

Моделирование экономических процессов

УДК 330.115

ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.Б.Перминов

В основе рассматриваемых методов лежит принцип "погружения" оцениваемой технологии в народнохозяйственный воспроизводственный процесс, для чего используется машинная имитационная модель последнего. Следует подчеркнуть, что влияние новой технологии на воспроизводственный процесс, как правило, весьма разнообразно и распределено во времени. Поэтому, чтобы оценить конечные результаты, нужно проследить целые цепочки взаимосвязей разных технологий и хозяйственных звеньев, по которым распространяется (усиливается или ослабляется) эффект от внедрения.

Плановые решения по внедрению новых технологий, например в виде соответствующих научно-технических программ, входят в качестве основных частей в государственные планы, переплетаясь, а возможно, и вступая в известное противоречие с другими плановыми заданиями, непосредственными интересами хозяйственных звеньев и их текущими возможностями. На пути внедрения даже заведомо эффективных технологий могут возникнуть препятствия организационного характера [1].

Самой элементарной ячейкой воспроизводственного процесса можно считать отдельную технологию. Это позволит нам проанализировать, насколько новая технология вписывается в сложившуюся технологическую структуру экономики.

Многие реальные процессы производства могут описываться так называемыми линейными технологиями, т.е. с помощью векто-

ров A_j , где j - индекс технологии, а элемент A_{ij} этого вектора есть коэффициент удельных затрат (выпуска) ресурса вида i (в широком смысле слова). Масштаб (объем) использования технологии j в единичный период времени τ обозначим через $H_{j\tau}$.

Ресурсы можно разделить применительно к каждой конкретной технологии j на 3 типа: а) затрачиваемые полностью в качестве сырья, материалов и т.п. (переменная $u_{ij} = -1$); б) элементы основных фондов ($u_{ij} = -2$); в) выпускаемая продукция ($u_{ij} = 1$).

Масштаб использования технологии зависит от его текущего наличия выделенных для нее ресурсов, определяемого параметрами $R_{ij\tau}$:

$$H_{j\tau} = \min_{u_{ij} < 0} R_{ij\tau} / A_{ij}.$$

Таким образом, с каждой технологией мы связываем определенные ресурсы, выделенные ей системой управления, которая представляет собой, по существу, надстройку над технологическими процессами превращения одних ресурсов в другие. Остатки ресурсов после применения технологии будут равны:

$$R_{ij\tau} := R_{ij\tau} + A_{ij} H_{j\tau} u_{ij} \text{ для всех } i \text{ таких, что } |u_{ij}| = 1. \quad (I)$$

В то же время технологии некоторых процессов (строительства, реализации целевых программ и т.п.) имеют сетевую структуру и моделируются более сложным образом, представляя собой совокупность элементарных работ (мероприятий), выполняемых в строго определенной последовательности. Обозначим через G_k сетевой график, соответствующий такого рода сетевой технологии k .

Для каждой работы q известны объемы D_{qki} ресурсов, которые необходимо предоставить, чтобы работа считалась выполненной. По экономическому смыслу это могут быть различные материальные и трудовые ресурсы, оборудование и другие затратные характеристики данного объекта, программы (сетевой технологии). Результаты применения указаны с помощью вектора Y_k параметров, где Y_{ik} определяет объем ресурса вида Y_{ik} , предоставляемого в распоряжение технологии с номером Y_{ik} в результате выполнения всех работ, предусмотренных сетевым

графиком G_k . Отметим, что время выполнения каждой работы есть переменная величина, зависящая от фактических поставок ресурсов.

Объект (программа) k характеризуется параметрами $\langle G_k, Y_k, D_k \rangle$, последний из которых меняется в ходе воспроизводственного процесса при условиях:

а) работа q может выполняться, т.е. соответствующие D_{qk} могут меняться, если уже выполнены все работы, предшествующие ей в смысле сетевого графика G_k ;

б) если все работы выполнены, т.е. $D_k \equiv 0$, то

$$R_{Y_{2k} Y_{3k} \tau} := R_{Y_{2k} Y_{3k} \tau} + Y_{1k}. \quad (2)$$

Основной рычаг управления в рассматриваемой системе - распределение ресурсов между технологиями (объектами, работами и т.п.). Это прежде всего поступление ресурсов извне (импорт, природные ресурсы и т.п.). Их получатель - либо технология j , либо работа q объекта k . Объем поступлений ресурса i в единичный период τ обозначим через $W_{i\tau}$, а между отдельными технологиями и работами эти ресурсы распределяются пропорционально заданным весам $E_{1ij\tau}, E_{2iqk\tau}$. Это внешние параметры модели.

Многие ресурсы воспроизводятся внутри системы в результате применения тех или иных технологий. Обозначим через $S_{1ijj\tau}$ объем поставки продукции вида i , выпущенной по технологии j_1 для использования в технологии j_2 . Аналогично, $S_{2ijqk\tau}$ означает объем поставки для использования в выполнении работ q объекта k .

Следовательно, в результате перераспределения ресурсов имеем:

$$R_{ij(\tau+1)} = R_{ij\tau} + \sum_{j_1} S_{1ij_1\tau} - \sum_{j_1} S_{1ij_1\tau} - \sum_{q,k} S_{2ijqk\tau} + E_{1ij\tau} \cdot W_{i\tau} - S_{3ij\tau} \quad (3)$$

$$D_{qk\tau} := D_{qk\tau} - \sum_j S_{2ijqk\tau} - E_{2iqk\tau} \cdot W_{i\tau} \quad (4)$$

для всех k и таких работ q , которые могут выполняться. Здесь $S_{3ij\tau}$ - поставки потребителям вне рассматриваемой системы.

В определении текущих значений основных управляющих параметров S_1, S_2, S_3 решающую роль играют разного рода "объ-

зательства", которые подлежат выполнению. Это, в первую очередь, плановые задания, договоры^{*)}, сделки, директивные поручения и т.п. Они носят конкретный адресный характер. Следует подчеркнуть, что обязательства далеко не всегда могут быть одновременно выполнены и тем самым нередко вступают в противоречие, конкурируют друг с другом в условиях ограниченности ресурсов. Обязательства, вообще говоря, неравноценны в глазах исполнителя. Каждому обязательству P_{1ij}, v_1 , P_{2ij}, v_2 или P_{3ij}, v_3 приписывается некоторый приоритет (соответственно π_1, π_2, π_3).

Механизм выполнения обязательств в значительной мере основывается на этих приоритетах, задающих разбиение всего множества на классы "приоритетности" в порядке убывания приоритета для каждой элементарной операции распределения между потребителями ресурсов в виде i , выпущенного по технологии j в объеме R_{ij} . Общая идея такова: ресурс распределяется между обязательствами последовательно (по приоритету), а между обязательствами с одинаковым приоритетом ресурс распределяется пропорционально требуемым объемам.

В момент τ применительно к каждой паре (i, j) имеется целый "портфель" обязательств с соответствующими приоритетами. То и другое суть управляющие параметры.

В итоге принятых в период τ решений каждое обязательство может быть: а) выполнено полностью, тогда соответствующий приоритет полагается равным нулю; б) выполнено частично, тогда фактически выполненные объемы из обязательств вычитаются; в) не выполнены совсем.

Итак, если задать параметры $\langle A, R, U, G, Y, D, W, E_1, E_2, P_1, P_2, P_3, \pi_1, \pi_2, \pi_3 \rangle$, то с помощью соотношений (1)-(4) определится траектория (H, R, S_1, S_2, S_3) , отражающая конечные результаты функционирования.

Параметры $P_1, P_2, P_3, \pi_1, \pi_2, \pi_3, E_1, E_2$, представляющие собой плановые задания (обязательства), "направляют", регламентируют ход функционирования. Сама описанная выше фор-

*) Договор может рассматриваться как взаимное обязательство двух или более сторон, а обязательство в рассматриваемом смысле - это часть договора, относящаяся к одному исполнителю.

мальная схема может рассматриваться как технологическая модель воспроизводственного процесса (ТМВП) или модель реализации плана [2], которая не включает в данном случае процесса оперативного управления и вообще какого-либо контура обратной связи "промежуточные результаты функционирования - плановые задания на предстоящие периоды". Последний представляет собой надстройку над чисто технологической структурой экономики и должен отражать свойства действующего хозяйственного механизма.

Группа параметров $\langle A, R_0, U, W, D, G, Y \rangle$ описывает технологические и ресурсные возможности системы. Они должны быть выявлены в ходе подготовки исходной информации и адаптации модели к конкретной задаче.

Управляющие параметры в данном процессе - это обязательства и их приоритеты. Как они возникают, корректируются, исчезают? Ответить на этот вопрос и означает описать алгоритм оперативного управления.

Наиболее простые обязательства - соответствующим образом разверстанные по единичным периодам времени τ плановые задания по поставкам. Они заданы извне и каждый единичный период τ дополнительно включается в "портфель обязательств". Недовыполненные обязательства, относящиеся к предыдущим периодам, остаются в "портфеле", но их приоритет автоматически увеличивается. Полностью выполненные обязательства исключаются из рассмотрения.

Первоначально все приоритеты могут, если нет особых соображений, быть одинаковыми. Они повышаются, если:

- 1) соответствующее обязательство остается невыполненным;
- 2) поставляемый ресурс является лимитирующим (в смысле соотношения (1)) для технологии-потребителя в настоящее время;
- 3) технология j , по которой производится поставляемый ресурс, и технология (объект)-потребитель находятся в распоряжении одного хозяйственного звена (организатора системы задана);
- 4) технология-потребитель является на фоне других более эффективной (выгодной);

5) выполнение соответствующего обязательства будет способствовать ликвидации отставания от намеченных контрольных цифр (агрегированных директивных плановых заданий).

Последний фактор нуждается в особом пояснении. Дело в том, что большую роль играют директивные задания (по выпуску про-

душки, вводу мощностей), установленные в разрезе пятилеток, отдельных лет и т.д.

Отклонения от этих заданий свидетельствуют о необходимости принятия оперативных мер либо путем установления для исполнителей дополнительных обязательств (с большим приоритетом), либо в форме повышения приоритета действующих обязательств, выполнение которых может внести наибольший вклад в ликвидацию отставания по тем или иным позициям плана.

В каждый момент Z мы имеем целую совокупность шкал оценок всех находящихся обязательств с точки зрения влияния перечисленных факторов. Итоговая шкала (совокупность приоритетов π_1, π_2, π_3) есть сумма (с заданными весами) указанных шкал. Веса агрегирования характеризуют хозяйственный механизм и являются внешними параметрами.

Учет каждого фактора в процессе функционирования обеспечивается определенной организационной структурой — контуром управления. Так, действие фактора I (повышение приоритета невыполненных обязательств) обеспечивается тем, что действующая система предусматривает "вложение" краткосрочных оперативных планов в планы для более длительных периодов. Поэтому если оперативный план сорван, то это влечет увеличение обязательств на последующие периоды. Задолженность не списывается, а наоборот, просроченные обязательства должны при прочих равных условиях выполняться в первую очередь. Следует заметить, что этот принцип имеет известные преимущества. Он обеспечивает подтягивание возникающих узких мест, но лишь в том случае, если распределяемый ресурс даст отдачу, а это возможно, когда он является лимитирующим (см. соотношение (I)).

Последнее обстоятельство выделено в качестве отдельного фактора 2. В организационном отношении это обеспечивается определенным "давлением", которое оказывается потребителем на поставщика непосредственно или через вышестоящие организации. Здесь возможны "полутона": дефицитность данного ресурса для потребителя может быть разной степени остроты, что зависит от размера имеющегося запаса. Можно сказать, что фактор I дает положительный эффект, если одновременно с ним действует фактор 2.

Действие фактора 3 (приоритет потребителю из того же хозяйственного звена) основывается на известной обособленности

звеньев и, следовательно, на стремлении при прочих равных условиях добиться лучших результатов функционирования предприятия, отрасли, района и т.п., а поставка ресурса этому может только способствовать. Последнее зависит от действия фактора 2, что может быть априори, в момент принятия решения, неизвестно.

Мы выделяли в качестве ячейки воспроизводственного процесса отдельную технологию, которая в физическом смысле может быть привязана к конкретным рабочим местам и основным фондам как к специфическим (неподвижным) ресурсам. Группировка их в хозяйственные звенья есть вопрос чисто организационный, затрагивающий не ресурсно-технологический аспект воспроизводственного процесса, а надстройку над ним - процесс управления.

Некоторые первичные структурные единицы, в которые входят конкретные технологии, обусловлены общностью используемых ресурсов (оборудование, труд и т.д.). Это такие структуры как участок, цех, предприятие. Другие структурные единицы (объединение, отрасли) создаются ради совершенствования процесса управления.

Фактор 4 (учет локальной эффективности технологии потребителя) предполагает соизмерение затрат и результатов применения технологии, что требует применения определенных цен. Наиболее простым показателем локальной эффективности технологии является ее прибыльность, которая зависит не только от действующих цен, но и от масштаба использования. Обсуждение свойств данного показателя не входит в нашу задачу; понятно, что есть и более тонкие и точные показатели эффективности, чем прибыльность. Но мы хотим прежде всего показать механизм действия данного фактора: чем больше эффективность (прибыльность) технологии-потребителя, тем больше шансов, что потребитель окажет давление на поставщика, поделившись с ним частью эффекта (прибыли). Форм такого перераспределения эффекта очень много. Следует, конечно, отметить, что эффект необязательно выступает в денежной форме.

Фактор 5 (давление со стороны агрегированных директивных заданий) обеспечивает увязку оперативных планов (в виде обязательств), а следовательно, и текущих решений со стратегическими целями функционирования системы.

На основе экспериментальных данных машинной имитации

воспроизводственного процесса можно оценить (спрогнозировать) объем применения каждой отдельной технологии и судить о том, соответствуют ли темпы ее внедрения необходимым требованиям.

Появляется возможность проанализировать на количественном уровне, что же сдерживает увеличение масштаба внедрения, а именно, какие ресурсы лимитируют применение новой технологии.

Необходимость в решении такой задачи возникает при увязке планов научно-технического развития с планами производства и распределения продукции, а также при распределении на народнохозяйственном уровне финансовых и материально-технических ресурсов между различными целевыми научно-техническими программами.

ЛИТЕРАТУРА

1. МЭНСФИЛД Э. Экономика научно-технического прогресса. - М.: Прогресс, 1970.
2. ПЕРМИНОВ С.Б. Имитационное моделирование процессов управления в экономике. - Новосибирск: Наука, 1981.

Поступила в ред.-изд. отдел
18.05.1984 г.