максимум фондоотдачи (кривая (а)). Наименьший рост - при критерии введения технологии в план с минимумом затрат труда на выпускаемую продукцию (кривая (в)). Кривая (б) отражает изменение выпуска продукции в зависимости от образования фонда развития производства при введении технологий в план по критерию частоты их использования в предыдущем периоде (минимум изменений по сравнению с предыдущим периодом).

выпуск продукции
в % к опт. плану

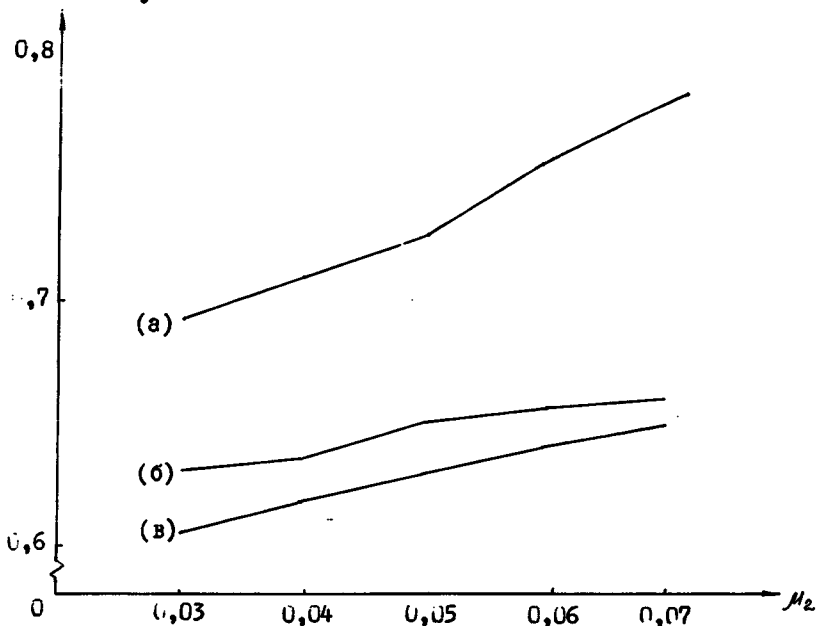


Рис.4. Зависимости выпуска продукции отрасли от норматива образования фонда развития производства.

Конечно, наиболее интересно было сравнить результаты имитационного расчёта с планом, составленным на 1976 год самими производственными объединениями "Минприбора". Ведь модель как раз и должна имитировать работу этих объединений. Оказалось, что показатели плана, рассчитанного по имитационной модели на м и н и м у м изменений производственных способов по сравнению с предыдущим периодом при действующем сейчас нормативе образования ФРП, совпали с показателями плана 1976 г. Минприбора (объем выпуска продукции, норма рентабельности объединений, уровень себестоимости изделий, фондотдача на рубль используемых фондов и т.д.). Это позволяет сделать вывод о том, что при составлении плана отрасли хозрасчетные объединения формируют свои планы с расчетом минимизации изменений в выпускаемой номенклатуре изделий, в используемых технологиях и т.д. Другой важный вывод относится к качеству построения самой модели. Совпадение планов свидетельствует о том, что построенная модель в действительности и м и т и р у е т фактический процесс составления плана.

Сравнение оптимального плана с имитационными расчетами (см. рис. 4) явно показывает в данном случае преимущества оптимального механизма планирования над фактическим.

Поскольку министерство не может влиять на увеличение выпуска продукции посредством изменения народнохозяйственных нормативов (норматив платы за фонды, образования ФРП, фонда материального стимулирования и т.п.), то возникает проблема нахождения при данных фиксированных нормативах экономических рычагов, воздействующих на выбор объединениями критерия формирования плана. Исследования в данном направлении проводятся с точки зрения нахождения зависимости критерия выбора планов объединений от показателей, изменение которых является компетенцией министерства (задание по освоению новых технологий, освоение новых изделий, перераспределения централизованных отчислений в фонды министерства и т.п.).

Глобальное направление в исследованиях по имитационной модели взаимодействия министерства и объединений ведется в направлении поиска экономических рычагов воздействия на производственные звенья (в данном случае промышленные объединения), с помощью которых можно было бы привести эти звенья к выработке планов, близких к оптимальным с точки зрения всей отрасли в целом.

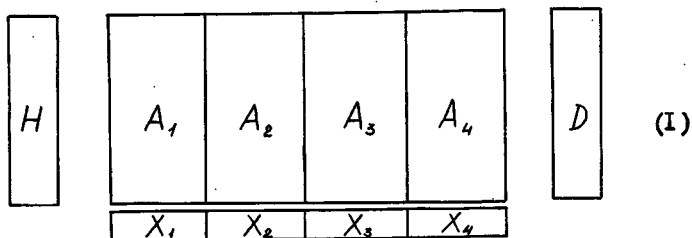
В частности, имитационная модель может отвечать на вопросы о том, насколько выполнима оптимальная производственная программа при существующих нормативных показателях, каковы должны быть нормативные показатели, чтобы отрасль могла бы реализовать оптимальную производственную программу, и т.д.

На основании такого рода расчетов министерство сможет разработать значения нормативных показателей, установление которых зависит от него, а с предложениями об изменении нормативных показателей народнохозяйственного уровня или цен на продукцию обратиться в вышестоящие органы.

2. М о д е л ь ф у н к ц и о н и р о в а н и я п р е д п р и я т и я (МФП). Здесь дается, конечно, упрощенная схема МФП по сравнению с той, которая реально запрограммирована.

МФП по своей структуре подобна кочану капусты, то есть состоит из сердцевин и слоев. Сердцевина - это модель собственно производства, то есть процесса или непосредственной деятельности по изготовлению продукции с помощью материалов, оборудования и трудовых затрат.

Процесс преобразования материалов, фондов и труда в продукцию описывается хорошо апробированным способом в виде матрицы производственных способов, что можно представить следующей схемой:



Здесь столбцы матрицы A_1 относятся к видам производственных фондов; X_1 - вектор наличия соответствующих фондов; столбцы матрицы A_2 относятся к видам трудовых ресурсов, а матрицы A_3 - материалов, соответственно; X_2 показывает объемы имеющихся трудовых затрат; X_3 - материалов. Матрица A_4 относится к выпуску продукции, вектор X_4 указывает на объемы заданий по выпуску всех видов продукции. Все эти показатели относятся к некоторому фиксированному интервалу времени, например, месяцу. Вектор D задает упорядочение способов в соответствии с некоторым критерием предпочтения. В качестве компонент D могут фигурировать числа, характеризующие прибыльность способа или экономический эффект от его использования, это может быть интенсивность, объем или частота использования в предыдущем периоде, степень приоритета с точки зрения соответствия уровню передовой техники и т.д. И наконец, вектор H , изображенный слева на схеме (I), является искомым, определяемым в процессе работы алгоритма, описывающего производственный акт.

В информации, представленной на схеме (I), заложены лишь возможности преобразования одних ингредиентов производства в другие. Какая из этих возможностей реально выбирается - это вопрос моделирования работы мелких производственных единиц: рабочих мест, участков и т.п. В первоначальном варианте разрабатываемой Институтом математики модели запрограммирован следующий алгоритм определения вектора H . Выбирается наиболее предпочтительный с точки зрения вектора D способ и вычисляется максимально возможный объем его применения, ог-

раниченный имеющимися ресурсами и целесообразностью перевыполнения плана. После этого определяются оставшиеся ресурсы и требования плана, находится следующий по предпочтительности способ и вычисляется его максимальный возможный объем и т.д. до тех пор, пока все ресурсы не будут израсходованы или все способы не перебраны. Экономическое обоснование адекватности данного алгоритма действительным действиям мастеров, начальников участков, рабочих будет дано в другом месте. Однако, очевидно, что этот алгоритм далеко не единственный. В частности, в модели предусмотрен оптимизационный алгоритм, использующий процедуру типа симплекс-метода для нахождения такого H , при котором число ассортиментных наборов в структуре плана X_4 максимально при заданных ограничениях на ресурсы.

Теперь следующий слой модели, непосредственно примыкающий к ядру. Этот слой однозначно определяется входами и выходами ядра.

1. Блок реализации организационно-технических мероприятий и подготовки производства. Выходами этого блока являются новые производственные способы или модификация старых, которые обновляют матрицу A производственных способов для следующего периода времени. При этом, естественно, могут изменяться, добавляться не только строки, но и столбцы в матрице A , что соответствует освоению новых видов продукции, созданию новых видов техники (фондов), использованию новых видов трудовых ресурсов. В качестве выходов могут фигурировать также сами объемы новых или старых ресурсов (фондов), созданные в результате осуществления тех или иных мероприятий.

2. Блок выработки вектора предпочтений D .

3. Блок оперативно-календарного планирования, вырабатывающий для производственного блока вектор X_4 .

4. Блок материально-технического снабжения, формирующий вектор X_3 .

5. Блок деятельности отделов кадров и труда и зарплаты, создающий в результате своей деятельности вектор X_2 .

6. Блок капитального строительства, поддержания нормального функционирования производственных фондов (ремонт и т.д.).

Эти шесть блоков обеспечивают все входы производственного блока, остальные три относятся к его выходам.

7. Блок учёта выпуска и затрат продукции и расчёта всех финансовых показателей, связанных с данной производственной деятельностью.

8. Блок сбыта готовой продукции. Моделирование связей с потребителями.

9. Блок управления, принимающий информацию о степени выполнения плана по всем видам продукции.

О блоке управления следует сказать особо. Функции его многогранны. Он моделирует деятельность высшего руководства предприятия. Ему предоставлено право вмешиваться в работу любого другого блока. О ситуациях, при которых вмешивается блок управления, говорится по ходу изложения.

В целом о первом слое, окружающем производственное ядро, можно сказать, что он обеспечивает нормальное его функционирование. Особенно это относится к блокам, работающим на входы.

Остановимся более подробно на блоке реализации оргтехмероприятий и подготовки производства, ибо, с одной стороны, этот блок играет существенную роль в деятельности предприятия, особенно при формировании его перспективных показателей; с другой стороны, его алгоритмы трудно формализуемы, так как касаются, в частности, моделирования научно-технического прогресса.

Основной исходной информацией для блока является массив возможных мероприятий. Что представляет собой отдельное мероприятие? Это пара вход-выход, где вход мероприятия описывается вектором затрат фондов (производственных площадей, оборудования), трудовых ресурсов, материалов, денежных средств. Причем все эти затраты распределены во времени, то есть указано, в какие месяцы они должны быть произведены. Выход мероприятия также представляет собой вектор, часть компонент которого указывает объемы прироста производственных фондов, трудовых и материальных ресурсов, а другая часть - определяет новый производственный способ, который создается в результате осуществления мероприятия. Как и в производственном блоке, мероприятия упорядочены с помощью некоторого вектора предпочтений, вырабатываемого блоком следующего слоя.

Кроме того, исходной информацией для данного блока является вектор ресурсов, выделенных в данном периоде времени для осуществления мероприятий.

Запрограммированный в модели алгоритм для этого блока реализует следующие действия. Находится наиболее предпочтительное мероприятие и проверяется, может ли оно быть выполнено

при имеющихся ресурсах. Если да, то оно выполняется, то есть его выход передается в блок производства, а вход отнимается от вектора ресурсов. Если нет, то мероприятие не выполняется. Далее берется следующее по предпочтению мероприятие и т.д.

Нетрудно видеть, что блоками, обеспечивающими входы рассматриваемого блока реализации мероприятий, будут следующие:

1. Блок генерирования списка мероприятий.

2. Блок подсчета вектора предпочтений для общего списка мероприятий.

3. Блок формирования вектора ресурсов, выделяемых в данном периоде для реализации мероприятий.

Упомянутый здесь блок генерирования мероприятий имитирует работу научно-технических подразделений.

Второй слой, опоясывающий производственное ядро, состоит в основном из блоков осуществления плановой деятельности для работы блоков первого слоя. В третьем слое содержатся блоки, составляющие техпромфинплан предприятия.

Самый внешний слой оформляется в модели особым образом, позволяющим достаточно просто вводить в модель исходную информацию.

Конечно, такая простая структура слоев кое-где нарушается в том смысле, что блок одного слоя может непосредственно обращаться к блоку своего же слоя или через слой. Однако в целом такая структура выдерживается, что позволяет строить модель постепенно, наращивая слои, причем на каждом этапе получившаяся модель имеет самостоятельное значение и с ней можно отдельно работать. Кстати сказать, этот принцип построения модели с помощью наращивания слоев, начиная с производственного ядра, имитирует в какой-то степени эволюционный процесс создания и совершенствования структуры производственного предприятия. Действительно, деятельность мелкого производителя (например, в условиях простого товарного производства) может имитироваться с помощью производственного блока. С расширением масштабов производства появляется необходимость специально заниматься вопросами подготовки производства, снабжения, рабочей силы, финансами, сбытом. Так появляется следующий слой. Дальше возникает потребность в планировании этих видов деятельности, особенно в производстве с длительным производственным циклом и при больших масштабах производства. Это уже следующий слой и т.д.

В настоящее время первый вариант модели функционирования промышленного предприятия отлажен на условном примере, отражающем реальную размерность информационных массивов. В дальнейшем предполагается настроить ее на реальные условия одного из Новосибирских заводов.

Математическое обеспечение модели представляет собой сложный комплекс программ, записанных на языке ФОРТРАН, объединенных между собой с помощью специального диспетчера.

В программу – диспетчер в качестве исходной информации вводится граф, определяющий порядок взаимодействия между блоками.

Диспетчер предназначен:

(1) для автоматического поиска нужной программы-блока и ее информационных массивов на магнитной ленте в соответствии с данным порядком;

(2) для загрузки найденных программ и массивов в ЭВМ;

(3) для записи полученных результатов работы программы на ленту;

(4) для обновления списка программ и информационных массивов.

О способах использования подобной модели говорится в следующем параграфе.

§ 3. О некоторых направлениях и перспективах экономико-математического моделирования

Применение моделей и методов оптимального планирования на практике в чистом виде затруднено. Для того, чтобы та или иная оптимизационная модель стала реальным инструментом планирования и принятия решений, необходимо ее погрузить в комплекс моделей и программ имитационного или сервисного типа. При этом внешние программы должны полностью соответствовать существующей системе организации информационных потоков, форм входных и выходных документов и т.п.

Это требование реальной жизни. Оно приводит, как правило, к тому, что основная модель оказывается в общем комплексе лишь небольшим ядром как по трудоёмкости создания, так и по времени работы.

Автоматизированные системы управления есть не что иное, как подобного рода комплексы, причем на первой своей стадии часто

без оптимизационного ядра. Данные системы представляют собой сложные человеко-машинные системы, где ЭВМ обеспечивает в короткие сроки и с заданной точностью переработку огромных объемов информации и производит сложные вычислительные операции, а люди осуществляют общее руководство всем комплексом и вносят необходимые коррективы и определяющие решения.

Многовариантность методов производства и использования капиталовложений породила требования оптимальности плановых расчетов. Причем в создаваемых ОАСУ центр тяжести с непосредственного контроля за текущими производственными процессами переместился в область проблем перспективного планирования. Построение оптимальных перспективных планов развития отраслей позволяет человеку принимать решения на основе качественно новой информации. Показатели оптимального плана дают комплексное представление о его эффективности, о возможных направлениях развития всей отрасли в целом и отдельных ее подсистем. Проблема поиска оптимального варианта развития отрасли должна включать в себя поиск рациональной организационной структуры и конкретных значений управляющих нормативов, обеспечивающих достижение максимального эффекта в целом по отрасли.

Класс задач, связанный с определением нормативной базы и определением рациональной структуры управления, можно решать при помощи имитации реальных процессов взаимодействия подсистем.

В развитых отраслевых автоматизированных системах управления имитация должна использоваться для выработки оптимальной стратегии управления. Расчёт оптимального производственного плана определяет основные количественные показатели развития отрасли (объем производства продукции, соответствующие ему затраты ресурсов и т.п.). Имитационные модели могут быть использованы для определения конкретных значений управляющих нормативов плана (в первую очередь, финансовых), при которых оптимальное решение может быть достигнуто. Для отраслевого плана такими управляющими нормативами будут норматив платы за фонды, отчисления от прибыли в различные фонды объединений, процента за кредит и т.п.

При введении в блок перспективного планирования ОАСУ имитационных задач создается единая система выбора оптимальной стратегии с обратной связью во времени. Проект решения задается в систему имитационных моделей; рассчитываются все по-

следствия реализации этого решения, полученный эффект сравнивается с желаемым и вносятся коррективы в первоначальный проект решения. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнут желаемый эффект.

Предположим, что модель составления плана просто в точности копирует все действия, осуществляемые плановыми работниками по существующей методике. Даже в этом смысле модель приводит к качественно новой ситуации, позволяет проводить расчеты оптимизационного характера, ибо составление всего плана по всей номенклатуре позиций — теперь простая задача, требующая малых затрат труда и времени. Следовательно, можно составить достаточное число вариантов плана, проверив все предложения и просмотрев все последствия этих предложений.

Модель функционирования предприятия, подобная описанной выше, должна войти в качестве одного из наиболее важных блоков в АСУ высокого уровня. Поскольку такая модель в какой-то степени заменяет реальный эксперимент, на ней следует предварительно проигрывать последствия от решений руководства предприятия и вышестоящих организаций прежде, чем эти решения окончательно принимать.

Конечно, имитационное моделирование, которое с необходимостью возникает в вопросах внедрения моделей оптимального планирования и управления в практику, будет быстро развиваться в связи с соответствующими задачами построения АСУ. Однако внедрение не единственная, а может быть, и не главная причина и цель. Совершенствование системы планирования и управления народным хозяйством требует разработки соответствующих теоретических вопросов. В силу чрезвычайной сложности и многообразия экономических факторов и их взаимосвязей во многих вопросах сколько-нибудь достоверные выводы можно получить лишь с помощью эксперимента. А имитационная модель в какой-то степени заменяет эксперимент на живом теле экономики. Причем на модели допустимы такие эксперименты, проводить которые на реальном объекте совершенно невозможно. Скажем, повышение ставок заработной платы или цен в несколько раз в модели — это едва ли не самое простое, а в жизни — совершенно невозможная вещь.

Таким образом, все возможные изменения параметров, перестройки структуры, изменение взаимосвязей, достройка и т.д. есть необходимый компонент в работе с имитационной моделью.

Это обстоятельство влечет за собой разнообразные требования к математическому и программному аппарату построения таких моделей.

Остановимся на этих требованиях более подробно.

Модель функционирования достаточно сложной экономической системы представляет собой комплекс из алгоритмов - блоков, взаимодействующих между собой. Блоки по характеру реализуемых ими алгоритмов обладают большим разнообразием. Это может быть и симплекс-метод, и построение корреляционных функций, и реализация случайного процесса, и решение системы уравнений, и преобразования массивов из одной структуры в другую и т.п. Блоки в процессе совершенствования модели гут изменяться, появляются новые и т.д. Часто при этом требуется предварительно построить работу блока отдельно. Наш опыт построения моделей функционирования показывает, что блоки должны составлять экономисты, специалисты в той области экономики, которая моделируется. Причем не только алгоритмы работы блока, но и программы на ЭВМ, проводить соответствующую отладку и т.д. Поэтому блоки должны быть легко программируемы, что достигается лишь с помощью написания их на алгоритмическом языке высокого уровня. В наших разработках используется универсальный язык ФОРТРАН, подходящий для целей моделирования гораздо лучше, чем КОБОЛ и АЛГОЛ, главным образом благодаря простоте сегментации программ и возможности управлять распределением памяти. ФОРТРАН прост для освоения людьми, привычными к формализации. Однако в силу универсальности ФОРТРАНа программирование на нем все-таки остается еще довольно трудоемким и долгим делом. Требуется специализированный язык над ФОРТРАНОм, учитывающий именно специфику моделей функционирования экономических процессов. Имеющийся в настоящее время язык СИМСКРИПТ, построенный над ФОРТРАНОм и приспособленный для построения имитационных процессов, годится только для некоторых блоков, а именно для имитации простых динамических процессов, в том числе учитывающих случайные факторы.

Наш опыт моделирования ещё не настолько богат, чтобы найти сейчас наиболее существенные конструкции языка моделей функционирования. Поэтому работа по созданию такого языка не проводится, но в принципе проблема назрела. Видимо в языковых конструкциях должны быть заложены преобразования структур массивов

вов информации. Дело в том, что в моделях различных экономических процессов систематически участвуют информационные массивы, являющиеся многомерными матрицами. Например, массив мероприятий в модели предприятия имеет структуру матрицы, у которой одно измерение определяет номера самих мероприятий, другое — номера видов ингредиентов (продукция, материалы, фонды и т.д.), третье — номера периодов времени, четвертое — номера самих ингредиентов внутри вида и т.д. В зависимости от алгоритмов, обрабатывающих данный массив, его удобно представлять то в одной, то в другой форме. Удобство определяется как степенью простоты получающейся программы, так и машинным временем обработки.

Упомянем ещё об одном существенном требовании, которое предъявляется к математическому обеспечению моделей функционирования экономики. Речь идет о решении некоторых задач оптимизации с помощью моделей функционирования, в частности задачи о нахождении оптимальной структуры управления, оптимальной организации подчиненности управляющих органов и т.п. Подобного рода задачи не могут быть решены математическими средствами так как, во-первых, они, как правило, крайне трудно формализуются, т.е. представляются в виде математической задачи; а во-вторых, нахождение оптимального решения в них невозможно другим способом, кроме как с помощью той или иной формы перебора. Последнее означает, что даже если задачу по нахождению оптимальной структуры и удалось формализовать, её решение требует составления машинной программы, реализующей перебор возможных структур. А такая машинная программа по сложности, видимо, мало будет отличаться от соответствующей модели функционирования рассматриваемого объекта или просто повторять последнюю. Следовательно, средства программирования, заложенные в математическом обеспечении, должны обеспечивать простую организацию перебора возможных структур.

Наконец, нельзя не упомянуть ещё об одной особенности моделей функционирования. Большинство моделируемых экономических процессов, объединенных в одной системе, в действительности протекают параллельно. Поэтому реализация моделей на многомашинных комплексах совершенно естественна, и сам процесс счёта лучше имитирует реальные действия. К тому же поскольку АСУ высокого уровня предполагает необходимую степень децентрализации и пространственной распределенности управляемой системы,

а также предполагает участие в ней в качестве составной части модели функционирования, то реализация последней на многомашинных комплексах неизбежна. Можно смело утверждать, что моделирование экономических процессов - это одна из наиболее естественных и одна из наиболее актуальных задач для реализации на многомашинных вычислительных комплексах.

Л и т е р а т у р а

1. МАКАРОВ В.Л., РУБИНОВ А.М. Математическая теория экономической динамики и равновесия. М., "Наука", 1973.
2. КАНТОРОВИЧ Л.В. Экономический расчёт наилучшего использования ресурсов. М., Изд. АН СССР, 1959, 343 с.
3. КАНТОРОВИЧ Л.В. Динамическая модель оптимального планирования. - В кн.: Планирование и экономико-математические методы. М., "Наука", 1964, с. 323-346.
4. КАНТОРОВИЧ Л.В., МАКАРОВ В.Л. Оптимальные модели перспективного планирования. - В кн.: Применение математики в экономических исследованиях. Т.Ш. М., "Мысль", 1965, с. 7-37.
5. КАНТОРОВИЧ Л.В., МАКАРОВ В.Л. Вопросы разработки и использования крупноагрегированной модели оптимального перспективного планирования. - В кн.: Оптимальное планирование. Вып.8, Новосибирск, "Наука", 1967, с. 23-35.
6. МАКАРОВ В.Л., МАРШАК В.Д., ФЕФЕЛОВ В.Ф. Алгоритм формирования оптимальной динамической модели типа "затраты-выпуск". - Материалы симпозиума по моделированию народного хозяйства. Новосибирск, 1970.
7. МАКАРОВ В.Л., МАРШАК В.Д., ФЕФЕЛОВ В.Ф. Алгоритм формирования оптимальных динамических моделей "затраты-выпуск". В кн.: Алгоритмы и программы реализации народнохозяйственных моделей. Новосибирск, 1971, с. 116-134.
8. МАРШАК В.Д. Алгоритм решения задачи распределения ресурсов в отрасли. - В кн.: Оптимизация, № 10(27), Новосибирск, "Наука", с. 128-145.
9. МАРШАК В.Д. О сходимости алгоритма решения задачи распределения ресурсов в отрасли. - В кн.: Оптимизация, № 11(28), Новосибирск, "Наука", 1973, с. 46-53.

Поступила в ред.-изд. отд.

10.Ш. 1974 г.