ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В. И. ДАНИЛОВ-ДАНИЛЬЯН, Э. Э. ДАНИЛОВА-ДАНИЛЬЯН,
И. Л. ЛАХМАН, А. А. РУБИН

(Москва)

В последние годы в нашей стране интенсивно разрабатывается теория оптимального функционирования социалистической экономики [1, 2]. Одна из характерных черт этой теории — органическое единство качественного анализа народнохозяйственных процессов и их количественного описания. Благодаря такому подходу к исследованию экономических проблем стало возможно глубже раскрыть механизм общественного производства и обмена в условиях социализма, сформулировать ряд фундаментальных выводов о дальнейшем совершенствовании системы планирования и управления народным хозяйством, а также создать методологические основы для построения моделей, описывающих отдельные хозяйственные объекты, и для разработки мероприятий, обеспечивающих практическую реализацию вычисленных по таким моделям оптимальных (или достаточно близких к ним) планов.

Несомненно, что разработка экспериментальных систем управления хозяйственными объектами на основе принципов теории оптимального функционирования является важнейшим средством развития и конкретизации этих принципов. На подобных системах должны проверяться полнота и корректность исходных предпосылок теории, возможность реализации вычислительных алгоритмов и экономическое содержание получаемых с их помощью результатов.

Вместе с тем уже теперь велико и непосредственно практическое значение таких систем. В ходе хозяйственной реформы расширяются права руководителей предприятий и производственных объединений в решении вопросов хозяйственной деятельности, что существенно усложняет функции управления на местах и требует, в частности, оперативного принятия решений в ответ на изменения экономической ситуации. Первой реакцией на такое усложнение функций управления было стремление к расширению и ускорению сбора информации, которая могла бы быть использована — во многих случаях лишь потенциально, а не практически — для целей управления. Это вызвало к жизни множество проектов автоматизированных информационных систем, однако эти системы сами по себе не являются достаточным средством для решения современных проблем хозяйственного управления. *Практика показала, что сердцевинной всякой автоматизированной системы обработки информации должна быть экономико-математическая модель управляемого объекта*, позволяющая синтезировать различные аспекты его деятельности и с учетом как внутренних, так и внешних ограничений обеспечить реализацию оптимального или близкого к нему режима функционирования объекта.

Такой подход, основанный на принципах теории оптимального функционирования социалистической экономики, использован для разработки системы оптимального текущего планирования и оперативного управления

крупным промышленно-транспортно-торговым комплексом по заготовкам, производству, транспортировке и реализации молока и молочных продуктов в Москве [3]. Хотя данный комплекс обладает определенной спецификой, которая учитывается в модели, он в то же время во многом типичен не только для молочной, но и ряда других отраслей промышленности. Поэтому мы полагаем, что использованные нами методы экономического анализа и математического моделирования могут быть достаточно широко применены в подобных разработках (ср., например, [4]).

ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА

Разрабатывая модель оптимального функционирования хозяйственного объекта, необходимо прежде всего тщательно проанализировать реальные условия, в которых протекает его деятельность. Экономический анализ должен вскрыть, какие из этих условий отражают существенные стороны действительности, а какие порождены недостатками сложившейся системы планирования и управления. Если абстрагирование от условий экономического характера, пусть даже и кажущихся незначительными, может привести к тому, что модель окажется практически бесполезной, то попытки учесть в модели произвольно устанавливаемые ограничения способны лишь закрепить имеющиеся недостатки.

Согласно теории оптимального функционирования народного хозяйства *внутреннее* управление в комплексе должно в значительной степени осуществляться на основе формализованных схем, выраженных в соответствующих алгоритмах. Извне комплексу задаются лишь показатели, непосредственно относящиеся к потребляемым им *внешним* ресурсам и производимым *внешним* продуктам. В дальнейшем мы последовательно руководимся этими принципами. Это, разумеется, не исключает использования в необходимых случаях экспертных решений. Подобные решения неизбежны в неполностью формализованных системах. Так, например, в нашем комплексе экспертным путем определяется множество потенциальных поставщиков сырья, производится агрегация предприятий — потребителей продукции комплекса, агрегация готовых продуктов и т. п. Следует, однако, подчеркнуть, что экспертные решения служат лишь одним из вспомогательных средств подготовки и обобщения информации для построения модели. Сам же процесс управления осуществляется на основе выводов, вытекающих из решения экономико-математической задачи, причем в ходе ее решения объективно оцениваются и уточняются принятые экспертные решения.

В настоящее время в процессе производства и снабжения населения столицы молоком и молочными продуктами участвует ряд хозяйственных объектов, подчиненных различным ведомствам. Чтобы обеспечить максимальный экономический эффект всей системы управления комплексом, следует исходить из общих народнохозяйственных интересов, а не из интересов какого-либо одного ведомства, хотя при этом возможно относительное «ухудшение» хозяйственных показателей некоторых объектов.

Каковы же структура и хозяйственные связи комплекса, обуславливающие характер модели и размерность задачи?

Поставкой основного сырья занято более 250 низовых и головных молочных заводов, осуществляющих закупку молока, сметаны и творога у совхозов и колхозов более 20 областей РСФСР. Эти заводы производят также первичную обработку сырья (очистку, охлаждение и т. п.), обеспечивают временное хранение его и сдачу на автотранспорт для доставки московским молочным заводам.

Производство готовой продукции осуществляют четыре крупных молочных завода, завод плавленых сыров, а также цех диетических продуктов, который в силу изолированного расположения и независимости технологии следует рассматривать как самостоятельный завод. Эти производственные предприятия составляют единый хозяйственный объект — московское производственное объединение «Молоко».

Обособленным хозяйственным объектом является *транспорт*, осуществляющий доставку сырья с низовых и головных заводов различных областей Российской Федерации на городские молочные заводы объединения, а также транспортировку готовой продукции от молочных заводов в предприятия торговли и общественного питания. Транспортировкой сырья заняты ежедневно более 250 специализированных автотермоцистерн различных емкостей, кроме того, часть сырья доставляется по железной дороге. Готовая продукция объединения развозится ежедневно более чем на 500 автомобилях.

Реализуется готовая продукция через разветвленную сеть магазинов, предприятий общественного питания, детских учреждений, предприятий Мосгоснабпродторга и других, насчитывающих в общей сложности более 3000 пунктов. Все эти предприятия, реализующие продукцию комплекса, в дальнейшем для краткости будем называть потребителями.

Таким образом, выделяются звенья рассматриваемого комплекса: поставка сырья, транспортировка сырья, производство готовой продукции, ее развозка и, наконец, реализация населению. Включение в комплекс звеньев «поставка сырья» и «реализация готовой продукции» является на данной стадии исследования односторонним в том смысле, что влияние на них других звеньев не рассматривается.

Отметим тесную взаимосвязь функционирования различных звеньев комплекса. Особенно жесткие требования к слаженности их работы предъявляются в связи с тем, что молоко — скоропортящийся продукт. Вследствие этого торгующие организации заинтересованы во введении и строгом соблюдении постоянных графиков доставки готовой продукции, в противном случае невозможно стабилизировать торговлю: неизбежны либо потери вследствие порчи продукции, либо неоправданное сокращение объема заказов, вызывающее перебои в удовлетворении спроса. Аналогичные требования предъявляют и поставщики сырья, которые могут нести большие убытки из-за нерегулярной работы транспорта, перевозящего сырье. Предприятия объединения «Молоко» также заинтересованы в равномерном поступлении сырья и равномерной отгрузке готовой продукции, иначе трудно наладить ритмичный процесс производства. Что же касается транспорта, то строгие графики доставки сырья и готовой продукции усложняют его деятельность, и при существующей системе тарифов, оплаты труда шоферов и т. п. он экономически не заинтересован во внедрении таких графиков. Так интересы различных звеньев подчас не совпадают, а организационная разобщенность лишь усугубляет возникающие противоречия.

Необходимым условием деятельности комплекса должна быть экономическая заинтересованность каждого звена в осуществлении цели, стоящей перед всем комплексом. Для этого требуется разработка единой модели оптимального функционирования комплекса, обеспечивающей решение вопросов текущего планирования и управления. Расчеты по такой модели позволят получить управляющую информацию, необходимую для оперативного руководства отдельными хозяйственными объектами, а также исходные данные для перспективного планирования.

УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА И КРИТЕРИИ ОПТИМАЛЬНОСТИ

Выяснение условий функционирования хозяйственного объекта и установление критерия оптимальности его плана — основная задача экономического анализа, предшествующего составлению математической модели оптимизации. Эта задача является формальной и допускает алгоритмическое решение лишь в том случае, когда данный объект включен в качестве одного из элементов в более сложную систему («надсистему»), критерий оптимальности и общие ограничения которой известны и более того — количественно описаны. Тогда критерий оптимальности и внешние ограничения исследуемого объекта получаются формальной редукцией критерия оптимальности и глобальных ограничений системы, в которую входит этот объект, причем вид редукции предопределяется алгоритмом оптимального планирования (см., например, [5, 6]).

Различные алгоритмы оптимизации экономических систем приводят, вообще говоря, к различным локальным критериям оптимальности и различным видам редукций глобальных ограничений на локальные объекты. По-видимому, нет оснований утверждать, что какой-либо из этих алгоритмов всегда предпочтительнее остальных: все зависит от конкретных экономических условий. Несомненно также и то, что алгоритмический «архонал» теории оптимального функционирования еще далек от полноты и универсальности. Однако можно предполагать, что в текущем планировании, особенно при линейных зависимостях затрат и выпуска от интенсивности использования технологических способов, для большинства экономических объектов наиболее естественным локальным критерием оптимальности является *прибыль* (возможно, несколько модифицированная с целью, например, обеспечения стабильности функционирования объекта и т. д.). Максимизация прибыли дает тем лучшие результаты, чем ближе цены, используемые при ее вычислении, к оценкам оптимального плана. Насколько же близки эти цены к оптимальным, может показать лишь расчет оптимального плана для системы, включающей управляемый объект.

К сожалению, такой формальный метод в настоящее время неприменим к комплексу, обеспечивающему население Москвы молоком и молочными продуктами. Экономическая разобщенность объектов этого комплекса препятствует построению экономико-математической модели для уровня иерархии, который непосредственно, без промежуточных уровней сона держал бы все объекты комплекса в качестве своих элементов. Правда, в принципе различные звенья могут быть объединены не непосредственно в ближайшей «ступеньке» иерархии, а каким-то более высоким ее уровнем (межведомственным). На практике это, по-видимому, наиболее распространенный случай. Так или иначе в результате решения задачи на более высоком уровне иерархии были бы получены цены на продукты, потребляемые и выпускаемые комплексом, и, возможно, некоторые другие управляющие показатели. Руководствуясь ими и стремясь к максимизации прибыли, комплекс обеспечивал бы наилучшее (при заданных показателях) удовлетворение спроса населения. Однако проблемы формирования такой иерархии и построения соответствующих экономико-математических моделей исследованы еще крайне слабо. В этих условиях задача исследования заключается в том, чтобы путем неформального анализа особенностей объекта и его внешних связей, общих представлений о его значении и роли в экономическом процессе предложить и формализовать критерий оптимальности и ограничения модели объекта на основе общих положений теории оптимального функционирования. В нашем примере это облегчается следующими обстоятельствами.

Во-первых, конечная продукция комплекса — потребительские блага, более того — в известном смысле их наиболее простая разновидность — продукты питания, что существенно упрощает определение потребностей в продукции комплекса (при данных доходах населения и ценах).

Во-вторых, в силу специфических свойств этих продуктов явно экономически нецелесообразны дальние перевозки и значительно ограничена возможность длительного хранения (это относится и к основному сырью), что позволяет, во всяком случае в первом приближении, рассматривать лишь относительно небольшой район производства и потребления.

В-третьих, комплекс в настоящее время и, по-видимому, на ближайшие годы располагает ресурсами и производственными мощностями, необходимыми для удовлетворения потребности в его продукции, по крайней мере в той степени, в какой эту потребность отражают заказы торговых и прочих организаций.

Все это позволяет рассматривать данный комплекс как относительно самостоятельную экономическую единицу, для которой может быть четко сформулирован критерий оптимальности и определена система ограничений. Поскольку производственные, трудовые и сырьевые ресурсы достаточны для удовлетворения потребительского спроса, то план выпуска продукции для комплекса в целом можно считать известным. Задание величины спроса в каждом пункте потребления формирует основную группу ограничений.

В качестве критерия оптимальности комплекса мы считаем целесообразным принять прибыль, несмотря на то, что цены на сырье, готовую продукцию, ставки зарплаты, транспортные тарифы и т. д., которые используются при вычислении прибыли, сегодня все еще далеки от оптимальных. По мере совершенствования ценообразования применение этого критерия будет давать все более качественные результаты без какой-либо перестройки модели.

Так как в нашем случае план выпуска продукции зафиксирован, то доход от ее реализации является постоянной величиной. Следовательно, максимизация прибыли эквивалентна для рассматриваемого комплекса минимизации общих затрат (на приобретение и транспортировку сырья, собственно производство, транспортировку полуфабрикатов и готовой продукции). Критерий затрат мы и принимаем в модели, поскольку это избавляет от необходимости исчислять постоянный член — доход от реализации продукции, не влияющий на результаты оптимизации.

ОГРАНИЧЕНИЯ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА

В соответствии с изложенным функционирование комплекса должно подчиняться следующим ограничениям по: (1) возможностям каждого из поставщиков сырья; (2) организации доставки сырья транспортом; (3) производственным возможностям предприятий; (4) балансам на каждом предприятии всех видов сырья, внешних полуфабрикатов* и готовой продукции; (5) развозке готовой продукции; (6) заказам каждого из потребителей на все виды готовой продукции.

Каждое из линейных ограничений (1) содержит в правой части известный плановый показатель общего объема поставок сырья соответствующим головным или низовым заводам, а в левой части — сумму величин (определяемых из решения задачи) поставок сырья с данного головного или низового завода каждому из производственных предприятий.

* Промежуточный продукт будем называть *внешним полуфабрикатом*, если допущается его перевозка с одного производственного предприятия на другое; в противном случае будем называть его *внутренним полуфабрикатом*.

Ограничения (2) регламентируют систему доставки сырья с головных и низовых заводов на производственные предприятия. Выполнение этих ограничений обеспечивает, с одной стороны, равномерность поступления сырья и, с другой — регулярность его отгрузки. Учитывается время погрузки, собственно транспортировки и разгрузки, а также возможная емкость автоцистерн.

Ограничения (3) включают балансовые соотношения по внутренним полуфабрикатам и ограничения по мощности наличного оборудования, в том числе холодильников. Правые части этих последних ограничений — пропускные способности или фонды времени эксплуатации различных видов оборудования на плановый период. Балансовые соотношения описывают сложные зависимости потребления и выпуска внутренних полуфабрикатов от соотношения применяемых технологических способов производства и режимов хранения*, интенсивности использования которых являются неизвестными.

Технологический способ определяется как технологический маршрут, при реализации которого используется несколько видов оборудования (возможно, один). Выделение конкретных технологических маршрутов может производиться различными путями.

В одном из крайних случаев технологические маршруты заменяются элементарными технологическими операциями, связанными с использованием только одного вида оборудования (см. [7]). В другом крайнем случае выделяются технологические маршруты максимальной длины, т. е. для каждого вида готовой продукции или выходного полуфабриката полностью прослеживается цепочка всех преобразований, так или иначе связанных с его изготовлением. Каждый из этих двух подходов имеет свои достоинства и недостатки. Второй подход более нагляден и, как правило, приводит к задаче меньшей размерности, но более сложной структуры, так как приходится явно учитывать функционирование каждой установки во всех маршрутах, предполагающих ее использование. Наоборот, первый подход приводит к задаче очень простой структуры, так как каждой установке соответствует одно ограничение, которое не содержит неизвестных, входящих в ограничения для других установок («строчная» задача), но при этом, как правило, увеличивается размерность задачи, поскольку приходится включать в рассмотрение много внутренних полуфабрикатов. На наш взгляд, во многих конкретных случаях, в том числе и в данном, наиболее целесообразно использовать комбинацию этих двух подходов, объединяя последовательно взаимозависимых операций на различных видах оборудования в маршруты тогда, когда это не приводит к существенному усложнению структуры задачи.

На каждом предприятии для каждого вида сырья, внешних полуфабрикатов и готовой продукции должно быть выполнено балансовое соотношение следующего типа (ограничение (4)):

$$\text{ввоз} + \text{производство} \geq \text{производственное потребление} + \text{вывоз.}$$

Эти балансовые соотношения подобно балансовым соотношениям из группы (3) описывают зависимости производственного потребления различных видов сырья, внешних полуфабрикатов и готовой продукции от интенсивности использования различных технологических способов производства и режимов хранения, но в отличие от балансов по внутренним

* Таким образом, рассмотрение режимов хранения как разновидностей технологических процессов позволяет наряду с оптимальным планом выпуска продукции найти оптимальный план создания и использования запасов.

полуфабрикатам включают также и другие неизвестные: объемы поставок сырья, внешних полуфабрикатов и готовой продукции.

Ограничения (5) по развозке готовой продукции предопределяют составление кольцевых маршрутов и графиков движения по ним с учетом времени погрузки и разгрузки автотранспорта, грузоподъемности и количества различных видов автомашин, момента доставки (для некоторых потребителей он фиксирован, а для других определяется на весь плановый период из решения задачи), необходимости относительной равномерности отгрузки готовой продукции с каждого из производственных предприятий и т. д. Так же как и ограничения (2), эти ограничения имеют существенно целочисленный характер.

Линейные ограничения (6) гарантируют удовлетворение заказов потребителей по всей номенклатуре производимой продукции; объем заказов указывается в правых частях ограничений, левые части — суммы неизвестных объемов поставок готовой продукции соответствующим потребителям от всех предприятий. В настоящее время используются заказы потребителей, составление которых предоставлено полностью им самим. В дальнейшем намечаются разработка и рекомендация методов определения этих заказов на основе статистического изучения и прогнозирования спроса.

Каждая из перечисленных групп ограничений имеет существенное значение и должна быть учтена при постановке и решении проблемы оптимизации функционирования комплекса. Однако это не означает, что все они должны быть включены в одну задачу математического программирования. Во-первых, такая задача имела бы колоссальную размерность и не могла бы быть решена при помощи современных ЭВМ. Во-вторых, это было бы нецелесообразно с экономической точки зрения, так как означало бы отказ от учета иерархичности структуры комплекса и характера экономических отношений между отдельными его частями.

Уточним в связи с этим, на какие вопросы дало бы ответ решение описанной задачи оптимизации: 1) прикрепление поставщиков сырья к производственным предприятиям; 2) специализация производственных предприятий; 3) план обмена внешними полуфабрикатами; 4) прикрепление потребителей к производственным предприятиям; 5) расписание доставки сырья и закрепление автотермоцистерн различных емкостей за маршрутами; 6) производственно-технологические планы заводов объединения; 7) определение маршрутов и расписание развозки готовой продукции потребителям.

Не следует думать, что решение каждой из этих плановых задач определяется лишь какой-либо одной из указанных выше групп ограничений. Наоборот, в каждом случае все шесть групп ограничений, как уже отмечалось, являются существенными. Например, для прикрепления какого-либо потребителя к тому или иному производственному предприятию следует сопоставить затраты на транспортировку продукции от различных предприятий данному потребителю с затратами на доставку сырья и изготовление продукции на этих предприятиях, а также учесть их производственные возможности. Величина же названных затрат в оптимальном плане зависит в конечном счете от ограничений всех шести групп.

Из семи названных плановых задач первые четыре касаются функционирования комплекса в целом; назовем их *глобальными* в отличие от трех остальных, *локальных*, касающихся лишь *подкомплексов* (одно из предприятий объединения вместе с закрепленными за ним потребителями готовой продукции и поставщиками сырья). Если решены глобальные задачи, то для каждого подкомплекса соответствующие ему локальные задачи оптимизации решаются независимо от задач других подкомплексов (при

этом для решения на оптимум глобальных задач необходима информация о множествах допустимых планов предприятий). Таким образом, организационная иерархия комплекса непосредственно порождает иерархию задач планирования и управления. Использование этого факта позволяет решить все семь упомянутых задач в рамках единой системы планирования и управления комплексом, не сводя их, однако, в единственную задачу математического программирования.

Оптимизация функционирования экономических объектов с иерархической структурой была предметом многих исследований, выполненных в последнее время в нашей стране и за рубежом. В большинстве из них иерархичность так или иначе «обигрывается» в алгоритме вычисления оптимального плана объекта, но не раскрывается экономически, алгоритм не увязывается органично с реальным процессом составления плана и его реализации. Между тем использование иерархии как в решении математической задачи, так и в организации управления имеет исключительно важное теоретическое и практическое значение. Это связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, для подавляющего большинства планово-экономических задач оптимизации характерна неустранимая неточность исходной информации. Во-вторых, неизбежны случайные возмущения в процессе реализации вычисленных планов вследствие стохастического характера природных, производственных и социальных процессов, а также технического прогресса. Поэтому *точное* вычисление оптимальных планов, как правило, лишено экономического смысла; вполне достаточно приближенного решения задачи оптимизации (правда, допустимая погрешность приближения редко может быть определена при помощи современных методов математического программирования). Поэтому среди всех допустимых решений задачи выделяется некоторое множество планов, каждый из которых можно считать удовлетворительным приближением к оптимальному. Но всякий такой план в процессе выполнения будет нуждаться в уточнении и корректировке.

Все сказанное имеет к модели оптимального планирования рассматриваемого комплекса самое непосредственное отношение. Здесь и неточность исходной информации (например, данных о производственных мощностях оборудования, нормативов затрат и выпуска при выполнении технологических операций, информации о транспортных сетях и средствах транспортировки и т. д.), и стохастичность производства и потребления (случайные колебания спроса, простой оборудования на производстве вследствие аварий, сбой при поставках сырья, «дорожные происшествия» при развозке готовой продукции и т. д.). Таким образом, оптимальный текущий план комплекса (на сезон или год) может быть только приближенным. Такой план должен корректироваться на уровне комплекса в целом лишь в случае существенных изменений условий, для которых он составлялся (например, авария на производстве, приводящая к продолжительной остановке важной технологической линии, или выход из строя транспортной магистрали, вследствие которого изменяются многие характеристики транспортной сети). Пересмотр же этого плана на уровне управления комплексом при незначительных возмущениях (изменение спроса некоторых потребителей, аварии на производстве, приводящие к кратковременным простоям) означал бы игнорирование иерархичности структуры системы. Детализация и уточнение текущего плана комплекса — задача оперативного планирования (на сутки или смену) и управления его отдельными подразделениями. Но для того, чтобы эта задача в каждом подразделении была решена так, чтобы получить наибольшее приращение критерия оптимальности комплекса в целом, т. е. в соответствии с глобальными интересами, необходимо создать такие условия функционирования

подкомплексов, которые обеспечили бы совпадение глобальных и локальных интересов. Это достигается редукцией на каждый подкомплекс глобальных ограничений и глобального критерия.

Неизбежность погрешностей при вычислении оптимального текущего плана всего комплекса является формальным обоснованием допустимости составления этого плана в укрупненной, а не детализированной номенклатуре. Количественной же мерой такого укрупнения должна служить сопоставимость отклонений значения критерия оптимальности, вычисленного на основе агрегированных показателей, и ошибок, связанных с неточностью исходных данных и стохастичностью процесса реализации плана. В этом аспекте важнейшее значение имеют детализация и уточнение текущего плана при оперативном планировании и управлении подкомплексами, которым должна быть предоставлена определенная хозяйственная самостоятельность, позволяющая при функционировании системы путем использования механизма горизонтальных связей исправлять ошибки, возможные в результате агрегации [8].

Итак, в соответствии с теорией оптимального функционирования народного хозяйства и сложившейся практикой система планирования и управления рассматриваемым комплексом основана на использовании иерархичности его структуры. При этом реализуется принцип сокращения продолжительности планового периода и дезагрегации плановых показателей при переходе к более низкому уровню иерархии. Целью этой системы является обеспечение реализации близкого к оптимальному режима функционирования комплекса. Система не предполагает вычисления на уровне управления комплексом таких планов, которые полностью регламентировали бы деятельность отдельных объектов. Наоборот, в процессе выполнения глобального текущего плана локальные объекты, функционирующие в условиях относительной хозяйственной самостоятельности, производят его уточнение и детализацию, получая «сверху» лишь показатели, координирующие их совместную деятельность.

ЗАДАЧА ТЕКУЩЕГО ПЛАНИРОВАНИЯ (ДЛЯ КОМПЛЕКСА В ЦЕЛОМ)

Из шести групп ограничений, которым должно подчиняться функционирование комплекса, ограничения по организации доставки сырья транспортом (2) и по развозке готовой продукции (5) явно имеют локальный характер. Рассмотрение этих ограничений может иметь смысл лишь в оперативном управлении. Остальные группы ограничений (1), (3), (4), (6) существенны для задачи оптимального текущего планирования. Однако в этой задаче используется укрупненная номенклатура, благодаря чему количество ограничений и переменных снижается. Агрегация производится с учетом потребительских свойств продуктов и сходности технологических способов их производства только в натуральных показателях (например, творог в единицах веса независимо от вида фасовки и т. д.).

Затраты на приобретение сырья и собственно производство, входящие в критерий оптимальности задачи текущего планирования, вычисляются для агрегированных продуктов. Сложнее обстоит дело с затратами на транспортировку сырья, внешних полуфабрикатов и готовой продукции, так как при текущем планировании мы вынуждены игнорировать те факторы формирования этих затрат, которые связаны с простоями транспорта, необходимостью соблюдать графики отправок и прибытий, замкнутостью маршрутов при развозке готовой продукции, разнообразием типов используемых автомашин и автоцистерн и т. д. Поэтому затраты на транспортировку должны быть отражены в критерии оптимальности задачи текущего планирования огрубленно, с помощью синтетических показателей. Важно при этом не исказить соотношение между затратами на при-

обретение сырья и собственно производство и затратами, связанными с транспортировкой. Иными словами, с помощью синтетических показателей необходимо получить величину транспортных расходов для каждого варианта прикрепления с такой же точностью, которая характеризует затраты на производство данной продукции. Такие синтетические показатели служат одним из видов исходной информации для решения задачи прикрепления поставщиков сырья и потребителей готовой продукции к производственным предприятиям. В нашей модели существенным упрощающим обстоятельством является то, что количество производственных предприятий (5) весьма невелико в сравнении с числом поставщиков сырья (около 250) и тем более числом потребителей готовой продукции (около 3000). Поскольку, кроме того, поставщики сырья и потребители готовой продукции географически расположены относительно равномерно, средние затраты на транспортировку (с учетом специфических факторов) в расчете на 1 км пути с успехом могут быть использованы в качестве синтетических показателей в критерии оптимальности задачи текущего планирования. Таким образом, учет транспортных затрат производится здесь так же, как в классической транспортной задаче, а за коэффициенты удельных затрат принимаются упомянутые средние величины.

Итак, задача оптимального текущего планирования на уровне комплекса оформляется в виде задачи линейного программирования с ограничениями (1), (3), (4) и (6) и критерием оптимальности, включающим затраты на приобретение сырья, производство конечной продукции и условные транспортные затраты на все виды перевозок. Подобная задача (с несущественными модификациями) рассмотрена в [9], где проведен ее экономико-математический анализ, в частности, выяснен смысл двойственных переменных, и предложен итеративный алгоритм расчета оптимального плана, учитывающий иерархическое строение комплекса.

В результате решения этой задачи для каждого производственного предприятия определяются: 1) низовые и головные молочные заводы, снабжающие его сырьем («источники сырья»); 2) потребители, заказы которых на готовую продукцию предприятие должно удовлетворять («зона обслуживания»); 3) ориентировочный производственно-технологический план; 4) агрегированная номенклатура выпуска готовой продукции и внешних полуфабрикатов (специализация). Кроме того, определяется план обмена внешними полуфабрикатами между предприятиями.

Если определение источников сырья и зоны обслуживания для каждого производственного предприятия является основной целью решения задачи оптимального текущего планирования на уровне комплекса, то получение ориентировочных производственно-технологических планов и в известной мере специализации предприятий — «побочный продукт» расчетов. Это означает, что если предприятия комплекса будут поставлены в такие условия, при которых их собственные интересы соответствуют интересам комплекса, то установление для каждого из них только источников сырья и зоны обслуживания (редукция глобальных ограничений) является вполне достаточным средством обеспечения выхода каждого производственного предприятия в рамках его самодействия на режим функционирования, близкий к оптимальному. В таких условиях, учитывая неточность исходных данных и стохастический характер производства и потребления, ориентировочные производственно-технологические планы и специализацию предприятий целесообразно рассматривать лишь как *рекомендации* планирующего органа (подробнее об этом см. ниже).

Важнейшее значение для управления комплексом имеют двойственные переменные (оценки оптимального плана). Ограничениям (1) соответствуют оценки, являющиеся аналогами транспортных потенциалов для

поставщиков сырья. Относительно большие значения этих оценок указывают на целесообразность повышения мощности характеризуемых ими головных и низовых заводов. Двойственные переменные, соответствующие ограничениям (3), представляют собой прокатные оценки видов оборудования каждого производственного предприятия комплекса. Эти оценки вскрывают узкие места каждого предприятия и их следует учитывать при составлении перспективных планов расширения и реконструкций предприятий, а также при выделении средств на профилактический капитальный ремонт, который должен быть тем менее продолжительным, чем выше прокатная оценка соответствующего вида оборудования. Ограничениям (4) соответствуют оценки всех видов сырья, внешних полуфабрикатов и готовой продукции на каждом предприятии. Эти оценки особенно важны в оперативном управлении комплексом и при формировании локальных критериев оптимальности.

Как и многие другие алгоритмы, использующие иерархичность структуры экономического объекта, упомянутый алгоритм [9] предусматривает на каждой итерации обмен информацией между планирующим органом комплекса и отдельными предприятиями (или моделирование такого обмена). «Сверху» сообщаются оценки всех внешних продуктов (сырья, полуфабрикатов и конечной продукции), вычисленные к текущей итерации, «снизу» — производственные планы, максимизирующие прибыль в этих оценках. В нашем случае производственные планы, сообщаемые «наверх», должны содержать лишь объемы (в натуральном выражении) производства и потребления внешних продуктов в агрегированной номенклатуре. Вопрос о заинтересованности отдельных предприятий сообщать «наверх» точную информацию о своих производственных возможностях обсуждается в следующем разделе.

Возможны два пути реализации алгоритма оптимального планирования такого типа. Первый связан с использованием различных ЭВМ в центре и на местах: «задача комплекса» решается на центральной машине, а локальные задачи оптимизации рассчитываются на машинах, установленных на предприятиях. Обмен информацией производится при помощи каких-либо каналов связи. Использование этого пути целесообразно в случае сложных локальных задач (здесь они решаются одновременно на различных машинах) и неизбежно, если глобальная и (или) локальные задачи неполностью формализованы и решаются при помощи человеко-машинных систем, когда между итерациями необходимы «паузы» для вмешательства человека. Второй путь допускает моделирование такого процесса на одной ЭВМ. В этом случае необходимо иметь модели принятия планового решения для каждого предприятия (конечно, при таком подходе проблема заинтересованности предприятий в предоставлении точной информации о своих производственных возможностях не снимается, так как построение удовлетворительных моделей предприятий вряд ли возможно без участия самих предприятий). Для расчета текущих планов рассматриваемого комплекса избран второй путь, так как локальные модели достаточно просты, а для ускорения сходимости процесса используется прием одновременной балансировки ограничений глобальной и локальных задач, описанный в [10].

ОПТИМАЛЬНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ КОМПЛЕКСА

Как следует из предыдущего раздела, текущий план (на год или сезон) для комплекса в целом устанавливает каждому производственному предприятию зону обслуживания и источники сырья (выделяются «под-

комплексы»). Поскольку при составлении этого плана орган управления комплексом использовал заказы потребителей на весь плановый период и притом в укрупненной номенклатуре, после выделения зон обслуживания необходима детализация плана. Каждый потребитель представляет обслуживающему его производственному предприятию заказ в дезагрегированной номенклатуре на каждый день планового периода (целесообразно, конечно, учитывать циклические колебания спроса и вместо перечисления всех календарных дней подряд устанавливать заказ для каждого из «типовых» дней).

Заказ является важнейшим хозяйственным документом, определяющим отношения между производственным предприятием и потребителем готовой продукции, и имеет характер *договора*. Отказ предприятия поставить или потребителя получить заказанное количество продукции последует экономическими санкциями. (В наши цели не входит обсуждение подобных мер в отношении торговых организаций; о штрафах, налагаемых на производственные предприятия, сказано ниже при обсуждении локального критерия оптимальности.) Однако, если фактический спрос в каком-либо пункте окажется превышающим прогнозированный, и предприятие в состоянии его удовлетворить, целесообразно отступление от договора в рамках самодействия производственного предприятия и потребителя готовой продукции (для предотвращения занижения заказов торгующие организации необходимо поставить в условия, когда реализация заказанной продукции более выгодна, чем продукции, полученной сверх первоначального заказа).

В качестве критерия оптимальности функционирования предприятия используется прибыль, вычисляемая в оценках оптимального текущего плана. Этот критерий получается формальной редукцией критерия оптимальности всего комплекса на отдельное предприятие.

Каждый вид продукции, который с точки зрения управления комплексом в целом целесообразно производить на данном предприятии, в оценках оптимального текущего плана комплекса не может быть убыточным с точки зрения самого предприятия. Поэтому использование прибыли в качестве локального критерия оптимальности стимулирует предприятия сообщать «наверх» точную информацию о своих производственных возможностях, ибо, стремясь к максимизации прибыли, каждое из них заинтересовано в закреплении за ним зоны обслуживания с таким объемом потребления, который соответствует этим возможностям. Кроме того, этот критерий стимулирует разумное использование и экономию ресурсов, как подчиняющихся глобальным ограничениям (сырье, внешние полуфабрикаты), так и внутренних и нелимитируемых (производственные мощности, энергия и т. д.).

Использование прибыли в качестве локального критерия оптимальности было бы возможно без всяких поправок, если бы не требовалось принять меры для предотвращения срыва выполнения отдельных заказов вследствие случайных незначительных сбоев в производстве. В самом деле, потери, вызываемые непродолжительными аварийными простоями оборудования, можно было бы компенсировать, используя резервы, имеющиеся на других производственных предприятиях комплекса. Разумеется, приобретение у них продукции (вместо ее собственного производства) предприятием, на котором произошел сбой, невыгодно для этого предприятия, вынужденного нести дополнительные расходы на транспортировку (ведь распределение заданий между предприятиями произведено в текущем плане оптимально). Однако на такие дополнительные расходы пойти необходимо, иначе не будут выполнены ограничения на удовлетворение спроса. Поэтому целесообразно дополнить критерий прибыли штрафами

за невыполнение заказов. Размеры штрафов должны несколько превышать любые потери, которые может нести предприятие, заключая одновременные сделки по поставкам продукции с другими предприятиями. Поскольку одновременно с вычислением оптимального текущего плана мы получаем оценки различных видов продукции на всех предприятиях комплекса и, следовательно, полную информацию об условиях, при которых рентабельны для предприятий-поставщиков подобные сделки, определение целесообразных размеров штрафов не составляет труда. Предоставление предприятиям права заключать между собой разовые сделки, т. е. введение прямых связей между ними, сообщает системе известную гибкость, обеспечивающую полное удовлетворение реального спроса при функционировании системы в режиме, близком к оптимальному.

При оперативном управлении функционированием отдельного подкомплекса возникают следующие задачи: 1) составление оптимального производственного плана предприятия (на сутки или смену); 2) составление оптимального плана транспортировки сырья; 3) составление оптимального плана развозки готовой продукции.

Поскольку производственная деятельность предприятия должна быть согласована с графиками поступления сырья и отгрузки готовой продукции, следовало бы говорить о единой задаче, охватывающей все три названных вопроса. Однако вполне правомерно выделить эти три вопроса как относительно независимые, предоставив согласование получаемых планов (возможно, в несколько итераций) человеко-машинной системе, так как расходы на автоматическое решение единой задачи были бы чрезмерно велики в сравнении с возможным эффектом.

Задача производственного планирования заключается в определении режимов работы всех видов оборудования, имеющегося на предприятии, для обеспечения фиксированного выпуска продукции при максимизации показателя прибыли (включение или исключение штрафов за невыполнение заказов не влияет на внутрипроизводственное планирование, так как регламентирует лишь отношения с другими предприятиями при авариях). При решении этой задачи следует учитывать иерархическое строение каждого предприятия, однако здесь иерархия используется лишь для облегчения вычислительного процесса оптимизации, поскольку в нашем случае на внутризаводских уровнях управления вряд ли целесообразно самодействие: здесь следует стремиться к точному выполнению установленного плана.

Вместе с решением этой задачи получают полные оценки всех видов продукции (сырья, полуфабрикатов и готовой продукции), которые наряду с локальными учитывают и глобальные факторы, так как в критерии оптимальности используются глобальные оценки. Полные оценки позволяют определить вклад работников, обслуживающих каждую технологическую установку, в локальный критерий оптимальности предприятия и тем самым в критерий оптимальности всего комплекса. С помощью этих же оценок можно определить размеры ущерба, наносимого авариями (если вызываемые ими изменения условий функционирования не выводят полные оценки из области их устойчивости).

Если задачу производственного планирования на сутки или смену решать, не рассматривая ограничений на распределение выпуска готовой продукции и поступления сырья по часам, то графики отгрузки готовой продукции и поступления сырья для задач транспортировки будут установлены. Наоборот, можно было бы решать задачи транспортировки без учета этих графиков и затем приспособлять производство к заданному режиму. Именно согласование расписаний и предполагается осуществить при помощи упомянутой выше человеко-машинной системы.

Разработка методов оптимизации сложных экономических комплексов представляет важное условие углубления теоретических исследований в области оптимального функционирования социалистической экономики и постепенного внедрения их результатов в хозяйственную практику. Всемерное развитие таких работ будет способствовать совершенствованию системы планирования и управления народным хозяйством страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обсуждение проблем оптимизации планирования и управления социалистической экономикой. Экономика и матем. методы, 1967, т. III, вып. 2.
2. А. И. Каценелинбойген, Ю. В. Овсиенко, Е. Ю. Фаерман. Методологические вопросы оптимального планирования социалистической экономики. Изд. ЦЭМИ АН СССР, М., 1966.
3. Э. Э. Данилова-Данильян, И. Л. Лахман, А. А. Рубин. Вопросы оптимального планирования и управления производственно-торговым комплексом. Материалы к Всес. конф. по применению эконом.-матем. методов и ЭВМ в отраслевом планировании и управлении. М., 1966 (ротапринт).
4. Л. О. Плискин. Оперативная оптимизация производственных комплексов непрерывного действия. Автоматика и телемеханика, № 2, 1967.
5. Я. Корнаи, Т. Липтак. Планирование на двух уровнях. В кн. Применение математики в экономических исследованиях. Т. 3. М., «Мысль», 1965.
6. Дж. Б. Данциг и Ф. Вульф. Алгоритм разложения для задач линейного программирования. «Математика», 8 : 1, 1964.
7. В. И. Данилов-Данильян. Модель и итеративный алгоритм оптимизации дискретного производства. Материалы I Всес. конф. по применению эконом.-матем. методов и ЭВМ в управлении промышленным предприятием. М., 1965 (ротапринт).
8. А. И. Каценелинбойген, Е. Ю. Фаерман. Сочетание централизованного планирования с самодействием отдельных хозяйственных единиц. Экономика и матем. методы, 1967, т. III, вып. 3.
9. В. И. Данилов-Данильян. Оптимизация производственно-транспортного комплекса. Экономика и матем. методы, 1967, т. III, вып. 3.
10. В. И. Данилов-Данильян. Задачи большой размерности и итеративные методы оптимального планирования. В сб. программ и алгоритмов для решения на ЭЦВМ. М., «Статистика», 1967.

Поступила в редакцию
6 V 1967