

2. J. Kornai, P. Wellisch. A kalkulatív Kamatlab és bértarifa a husszulejaratu gazdasagossagi szamitasokban. Közgazdasági Szemle, 1964, № 1.
3. A. A. Walters. Production and Cost Functions: An Econometric Survey. *Econometrica*, 1963, v. 31.
4. R. M. Solow. Technological Change and the Aggregate Production Function. *Rev. Econ. and Statist.*, 1957, v. 39.
5. R. M. Solow. Investment and Technical Progress. *Mathematical Methods in the Social Sciences*, Stanford, 1960.
6. R. M. Solow. Technical Progress, Capital Formation, and Economic Growth. *Amer. Econ. Rev.*, 1962, v. 52.
7. K. J. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas, R. M. Solow. Capital — Labor Substitution and Economic Efficiency. *Rev. Econ. and Statist.*, 1961, v. 43.
8. M. Brown, J. Popkin. A Measure of Technological Change and Returns to Scale. *Rev. Econ. and Statist.*, 1962, v. 44.
9. A. A. Walters. A Note on Economies of Scale. *Rev. Econ. and Statist.*, 1963, v. 45.
10. M. D. Intriligator. Embodied Technical Change and Productivity in the United States 1929—1958. *Rev. Econ. and Statist.*, 1965, v. 47.
11. Income and Output. U. S. Department of Commerce. OBE, Washington, 1958.
12. R. Attiyh. Effective Capital Series (статья не опубликована; данные заимствованы из работы [10].)
13. J. M. Knowles. The Potential Economic Growth in the U. S. Joint Economic Committee Study Paper 20, Washington, 1960.
14. Ipari adattár. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest, 1966.
15. Statisztikai Evkönyv, 1964. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest, 1965.
16. L. Rácz. Az állóalapok és a termelés összefüggése a magyar iparban. Budapest, 1966.
17. R. Goldsmith. A Perpetual Inventory of National Wealth. *Studies of Income and Wealth*, 1953, v. XIV (N. Y.).
18. I. Vinski. National Product and Fixed Assets in the Territory of Yugoslavia, 1909—1959. *Income and Wealth Series*, v. IX (London).
19. Gy. Szakolczai. A beruházási struktúra és a növekedési ütem összefüggése. Budapest, 1966, szeptember.

Поступила в редакцию
3 III 1967

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПОСТАВОК

Э. Б. ФИГУРНОВ

(Москва)

1. ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Оптимальный план производства должен решать одновременно и вопросы наилучших способов движения товаров и пребывания их в запасе с момента выпуска поставщиком до момента использования у потребителя. Теоретическая и техническая сложность составления в настоящее время оптимального плана ставит задачу поэтапной разработки допустимого плана, достаточно близкого к оптимальному.

Поскольку издержки общества на подготовку товаров к поставке (расходы на упаковку, хранение готовой продукции, погрузку и др.), а также расходы с момента получения товара потребителем до момента запуска в производство (выгрузка, приемка, подготовка к производству, хранение в запасе) мало зависят от прикрепления поставщиков к потребителям, задачу оптимизации плана производства и задачу на минимум транспортных издержек можно решать независимо от задачи календарного планирования поставок. Решение этих задач дает возможность решать задачу календарного планирования поставок, исходя из заданных объемов производства и заданного прикрепления поставщиков к потребителям.

Рациональная организация поставок зависит от большого числа факторов, часть которых носит нелинейный и вероятностный характер. Многие из них по-разному влияют на издержки поставщика, потребителя и транспортной организации. Так, при росте размера поставки увеличиваются издержки хранения товара у поставщика и потребителя. К этим издержкам следует отнести оплату работников складов, расходы по текущему содержанию и ремонту складов, амортизацию складских основных средств, издержки, связанные с естественной убылью и порчей товара при хранении. Увеличение размера поставки приводит к росту омертвленных оборотных средств. Вместе с тем рост размера поставок во многих случаях сокращает расходы общества на доставку товаров. Уменьшаются также некоторые виды издержек снабжения у поставщика и потребителя. Это издержки, связанные пропорционально числу поставок, а именно расходы по лабораторному испытанию каждой партии поставленного товара, канцелярские расходы по оформлению поставки (выписка счетов и т. п.), почтово-телеграфные расходы на извещение о прибытии груза, заработная плата лиц, выполняющих эти работы, частично расходы на командировки по заготовке материалов, штрафы за простой вагонов и др.

Однако главная трудность задачи календарного планирования поставок в том, что она имеет исключительно большую размерность. В СССР не менее 100 тыс. потребителей (предприятий, организаций, снабженческих баз), каждый из которых связан, допустим, со 100 поставщиками. В году 365 дней. Поэтому задача определения размеров и дат поставок, минимизирующих затраты общества по сбыту, транспортировке и снабжению,

будет включать не менее 3,65 млрд. неизвестных величин. Учет вероятностного характера действия некоторых факторов еще более увеличил бы ее сложность. В настоящее время такая задача технически не разрешима. Поэтому актуальной проблемой является разработка методов расчленения этой задачи на множество задач меньшей размерности, дающих решение, близкое к оптимальному.

Практика в настоящее время решает задачу календарного планирования поставок путем разбиения ее на множество задач, каждая из которых устанавливает размеры и сроки поставок отдельного товара поставщиком потребителю. Размеры и сроки поставок предприятия определяют в договорах, которые заключаются на основе нарядов и разнарядок, выданных поставщикам и потребителям плановыми органами.

Чтобы предприятие-потребитель могло обусловить в договоре сроки и размеры поставок, оно должно знать потребность в поставляемом товаре и сроки его запуска в производство. Во многих случаях ни точный размер потребности, ни точные сроки потребления предприятие указать не может. Тем не менее существующая система планирования снабжения, основанная на детерминизме, обязывает предприятие-потребитель указать в заявке на материалы точный размер будущей потребности и заключить договор на год вперед. По отношению к товарам со случайным характером потребления более целесообразной была бы такая организация производства и снабжения, при которой предприятия могли бы получать эти товары по мере возникновения потребности в них. Однако целесообразная система организации и планирования снабжения такими товарами — предмет специального исследования. Мы рассмотрим лишь вопрос выбора сроков и размеров поставок при существующей системе планирования снабжения. Поэтому выводы анализа справедливы постольку, поскольку потребность в товаре точно определима, поскольку целесообразна сама существующая система планирования снабжения.

Введем обозначения: S — объем производства (потребления) в плановом периоде; A — запас товара на начало планового периода; q — размер отдельной поставки; $\bar{q}$ — оптимальный размер поставки; q_c — размер страхового запаса; c — цена единицы изделия, не включающая стоимость его доставки; c_p — расходы на разгрузку, распаковку и складирование единицы товара или на упаковку и погрузку; c_n — постоянные издержки на одну поставку; c_x — издержки хранения единицы товара в день; c_t — транспортные расходы на единицу товара; c_s — себестоимость товара, не включающая издержек хранения; c_n — потери производства из-за отсутствия товара в день; p — допустимая вероятность нарушения производственного процесса; τ — случайная величина времени между датой отгрузки, обусловленной в договоре, и датой фактического получения товара, для которой: среднее значение — $\bar{\tau}$, плотность вероятности — $f(\tau)$, функция распределения — $F(\tau)$; i, j, o, k, s — индекс соответственно: товара ($i = 1, \dots, n$), потребителя ($j = 1, \dots, m$), поставщика o , дня планового периода ($k = 1, \dots, r, \dots, T$), порядкового номера поставки ($s = 1, \dots, Y$); T — год; t — интервал между двумя соседними поставками; E — плата за рубль оборотных средств, устанавливаемая на уровне норматива эффективности использования оборотных средств.

2. МИНИМИЗАЦИЯ СУММЫ ИЗДЕРЖЕК СНАБЖЕНИЯ И СБЫТА ПО ОТДЕЛЬНОМУ ТОВАРУ

Поставка товара обуславливает издержки как у производителя, так и у потребителей, обслуживаемых данным поставщиком, причем с изменением размеров и сроков поставок некоторые элементы этих издержек изме-

няются по-разному у поставщика и у потребителя. Поэтому почти неоспоримо, что для того, чтобы решение частной задачи календарного планирования поставок было близко к оптимальному, нужно рассматривать по меньшей мере планирование поставок одного товара от поставщика до всех его потребителей. Однако даже простейшая, довольно грубая, постановка такой задачи в настоящее время технически не разрешима.

Так, попытаемся решить задачу календарного планирования поставок при условии, что издержки по содержанию страхового запаса не учитываются, а цена товара и издержки его транспортировки, погрузки и разгрузки не зависят от размера поставки. Эта задача подчинена следующим ограничениям.

1. Имеющееся у потребителя количество товара в любой день должно быть не меньше необходимого:

$$A_j + \sum_{k=1}^r q_{kj} \geq \sum_{k=1}^{r+\tau_j} S_{kj}, \quad j = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, T.$$

Здесь S_{kj} — потребление товара j -м потребителем в k -й день планового периода; τ_j — среднее время доставки товара от поставщика к потребителю.

2. Количество товара, отгружаемого потребителям, в любой день не должно превышать количества товара, имеющегося у поставщика:

$$\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m q_{kj} \leq A_0 + \sum_{k=1}^r S_{k0}, \quad r = 1, \dots, T.$$

Здесь S_{k0} — выпуск товара поставщиком в k -й день.

3. $q_{kj} \geq 0, \quad k = 1, \dots, T; \quad j = 1, \dots, m.$

Введем дополнительную переменную X_{kj} , причем $X_{kj} = 1$, если $q_{kj} > 0$, и $X_{kj} = 0$, если $q_{kj} = 0$. Тогда критерий задачи, выражающий требование минимизации издержек снабжения, сбыта и пребывания товара в запасе, примет вид:

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^T \left[c_{xj} + \frac{E}{T}(c + c_{\tau j} + c_{xj} + c_{pj}) \right] \left(A_j + \sum_{k=1}^r q_{kj} - \sum_{k=1}^r S_{kj} \right) + \\ & + \sum_{k=1}^T \sum_{j=1}^m X_{kj} c_{пj} + c_{по} \sum_{k=1}^T X_{kj} + \sum_{r=1}^T \left[c_{x0} + \frac{E}{T}(c + c_{x0}) \right] \times \\ & \times \left(A_0 + \sum_{k=1}^r S_{k0} - \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r q_{kj} \right) = \min. \end{aligned}$$

Поставленная задача относится к классу задач целочисленного линейного программирования, приемлемых для практики методов решения которых пока не существует. К тому же решение задачи не дало бы искомого оптимума и по той причине, что оно не учитывает взаимосвязи между размерами поставок и величиной страхового запаса, а также величиной транспортных издержек. Однако соответствующая задача целочисленного стохастического программирования технически тем более не разрешима. Поэтому следует рассмотреть возможность дальнейшего расчленения задачи календарного планирования поставок, а также ее упрощения за счет уменьшения числа учитываемых факторов. В дальнейшем рассматривается лишь первая возможность.

Поскольку издержки поставщика по сбыту товара зависят не только от сроков и размеров поставок какому-либо отдельному потребителю, но и от сроков поставок данного товара другим его потребителям, экономически оправданная постановка задачи календарного планирования поставок от поставщика до какого-либо отдельного потребителя невозможна. В самом деле, нельзя исчислить минимум издержек по поставке товара отдельному потребителю, не установив предварительно сроков и размеров поставок другим потребителям данного товара. В свою очередь рациональные размеры и сроки поставок этим последним могут быть установлены лишь после определения сроков и размеров поставок первому потребителю. Случай, когда поставщик связан лишь с одним потребителем, почти не встречается в практике.

Следовательно, дальнейшее расчленение задачи календарного планирования поставок возможно лишь таким образом, чтобы производилась минимизация издержек либо только у потребителей, либо только у поставщика. Такой подход к исчислению издержек соответствует хозяйственным интересам либо потребителя, либо поставщика и поэтому вызывает сомнения принципиального характера. Будет ли полученное решение близко к оптимальному? Из чьих хозяйственных интересов целесообразнее исходить при определении сроков и размеров поставок — поставщика или потребителя? Чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим экономические последствия подхода к определению сроков и размеров поставок с точки зрения интересов либо поставщика, либо потребителя.

3. МИНИМИЗАЦИЯ ИЗДЕРЖЕК СБЫТА У ПОСТАВЩИКА

Поскольку чаще всего наиболее экономным вариантом производства является равномерное производство, поставим задачу минимизации издержек сбыта именно для этого случая. Издержки поставщика, связанные со сбытом товара за год, будут равны:

$$z = c_p S + \frac{T c_x}{2S} \sum_{s=1}^Y q_s^2 + \frac{E(c_c + c_x)}{2S} \sum_{s=1}^Y q_s^2 + Y c_{\text{п}}. \quad (1)$$

Первый член правой части (1) отражает издержки на упаковку и погрузку в случае, когда последние не зависят от размера поставки, второй — издержки хранения (в целях их минимизации поставщик отгружает поставляемую партию товара сразу же после того, как она произведена), третий — плату за оборотные средства, четвертый — издержки, зависящие лишь от количества поставок, но не от их размера. Минимум (1) достигается, как нетрудно проверить, при равных $q_s = q$ ($s = 1, \dots, Y$) и при q , равном:

$$\bar{q} = \sqrt{2Sc_{\text{п}} / (Tc_x + E(c_c + c_x))}. \quad (2)$$

Следовательно, для минимизации издержек сбыта поставщик должен стремиться обуславливать в договорах, во-первых, отгрузку товара равными партиями $\bar{q}$ и, во-вторых, отгрузить первую партию через $T\bar{q}/S$ дней после начала планового периода, вторую — через $2T\bar{q}/S$, третью — через $3T\bar{q}/S$ дней и т. д. Прежде чем рассматривать соответствие такой политики сбыта интересам потребителей и общества, выясним, какая политика снабжения оптимальна для потребителя.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ И РАЗМЕРОВ ПОСТАВОК ПОТРЕБИТЕЛЕМ

Если товар потребляется неравномерно, нужен лишь к определенному сроку, в интересах потребителя приурочить прибытие поставки к требуемому сроку. Если назначить более ранний срок, то предприятие уже в

1. Вычислим $\bar{q}(c_{тм})$. Если $\bar{q}(c_{тм}) \geq a_m$, то ограничение (6) выполнено и из (10) следует, что минимум z достигается при $\bar{q}(c_{тм})$. Если $\bar{q}(c_{тм}) < a_m$, то ограничение (6) не выполнено.

2. Вычислим $q(c_{т, m-1})$. Если $a_{m-1} \leq \bar{q}(c_{т, m-1}) < a_m$, то ограничение (6) выполнено. Из (9) и (10) следует, что $\min z$ может быть достигнут либо при $\bar{q}(c_{т, m-1})$, либо при $q = a_m$, когда еще применяется транспортный тариф $c_{тм}$. Значит, $\min z = \min \{z[\bar{q}(c_{т, m-1})], z(a_m)\}$. Если $\bar{q}(c_{т, m-1}) < a_{m-1}$, то ограничение (6) не выполнено.

3. Вычислим $\bar{q}(c_{т, m-2})$. Если $a_{m-2} \leq \bar{q}(c_{т, m-2}) < a_{m-1}$, то $\min z = \min \{z(\bar{q}(c_{т, m-2})), z(a_{m-1}), z(a_m)\}$. Если $\bar{q}(c_{т, m-2}) < a_{m-2}$, то делаем аналогичный следующий шаг. Оптимальный размер заказа может быть найден не более чем за M шагов.

Данный алгоритм применим и в том случае, когда не только транспортный тариф, но и цена единицы товара или расходы c_p зависят от размера заказа, и эта зависимость является ступенчатой функцией (например, при скидках с цены).

5. РАСЧЕТ СТРАХОВОГО ЗАПАСА

При отгрузке товара поставщиком в назначенный срок потребитель создавал бы страховой запас лишь для минимизации потерь вследствие колебания сроков доставки товара от поставщика к потребителю. Колебания длительности пребывания товара в пути возникают в связи с непостоянством времени формирования маршрутных составов на крупных железнодорожных узлах и другими случайными факторами, влияющими на работу транспорта. Ликвидация этих случайных колебаний невозможна без очень больших дополнительных затрат, во много раз превышающих стоимость хранения страховых запасов и потери от омертвления средств у потребителя.

В настоящее время, когда материальная ответственность поставщиков за нарушение сроков поставок слаба, на время между обусловленной в договоре датой отгрузки и датой фактического получения товара влияют также отклонения фактического срока отгрузки от обусловленного в договоре. Обработав данные прошлых лет о времени между обусловленным сроком отгрузки и фактическим сроком получения товара, можно получить плотность вероятности времени между обусловливаемой датой отгрузки и фактической датой получения товара $f(\tau)$. Зная $f(\tau)$, потребитель может использовать два пути определения величины страхового запаса. Он может задать допустимую вероятность нарушения производственного процесса p . Тогда уровень страхового запаса A будет найден из соотношения

$$A = \frac{S}{T}(\tau^* - \bar{\tau}), \quad (11)$$

где τ^* определяется из $F(\tau^*) = 1 - p$.

Полученный из этих соотношений уровень страхового запаса будет соответствовать вероятности нарушения производственного процесса тогда, когда поставки осуществляются нерегулярно, интервал между поставками велик. В этом случае в договоре следует обусловить срок поставки товара не за $\bar{\tau}$, а за τ^* дней до потребления товара: тем самым будет обеспечено соблюдение заданной вероятности нарушения производственного процесса.

Если поставки осуществляются регулярно, то вероятность нарушения производственного процесса зависит не только от вероятности неприбытия рассматриваемой поставки, но и от вероятности неприбытия к данному моменту времени последующих поставок, в первую очередь той, которая

идет непосредственно за данной поставкой. Во многих случаях случайные величины времени прибытия поставки можно считать независимыми. Как известно, плотность вероятности системы независимых случайных величин равна произведению плотностей вероятностей этих величин. Если отсчет времени вести от обусловленной в договоре даты отгрузки первой поставки и плотности распределения прибытия поставок обозначить через $f_1(\tau)$, $f_2(\tau + t)$, $f_3(\tau + 2t)$, где t — интервал между двумя смежными поставками, обуславливаемый в договоре, то момент времени τ^* , при котором вероятность нарушения производственного процесса равна ρ , можно вычислить из уравнения:

$$\int_0^{\tau^*} [f_1(\tau)f_2(\tau + t)f_3(\tau + 2t)\dots] d\tau = 1 - \rho.$$

Для практических целей можно ограничиться первыми двумя членами произведения, а именно:

$$\int_0^{\tau^*} [f_1(\tau)f_2(\tau + t)] d\tau = 1 - \rho. \quad (12)$$

Поскольку случайная величина длительности пребывания товара в пути τ одинакового распределена для всех поставок, вероятность того, что к моменту времени τ^* прибудет поставка, непосредственно следующая за рассматриваемой поставкой, равна вероятности прибытия рассматриваемой поставки к моменту времени $(\tau^* - t)$, т. е. $F_2(\tau + t) = \tau^*] = F_1(\tau^* - t)$. Поскольку вероятность неприбытия рассматриваемой поставки к моменту τ^* равна $1 - F(\tau^*)$, а вероятность неприбытия последующей поставки — $[1 - F(\tau^* - t)]$, вероятность нарушения производственного процесса ρ , равная совместной вероятности неприбытия обеих поставок, будет:

$$[1 - F(\tau^*)][1 - F(\tau^* - t)] = \rho$$

или

$$1 - \rho = F(\tau^*) + F(\tau^* - t)[1 - F(\tau^*)]. \quad (13)$$

Из (13) τ^* можно определить с любой заданной точностью. В практике при $\rho \leq 0,2$ (13) применять целесообразно лишь тогда, когда $\tau^* - \tau^{**} \leq t$, где τ^{**} определяется из $F(\tau^{**}) = 1 - \rho$, $\tau^{**} -$ из $F(\tau^{**}) = \rho$. Зная τ^* , величину страхового запаса можно определить из (11).

Недостатком способа определения страхового запаса на основе ρ является отсутствие объективного метода оценки допустимой вероятности нарушения производственного процесса.

Другой путь определения страхового запаса состоит в минимизации суммарных потерь от нарушения производственного процесса и наличия страхового запаса. Именно этот путь с экономической точки зрения следует считать правильным.

Допустим, что товар в объеме S единиц поставляется нерегулярно, например один раз в год. Рассмотрим, как следует обуславливать в договоре срок поставки, чтобы сумма потерь от нарушения процесса производства и потерь от досрочной поставки была минимальной. Обозначим через $(\tau + \tau_0)$ время между договорным сроком отгрузки товара поставщиком и датой желаемого получения товара потребителем. Тогда ожидаемые дополнительные издержки хранения и потери от омертвления средств из-за наличия страхового запаса будут равны:

$$c_x S \tau_0 + \frac{ES}{T} \tau_0 (c + c_t + c_x + c_p).$$

Ожидаемая длительность нарушения производственного процесса составит $\int_{\bar{\tau}+\tau_0}^{\infty} (\tau - \bar{\tau} - \tau_0) f(\tau) d\tau$, а ожидаемые потери из-за нарушений производственного процесса при отгрузке товара за $(\bar{\tau} + \tau_0)$ дней до его потребления будут:

$$c_H \int_{\bar{\tau}+\tau_0}^{\infty} (\tau - \bar{\tau} - \tau_0) f(\tau) d\tau.$$

Общие ожидаемые потери равны:

$$z = \tau_0 \left[c_x S + \frac{SE}{T} (c + c_T + c_x + c_p) \right] + c_H \int_{\bar{\tau}+\tau_0}^{\infty} (\tau - \bar{\tau} - \tau_0) f(\tau) d\tau.$$

Минимум общих потерь достигается при

$$\frac{dz}{d\tau_0} = c_x S + \frac{SE}{T} (c + c_T + c_x + c_p) - c_H \int_{\bar{\tau}+\tau_0}^{\infty} f(\tau) d\tau = 0, \quad (14)$$

откуда

$$1 - F(\bar{\tau} + \tau_0) = \frac{c_x S + \frac{SE}{T} (c + c_T + c_x + c_p)}{c_H}$$

и τ_0 определяется из

$$F(\bar{\tau} + \tau_0) = 1 - \frac{c_x S + \frac{SE}{T} (c + c_T + c_x + c_p)}{c_H}. \quad (15)$$

Этот способ расчета страхового запаса применим и при периодическом поступлении товара. Вместо S в этом случае будет оптимальный размер заказа $\bar{q}$, рассчитанный по (5). Как указывалось, в этом случае страховой запас может зависеть от интервала между поставками t . В общем случае чем меньше интервал между поставками, тем меньше страховой запас. Лишь при интервале между поставками t , удовлетворяющем соотношению $t > \bar{\tau} + \tau_0 - \tau^{**}$, где $(\bar{\tau} + \tau_0)$ определяется из (15), а τ^{**} из

$$F(\tau^{**}) = \frac{c_x S + \frac{SE}{T} (c + c_T + c_x + c_p)}{c_H},$$

эта зависимость практически не сказывается.

Учесть эту зависимость можно двумя путями. Первый, приближенный путь решения заключается во введении в уравнение (14) зависимости τ_0 не только от $f(\tau)$, но и от $f(\tau + t)$. Обозначив совместную плотность вероятности $[f(\tau)f(\tau + t)]$ через $f_c(\tau)$, получим формулу для определения τ_0 :

$$F_c(\bar{\tau} + \tau_0) = 1 - \frac{c_x S + \frac{SE}{T} (c + c_T + c_x + c_p)}{c_H}.$$

Другой, точный путь учета зависимости страхового запаса от размера заказа состоит в решении общей задачи, минимизирующей как издержки

содержания страхового запаса, так и издержки снабжения. Поскольку вероятность нарушения производственного процесса вследствие задержки поставки зависит в основном от времени прибытия поставки, непосредственно следующей за рассматриваемой поставкой, для упрощения примем, что вероятность нарушения производственного процесса зависит только от закона распределения времени рассматриваемой поставки и поставки, непосредственно следующей за ней.

Пусть t — интервал между поставками. Ожидаемые потери от нарушения производственного процесса за весь плановый период T :

$$\frac{T}{t} c_n \int_{\bar{\tau} + \tau_0}^{\infty} (\tau - \tau_0 - \bar{\tau}) f_c(\tau) d\tau.$$

Поскольку ожидаемая длительность хранения прибывшего товара равна $t/2 + \tau_0$, ожидаемые издержки хранения за период T будут равны

$$\frac{T}{t} \cdot t S/T \cdot c_x (t/2 + \tau_0),$$

а ожидаемые потери от омертвления средств —

$$\frac{S}{T} E(c + c_t + c_x + c_p) (t/2 + \tau_0).$$

Постоянные издержки снабжения равны $(T/t) c_n$.

Общие ожидаемые потери:

$$\begin{aligned} z &= \frac{T}{t} c_n \int_{\bar{\tau} + \tau_0}^{\infty} (\tau - \tau_0 - \bar{\tau}) f_c(\tau) d\tau + \\ &+ \left[S c_x + \frac{S E}{T} (c + c_t + c_x + c_p) \right] \left(\frac{t}{2} + \tau_0 \right) + \frac{T}{t} c_n \\ \frac{dz}{dt} &= \frac{T}{t^2} c_n \left\{ t \frac{d}{dt} \int_{\bar{\tau} + \tau_0}^{\infty} (\tau - \tau_0 - \bar{\tau}) f_c(\tau) d\tau - \int_{\bar{\tau} + \tau_0}^{\infty} (\tau - \bar{\tau} - \tau_0) f_c(\tau) d\tau \right\} + \\ &+ \frac{1}{2} \left[S c_x + \frac{S E}{T} (c + c_t + c_x + c_p) \right] - \frac{T c_n}{t^2} = 0, \\ \frac{dz}{d\tau_0} &= - \frac{c_n T}{t} \int_{\bar{\tau} + \tau_0}^{\infty} f_c(\tau) d\tau + S c_x + \frac{S E}{T} (c + c_t + c_x + c_p) = 0. \end{aligned}$$

Решение этой системы уравнений можно найти итеративным методом. Поскольку, однако, это решение требует очень большого объема вычислений, в практике можно использовать приближенное решение задачи. Вычислив размер заказа, а значит и интервал между поставками, по формуле (5), вычисляем τ_0 из (15). Если $t < \bar{\tau} + \tau_0 - \tau^{**}$, то страховой запас, определенный по формуле (15), даст точное решение.

Если у предприятия к началу года не было страхового запаса, то для достижения минимума издержек в договоре следует обусловить срок первой отгрузки за $(\bar{\tau} + \tau_0)$ дней до потребления товара. Если к началу года у потребителя был запас A , достаточный для обеспечения производства в

течение α дней, то срок первой отгрузки в договоре следует обусловить равным $(\tau + \tau_0 - \alpha)$ дней до требуемого срока прибытия товара. Установив в договорах размеры и сроки отгрузки каждого товара, исходя из оптимальных размеров и сроков поставок, получим минимум издержек снабжения для предприятия.

6. СООТВЕТСТВИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ХОЗРАСЧЕТНЫХ ПОЛИТИК ПОСТАВЩИКА И ПОТРЕБИТЕЛЯ ИНТЕРЕСАМ ОБЩЕСТВА

Размеры и сроки поставок, наиболее выгодные для потребителя, как правило, не совпадают с размерами и сроками поставок, оптимальными для поставщика. При заключении договора поставки обе стороны должны прийти к компромиссу. Будет ли это компромиссное решение более выгодным для общества, чем решение, принятое партнерами без знания своих оптимальных политик?

Стопроцентно утвердительный ответ на этот вопрос вряд ли можно дать. Однако опыт США показывает, что применение предприятиями математических методов оптимального управления запасами при наличии строгой материальной ответственности партнеров за соблюдение договорных сроков и размеров поставок приводит к сокращению запасов в среднем на 20% [1—3]. Последнее является главной причиной того, что, несмотря на стихийность хозяйства, оборотные средства в товаро-материальных ценностях в промышленности США оборачиваются несколько быстрее, чем в промышленности СССР [4].

Введение платы за оборотные средства на промышленных предприятиях, переводимых на новую систему планирования и материального стимулирования, значительно повышает ответственность предприятий за рациональное использование оборотных средств и заинтересовывает предприятия в использовании математических методов регулирования запасов. Эти меры, а также намечаемое повышение ответственности сторон за соблюдение договорных условий должны привести к лучшему использованию оборотных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Хэнсменн. Применение математических методов в управлении производством и запасами. М., «Прогресс», 1966.
2. J. Buchan, E. Koenigsberg, Scientific Inventory Managment. New York, 1963.
3. Multistage Inventory Models and Techniques. Stanford Univ. Press, 1963.
4. П. Г. Бунич. Международные сопоставления оборачиваемости оборотных средств. План. х-во, 1966, № 1.

Поступила в редакцию
10 V 1966

КОНЕЧНЫЙ ПРОДУКТ В МЕЖОТРАСЛЕВОМ БАЛАНСЕ

М. Р. ЭЙДЕЛЬМАН

(Москва)

Вопрос о конечном продукте и его роли в общей системе показателей, характеризующих процесс общественного воспроизводства неоднократно обсуждался в нашей экономической литературе. При этом одни экономисты рассматривают конечный продукт как основной народнохозяйственный показатель, характеризующий объем и результаты общественного воспроизводства, который должен быть введен взамен показателя валового общественного продукта; другие считают, что при наличии показателей валового общественного продукта и национального дохода не имеет смысла создавать какой-то особый показатель в виде конечного продукта; третьи выступают за то, чтобы наряду с показателями валового общественного продукта и национального дохода исчислять также конечный продукт.

Однако действительная роль и содержание этого показателя могут быть полностью раскрыты только при исчислении его в отраслевом разрезе и рассмотрении его в аспекте взаимосвязей между отраслями на основе межотраслевого баланса. Тогда он характеризует конечные результаты производственной деятельности отраслей и показывает использование продукции каждой отрасли на непроизводственное (личное и общественное) потребление, накопление, возмещение износа основных фондов и прочих конечный спрос. При этом конечный продукт, как дальше будет показано, не только по экономическому содержанию, но и по материально-вещественному составу будет коренным образом отличаться от чистой продукции отрасли.

Под конечным продуктом в межотраслевом балансе понимается часть совокупного продукта и продукция каждой отрасли, которая выходит за пределы текущего производственного потребления и используется на непроизводственное потребление, накопление, возмещение износа основных фондов (включая капитальный ремонт), для экспорта и прочих элементов конечного спроса *. Непроизводственное потребление охватывает весь объем материальных благ, использованных на личное (индивидуальное) потребление населения, а также на содержание учреждений и организаций непроизводственной сферы. Накопление представляет собой часть национального дохода, использованную на расширение производства (прирост основных производственных фондов и материальных оборотных средств), увеличение непроизводственных фондов, потребительских запасов и резервов. Кроме того, часть конечного продукта используется на возмещение износа основных фондов (включая капитальный ремонт), для внешнеторговых операций и для покрытия прочих элементов конечного спроса (оборонные нужды, возмещение потерь не учтенных в затратах на производство и т. д.).

* Ряд экономистов предлагают вместо экспорта включать сальдо внешнеторговых операций.