

Ю. И. МАКСИМОВ

СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ
В ПЕРСПЕКТИВНОМ
ПЛАНИРОВАНИИ
ОТРАСЛЕВЫХ
СИСТЕМ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю. И. МАКСИМОВ

СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ В ПЕРСПЕКТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ ОТРАСЛЕВЫХ СИСТЕМ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск - 1979

Рассматриваются некоторые проблемы моделирования крупных региональных программ (типа освоения Западно-Сибирской нефтяной провинции). Ряд специфических особенностей сетевых оптимизационных моделей обуславливает эффективность их использования для моделирования реализаций таких программ. Поэтому основное внимание уделяется использованию многоуровневых сетевых моделей при долгосрочном планировании развития комплекса взаимосвязанных отраслей специализации исследуемого региона.

Книга рассчитана на экономистов и математиков, занимающихся вопросами разработки и внедрения оптимизационных моделей территориально-производственных, а также студентов и аспирантов, а также специалистов, работающих в области применения математических методов в экономике.

Ответственный редактор

доктор экономических наук *Б. Б. Розин*

ВВЕДЕНИЕ

Логика развития работ по оптимальному отраслевому планированию приводит к созданию и внедрению все более совершенных моделей и методов. Одно из основных направлений совершенствования процесса оптимизации перспективных планов развития и размещения объектов различных отраслей народного хозяйства связано с переходом от обособленных моделей отдельных отраслей к моделям многоотраслевых систем и предполагает учет аспектов стохастичности и неопределенности в развитии таких систем [1].

Построение систем взаимосвязанных моделей оптимального отраслевого планирования базируется на методологии системного анализа. Идеи системного изучения получили в настоящее время повсеместное распространение. Трудно найти область исследований, в которой бы они не нашли приложения (хотя и с различной степенью проработки и эффективности).

Инструментом решения плановых задач по методу системного анализа служит программный подход. В принятых XXV съездом КПСС «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» подчеркивается необходимость более широкого использования в планировании программно-целевого метода, разработки комплексных программ по наиболее важным экономическим, научно-техническим и социальным проблемам.

Академик А. Г. Аганбегян предлагает выделять следующие четыре основных типа программ:

национальные — такие, как, например, программа повышения уровня жизни народа, экономической интеграции стран—членов СЭВ и т. д.;

крупные межотраслевые — типа решения общих проблем топливно-энергетического баланса страны или создания единой транспортной системы;

производственные — направленные на реализацию решающих для перспективы локальных вопросов, как, например, создание магнитогидродинамических генераторов;

крупные региональные — типа освоения Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции или строительства Байкало-Амурской магистрали и хозяйственного освоения зоны примыкания.

Реализация системного подхода к моделированию таких программ предполагает представление народного хозяйства в виде многоуровневой иерархически организованной системы. Охватываемый программой комплекс отраслей рассматривается как часть всего народного хозяйства и сам, в свою очередь, представляется как сложная иерархия подсистем, критерием оптимизации развития которых служат не локальные показатели, а эффективность реализации программы в целом.

Необходимость и актуальность перехода от локальной оптимизации перспективных отраслевых планов к оптимизации перспективных планов развития комплексов отраслей как подсистем народного хозяйства анализируется и обосновывается в [1—5] и ряде других работ.

В долгосрочном планировании широко применяются многовариантные расчеты на основе использования экономико-математических моделей и методов. Программный подход к планированию остро ставит вопрос совершенствования способов отражения в используемых экономико-математических моделях внутренних и внешних связей оптимизируемых систем. С этой целью осуществляется разработка и реализация многоэтапных и многоуровневых моделей, отображающих условия функционирования различных уровней и звеньев экономики. Чтобы системы таких моделей могли интерпретироваться как единое целое, исследуются проблемы взаимосвязи между моделями

разных хозяйственных звеньев, вопросы согласования решений на различных уровнях планирования и управления.

Необходимо отметить, что эффективность реализации долгосрочной программы во многом обуславливается степенью взаимоувязанности и согласования отдельных ее частей. При наращивании мощности строительного производства и развитии предприятий строительной базы могут возникать такие ситуации, когда темпы сооружения и реконструкции производственных мощностей не обуславливают соответствующих темпов увеличения производства продукции. К этому приводит ряд диспропорций, в частности несогласованность в сроках ввода в эксплуатацию технологически сопряженных объектов. Например, в Западной Сибири до 1973 г. отставание ввода в эксплуатацию магистральных трубопроводов от темпов обустройства нефтяных месторождений замедляло рост нефтедобычи. Таким образом, совершенствование методов планирования реализации долговременных комплексных программ может обеспечить и значительный народнохозяйственный эффект.

Большой интерес представляет исследование возможностей объединения в одной системе разнотипных экономико-математических моделей (линейных, сетевых, экономико-статистических и др.). При этом необходимо оговориться, что методы линейного программирования, сетевые, теории игр и т. д. в оптимизации перспективных планов развития и размещения отраслей промышленности, территориально-производственных комплексов, отраслевых систем (или, точнее, межотраслевых комплексов) должны рассматриваться не как конкурирующие, а как взаимодополняющие. Благодаря использованию специфических черт, присущих различным экономико-математическим методам, повышается адекватность отражения весьма многообразных аспектов процесса перспективного планирования.

Применение сетевых моделей в перспективном планировании развития и размещения различных отраслей промышленности позволяет исследовать такие его закономерности и свойства, изучение которых с помощью других оптимизационных моделей или край-

не затруднительно, или принципиально невозможно. В частности, такой тип моделей наиболее приемлем для отображения условий долгосрочного развития комплекса взаимосвязанных объектов. Он позволяет, не нарушая технологической последовательности выполнения отдельных этапов работ, сформировать различные варианты потребления ресурсов и выпуска продукции. При оптимизации перспективных планов эффективно применять многоуровневые сетевые модели.

Очевидно, однако, что включение сетевых оптимизационных моделей в систему перспективного отраслевого планирования требует всестороннего учета их специфических особенностей. В настоящей работе рассматриваются вопросы использования многоуровневых сетевых моделей при оптимизации перспективного плана развития отраслевой системы, включающей в себя газовую промышленность, геологоразведку и нефтегазостройиндустрию.

СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ В ПЛАНИРОВАНИИ

§ 1. ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ НА ПЕРВОМ ЭТАПЕ ИХ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

В разработке и внедрении сетевых методов планирования и управления, как у нас в стране, так и за рубежом, с известной долей условности можно выделить два основных направления. Первое направление связано в основном с оперативным планированием и управлением различными процессами, такими как сооружение объектов различной уникальности и сложности, проведение комплекса взаимосвязанных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, внедрение образцов новой техники и т. д. В используемых при этом сетевых моделях работы в большинстве случаев характеризуются параметрами двух категорий — оценками их продолжительностей и требуемых для их выполнения ресурсов. Здесь и в дальнейшем, если это не будет специально оговариваться, под ресурсами будем понимать как материально-технические, так и трудовые ресурсы.

Второе направление в разработке и применении сетевых методов связано с использованием их в оптимальном планировании: текущем и перспективном, в качестве координирующего звена многоуровневых оптимизационных систем и т. д. Так, например, система «ОСКАР» использовалась при формировании задания отрасли, выпускающей строительные конструкции для создания объектов территориально-производственного комплекса (ТПК). Было организовано согласование линейной отраслевой модели с сетевой моделью ТПК, формирующей спрос, с целью оп-

ределения такого технологически допустимого порядка строительства объектов комплекса, при котором обеспечиваются минимальные отраслевые затраты [1]. В сетевых моделях, относящихся ко второму направлению, работы, как правило, также характеризуются параметрами двух категорий: оценками продолжительностей и соответствующими им стоимостными оценками. Использование ресурсов при этом учитывается в некотором смысле интегрально: лишь при расчетах стоимостных оценок работ.

В целом же необходимо констатировать, что в первый период внедрения сетевые оптимизационные модели не нашли достаточно широкого применения в текущем и перспективном планировании. Вместе с тем более полное и разностороннее использование специфических черт и особенностей, присущих сетевым моделям, обуславливает эффективность применения их не только на различных уровнях и этапах в многоуровневых и многоэтапных моделях планирования отраслевых систем, но и в качестве согласующего и координирующего инструмента.

Первый период разработки и внедрения сетевых методов планирования и управления в нашей стране приходится на конец 50-х и начало 60-х годов. Развитие их в это время осуществлялось в основном по первому направлению. Всеобщий интерес к сетевым моделям и обусловленное им бурное развитие в эти годы теоретических и прикладных исследований в некотором роде напоминали бум, возникающий вокруг супермодных лекарств. И действительно, на первых порах в сетевых методах планирования и управления (СПУ) видели панацею если и не от всех, то от большинства бед, хронически сопровождающих оперативное управление многими процессами.

Одной из наиболее эффективных областей применения методов СПУ стало оперативное управление сооружением различных объектов. Процессы строительства крупных комплексов характеризуются наличием многообразных связей между строительными, проектными и поставляющими организациями. Кроме того, существуют сложные зависимости строительных организаций от заказчиков, а также от вышестоящих органов управления. Сетевые модели позволяют

учитывать эти связи и зависимости и оптимально координировать действия отдельных исполнителей для достижения конечных целей. Но и в случае выполнения сложной разработки одним исполнителем сетевая модель необходима для объективной оценки сложившейся ситуации, прогнозирования сроков окончания этой разработки, выделения критических работ и т. п.

Вообще большинство оптимизационных задач, возникающих при планировании и управлении строительным производством, не могут быть эффективно решены без привлечения сетевых моделей. Поэтому планирование и управление сооружением различных объектов явилось одной из первых и достаточно емких областей применения таких моделей.

Большое развитие получили вычислительные методы, предназначенные для расчетов и оптимизации сетевых моделей. Литература по математическому обеспечению СПУ, несомненно, одна из наиболее представительных в публикациях по экономико-математическим методам. Окончанием первого периода разработки и внедрения методов СПУ условно можно считать середину 60-х годов. И если в проведении теоретических исследований этот период не был особенно заметным, то чрезвычайно резко он выделяется самым характером процесса внедрения СПУ.

Прежде всего отметим одно существенное обстоятельство, которое в значительной степени не благоприятствовало в начальном периоде сколько-нибудь заметному применению сетевых моделей в перспективном планировании. Бурное развитие и внедрение СПУ практически совпало с разработкой и интенсивным применением в отраслевом перспективном планировании линейных моделей. Результаты, достигнутые с помощью линейного программирования, были столь плодотворными и эффективными, а области применения линейных и сетевых моделей казались настолько отдаленными, что использование в планировании, например, сетевых моделей или методов теории игр представлялось малоэффективным.

По сравнению с линейно-программными моделями сетевые значительно проигрывают как по числу, так и по «качеству» негативных попыток внедрения. Естественно, что это сравнение во многом условно, хотя

бы потому, что в течение первого периода области применения сетевых и линейных моделей были существенно непересекающимися. Только на втором этапе разработки и внедрения сетевые модели получили достаточно широкое представительство среди экономико-математических методов, используемых в оптимальном перспективном планировании.

§ 2. НОВЫЙ ЭТАП ВНЕДРЕНИЯ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Примерно с середины 70-х годов начинается второй этап разработки и внедрения сетевых моделей, который характеризуется значительно более широким и эффективным использованием их в перспективном планировании развития и размещения отраслей промышленности. Отметим три основных фактора, которые способствовали новому привлечению интереса исследователей, проектировщиков и производителей к методам СПУ.

Мощным стимулом повышения эффективности внедрения этих методов стало, во-первых, создание и функционирование первых очередей автоматизированных систем управления (АСУ) на различных иерархических уровнях и в разных отраслях народного хозяйства. АСУ придали методам СПУ необходимое информационное, нормативное, техническое и правовое обеспечение.

Интересно отметить, что сам негативный опыт внедрения методов СПУ на начальном этапе их разработки в какой-то мере стимулировал ускорение создания и функционирования первых очередей АСУ. В отдельных же случаях эффективно функционировавшие системы СПУ были теми центрами кристаллизации, вокруг которых образовались первые очереди соответствующих автоматизированных систем управления. В настоящее время разработка методов СПУ в составе АСУ регламентируется [6].

Целесообразно констатировать и качественное изменение назначения СПУ на втором этапе их разработки и внедрения: управление процессами реализации планов сложных комплексов работ стало включать

не только элементы прогнозирования, но и адаптации.

Во-вторых, в рассматриваемом периоде внедрение методов СПУ осуществляется на фоне комплексного использования взаимосвязанных многоуровневых и многоступенчатых экономико-математических моделей. При этом во многих отраслях народного хозяйства моделируется вся цепочка «планирование—проектирование—производство». Благодаря этому при сооружении или реконструкции какого-либо комплекса объектов оказываются взаимоувязанными такие факторы, как директивный срок сооружения или реконструкции комплекса объектов, сроки поставок, обеспеченность ресурсами. На первой же стадии внедрения СПУ взаимоувязанность этих трех факторов обеспечивалась далеко не всегда.

Недостаточная увязка установленного срока сооружения комплекса объектов с мощностью строительных организаций (как правило, в сторону завышения последней) обуславливала возникновение одной из следующих ситуаций: увеличения срока ввода комплекса объектов; уменьшения пускового минимума объектов; снятия подразделений рассматриваемой группы строительных организаций с других объектов; привлечения других строительных организаций. Любая из этих ситуаций способна вызвать целую цепочку (далеко не всегда достаточно быстро «гаснущих») возмущающих воздействий, которые влияют на реализацию народнохозяйственных планов.

В свою очередь, и несогласованность сроков сооружения или реконструкции комплекса объектов со сроками поставок различных материалов и оборудования обуславливает возникновение какой-либо из отмеченных выше ситуаций. При этом как в первом, так и во втором случае возможно и одновременное наложение нескольких возмущающих ситуаций.

Вторая стадия внедрения СПУ характеризуется, в-третьих, накоплением значительного теоретического потенциала. Разработаны методы и вычислительные алгоритмы расчета и оптимизации не только детерминированных сетевых графиков, но и вероятностных и альтернативных стохастических сетевых моделей [7—8]. В результате определилась возможность значительно расширить применение методов СПУ, и в ча-

стности использовать их в перспективном планировании развития и размещения отраслей народного хозяйства.

При этом необходимо отметить, что хотя в середине 70-х годов возможности линейно-программных моделей в перспективном планировании были еще далеко не исчерпаны, но уже явственно обозначились границы их применимости. В то же время сетевые модели стали более широко использоваться в многоуровневых моделях оптимального планирования развития и размещения отраслей промышленности. В качестве одного из примеров можно привести подход, предложенный в работе [9], который позволил с помощью сетевой модели нижнего уровня эффективно генерировать варианты развития и реконструкции угольных шахт для линейной модели верхнего уровня. Многоуровневые сетевые модели использовались и для оптимизации перспективных планов развития и размещения предприятий газовой промышленности (см. [10]). При этом в качестве объектов планирования рассматривались: на верхнем уровне — единая газоснабжающая система (ЕГС) страны, а на нижнем уровне — газодобывающие районы или системы магистральных газопроводов.

§ 3. СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ В ПЕРСПЕКТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

Применение сетевых оптимизационных моделей в перспективном планировании базируется на использовании двух фундаментальных и сравнительно недавно получивших развитие принципах: разработки многоуровневых систем моделей и оптимизации развития отраслевых систем [1].

Разработка многоуровневых систем моделей для целей перспективного планирования базируется на представлении моделируемого экономического объекта как сложной системы. Однако само понятие системы в настоящее время трактуется самым различным образом, и его единого общепризнанного определения не существует. Учитывая многочисленность и разнообразие отраслевых исследований, которые в той или

нной степени затрагивают проблемы системного анализа, вряд ли возможно даже кратко проанализировать все предложенные определения системы. Необходимо лишь отметить чрезвычайную широту диапазона этих определений: от достаточно общих и расплывчатых до более строгих и опирающихся на усложненную аксиоматику.

Ряд авторов относят понятие системы к числу интуитивных, не требующих специального определения. Так, например, в одной из работ отмечается, что система — одно из распространенных и исходных понятий, почти не нуждающихся в определении [11]. В качестве примера достаточно общего и просто формулируемого понятия системы можно привести определение из [12], согласно которому система — это множество объектов вместе с отношениями между объектами и между атрибутами.

Для иллюстрации более строгих, но использующих усложненную аксиоматику определений системы могут быть приведены, например, такие: объекты m образуют систему относительно заданного отношения R и свойства P , если в этих объектах существуют свойства P , находящиеся в отношении R [13]; произвольная абстрактная система — это отношение, определенное на декартовом произведении некоторого семейства множеств объектов [14].

Важно отметить, что в своей преобладающей части определения понятия системы (с учетом естественного терминологического различия) основаны на использовании фактора взаимодействия компонентов, которое в большинстве формулировок выступает решающим критерием системной организации. Однако недостаточно указать просто взаимодействие компонентов, не объяснив, каким образом в системе выбираются (организуются, формируются) реально существующие взаимосвязи из всего гипотетически возможного их множества. Если бы в сложной экономической системе все элементы (подсистемы) произвольно взаимодействовали друг с другом, то такое взаимодействие приводило бы не к системности, упорядоченности, а к хаосу.

Постулирование взаимодействия элементов системы, взятого само по себе, изолированно, приводит к

неконструктивности многих формулировок понятия системы. В этом отношении нельзя не согласиться с выдвинутым в работе [15] тезисом, что, несмотря на многолетнюю пропаганду, системный подход, в особенности общая теория систем Берталанфи не сделались достаточно популярными среди реальных исследователей и не повели к революционному преобразованию самой исследовательской практики.

В самом деле, как отмечалось в [15], что может, например, специфически системного извлечь исследователь-физиолог из определения, согласно которому система — это комплекс взаимодействующих компонентов, если взаимодействие является даже для начинающего исследователя аксиоматическим фактором жизни? Остается лишь добавить, что из такого определения системы (или любого эквивалентного ему) не больше специфически системного может извлечь и исследователь-экономист.

Примером введения в понятие системы упорядоченности элементов может служить предложенное в [16] определение системы как множества связанных между собой элементов (любой природы), имеющего тот или иной вид упорядоченности по определенным свойствам и связям и обладающего относительно устойчивым единством. Элементы множества должны иметь реальные связи между собой, иначе это будет частично или вполне упорядоченное множество, но еще не система. Но и это определение не дает ответа на два существенных вопроса, а именно не раскрывает, что упорядочивает распределение множества компонентов в системе и по какому критерию формируется это упорядочивание.

Достаточно исчерпывающий ответ на эти вопросы дает, по нашему мнению, определение, предложенное в работе [15]. Поэтому из всех известных в настоящее время определений системы оно представляется нам наиболее конструктивным. В нем ведущим компонентом понятия принят результат деятельности системы. Включение в системный анализ результата как решающего звена функционирования и развития системы существенно изменяет распространенные взгляды на нее. Прежде всего, оказывается возможным все направления как функционирования системы, так

и ее развития полностью представлять в терминах результата. Согласно [15], цели формирования системы могут быть выражены в ответах на вопросы о том, какой, когда именно и какими механизмами должен быть получен результат и как система убеждается в достаточности полученного результата.

По П. К. Анохину, системой может быть назван только такой комплекс избирательно вовлеченных элементов, у которых взаимодействие и взаимоотношение приобретают характер взаимосодействия элементов получению фокусированного полезного результата. Механизмом взаимодействия элементов является освобождение их от избыточных степеней свободы, которые не нужны для получения данного конкретного результата. В то же время сохраняются все те степени свободы, которые способствуют его получению. В свою очередь, результат через характерные для него обратные связи имеет возможность реорганизации системы путем создания такой формы взаимодействия между ее элементами, которая наиболее благоприятна для получения запрограммированного результата. Последний, таким образом, может рассматриваться в качестве неотъемлемого и решающего компонента системы, создающего упорядоченное взаимодействие между всеми ее элементами.

Везде в дальнейшем понятие системы (например, моделируемая экономическая система, многоуровневая система моделей) будет определяться как комплекс элементов, взаимодействие которых формируется для получения определенного конечного результата.

Таким образом, при построении многоуровневых систем моделей для планирования развития межотраслевых программных комплексов следует различать два аспекта применения элементов системного анализа. Один из них связан с рассмотрением объектов планирования как сложной экономической системы, включающей в себя следующие иерархические уровни: предприятие (объединение), отрасль, межотраслевой программный комплекс.

Второй аспект заключается в использовании многоуровневых моделей на различных стадиях: перспективного, текущего и оперативного планирования (уп-

равления). При этом многоуровневые модели, используемые на различных стадиях планирования, должны образовывать систему именно в смысле их обязательного оперативного взаимодействия. Только в этом случае могут быть взаимоувязаны срок реализации программно-целевого комплекса, обеспеченность ресурсами и сроки поставок.

В качестве модели какого-либо уровня в многоуровневой системе оптимального отраслевого планирования развития межотраслевого программного комплекса может быть выбран ресурсный сетевой график, работы которого будут характеризоваться параметрами четырех категорий: оценками продолжительностей их выполнения и требуемых ресурсов, соответствующими им стоимостными оценками, а также объемами выпуска продукции [1]. Такая сетевая оптимизационная модель может рассматриваться в некотором смысле как результат синтеза упоминавшихся ранее двух направлений в разработке и использовании сетевых методов планирования и управления, и ее включение в многоуровневые оптимизационные системы весьма эффективно.

К числу основных положительных факторов применения ресурсных сетевых графиков в качестве оптимизационных моделей в системе перспективного отраслевого планирования следует отнести [10]:

возможность относительно простой оптимизации перспективного плана в динамике, что предопределяется самым существом сетевых моделей;

установление необходимых взаимосвязей во времени между различными этапами сооружения или реконструкции какого-либо объекта, а также между технологически взаимосвязанными этапами сооружения отдельных объектов;

дополнительные возможности учета связей рассматриваемой отрасли с сопряженными отраслями народного хозяйства посредством использования аппарата поставок;

практическое отсутствие жестких требований к виду зависимостей для комплекса учитываемых ограничений и принимаемой целевой функции (например, линейность, выпуклость и т. п.);