

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

### О РАЗВИТИИ МОЩНОСТЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКИ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИИ

*Пабединская А. С., Рудалевичус Й. М.*

(Вильнюс)

Представленные методика и экономико-математические модели позволяют определить стратегии развития производственных мощностей с обеспечением рационального уровня резервирования, уменьшить средние ожидаемые потери от несоответствия спроса и мощностей, экономически оценить повышение точности прогнозирования и тем самым обеспечить рациональную надежность работы производственных систем.

В настоящее время недостаточно разработаны методы перспективного планирования, учитывающие неполную определенность исходной информации и стохастический характер экономических систем. Требуется решение проблемы подготовки планов с заданным уровнем надежности их реализации и оценки экономического обоснования плановых решений.

Рассматриваемые далее задачи относятся к развитию и размещению мощностей предприятий и организаций в условиях неполной определенности. Поэтому при выборе вариантов плана необходимо иметь в виду и такие факторы, как надежность, реализуемость, хозяйственный риск. Компенсация возмущающих воздействий факторов неопределенности возможна при экономически обоснованном (выгодном) резервировании производственных мощностей, материальных и финансовых ресурсов.

Предлагается комплекс экономико-математических моделей по развитию производственных мощностей хозяйственно самостоятельных предприятий, предназначенный для долгосрочного и среднесрочного планирования. Ключевая его модель отражает задачу развития производственных мощностей и формулируется следующим образом.

Определить, как надо развивать мощности  $M$  от их исходной величины  $M_0$  при случайном спросе на продукцию, который задается в виде вероятностного распределения на каждый год  $\tau$  планового периода. Величина прироста мощностей  $q$  может принимать значения из множества  $\{0, q^1, \dots, q^m\}$ . Требуется найти набор  $\{q_\tau, \tau=1, \dots, \theta-1\}$ , минимизирующий суммарные затраты на развитие и эксплуатацию производственных мощностей с учетом издержек резервирования и потерь от их недостачи.

Для наращивания  $M$  на величину  $q$  необходимы капитальные вложения  $K(M, q) > 0$  на развитие новых производственных мощностей и поддержание имеющихся.

Наращивание мощностей для удовлетворения спроса  $Q_\tau$  должно произойти в году  $(\tau-1)$ , и новые мощности нужно ввести к началу года  $\tau$ , т. е. их величина на начало года  $\tau$  равна

$$M_\tau = M_{\tau-1} + q_{\tau-1}.$$

Прибыль, которую введенные в году  $\tau$  мощности  $q_\tau$  могут дать в последующем плановом периоде, оценивается как

$$s(q_\tau) = \sum_{t=\tau+1}^{\theta} \rho_t q_\tau,$$

где  $\rho_t$  — прибыль, приносимая единичными производственными мощностями в году  $t$ ;  $\theta$  — последний год планового периода.

Предположим, что затраты на содержание резервных мощностей при спросе  $Q$  и имеющейся на начало года величине производственных мощностей  $M_t = M$  определяются так

$$H_\tau(M, Q) = \begin{cases} r_\tau(M - Q), & M \geq Q, \\ k_\tau(Q - M), & M < Q, \end{cases} \quad (1)$$

где  $r_\tau$  — затраты на содержание единицы резервных мощностей;  $k_\tau$  — потери от недостачи единицы производственных мощностей.

Через  $p_\tau(Q)$  обозначим вероятность того, что в году  $\tau$  потребность в продукции предприятия (объединения) принимает значение  $Q$ . Ожидаемые затраты в году  $\tau$  на содержание резервных мощностей и потери от недостачи мощностей при наличных в начале года мощностях  $M_t = M$  обозначим  $H_\tau(M)$ . Тогда

$$H_\tau(M) = \sum_Q H_\tau(M, Q) p_\tau(Q)$$

или, с учетом (1)

$$H_\tau(M) = \sum_{Q \leq M} r_\tau(M - Q) p_\tau(Q) + \sum_{Q > M} k_\tau(Q - M) p_\tau(Q).$$

С целью соизмерения затрат, осуществляемых в разные годы планового периода, приведем их к его последнему году. Тогда эти затраты, состоящие из капитальных вложений на развитие мощностей  $K(M, q)$ , прибыли  $s(q)$ , получаемой в течение планового периода от введенных мощностей, а также ожидаемых расходов на содержание резервных мощностей и потерь от недостачи мощностей  $H(M)$ , можно определить по формуле

$$\Pi(M_1, q_1, \dots, q_{\theta-1}) = \sum_{\tau=1}^{\theta} \left[ K(M_\tau, q_\tau) B^{\theta-\tau+1} - \sum_{t=\tau+1}^{\theta} \rho_t q_\tau B^{\theta-t} + H_\tau(M_\tau) B^{\theta-\tau} \right], \quad (2)$$

где  $B$  — коэффициент дисконтирования ( $B = 1 - E_{\text{нп}}$ );  $E_{\text{нп}}$  — нормативный коэффициент приведения разновременных затрат к единому сроку.

Задача решается методом динамического программирования. В результате получаем оптимальные в смысле целевой функции (2) приросты мощностей  $q_\tau$  для каждого года планового периода.

Динамическая задача развития производственных мощностей при случайном спросе в изложенной постановке реализована в составе комплекса задач долго- и среднесрочного планирования строительного комплекса ЛитССР. Разработаны: алгоритм решения, инструкции для подготовки входной информации и использования выходных документов, методические материалы по созданию информационно-нормативной базы, внедрению и эксплуатации комплекса задач долго- и среднесрочного развития производственных мощностей предприятий, организаций и объединений.

Применение методов численного анализа оптимальных стратегий развития производственных мощностей позволяет руководителям предприятий и объединений сопоставлять варианты планов (наборов заказов), оценивать степень влияния составных частей целевой функции на план развития, т. е. в конечном счете принимать более обоснованное и качественное решение. Имеется также возможность количественно оценить изменение затрат на развитие мощностей при учете фактора неопределенности в сравнении с ситуацией, когда будущие потребности в производственных мощностях полностью известны.

При известном вероятностном распределении спроса можно оценить зависимость оптимального значения целевой функции от уровня неопределенности. Например, при нормальном распределении спроса оптимальные средние издержки, вызванные несоответствием спроса и производст-

венных мощностей, равны

$$H(M_{\tau}^{\text{opt}}) = \frac{(r_{\tau} + k_{\tau}) \sigma_{\tau}}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[\Phi^{-1}(\alpha)]^2}{2}}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  — оптимальная вероятность удовлетворения спроса.

Очевидно, влияние повышения точности прогноза перспективного спроса, т. е. уменьшение среднеквадратического отклонения  $\sigma_{\tau}$ , пропорционально сумме затрат на содержание единицы резервных мощностей и потерь от невыполнения единицы спроса. При понижении степени неопределенности минимальные средние издержки линейно убывают. Повышение точности прогнозирования с 40% от средней величины спроса до 30% приводит к сокращению потерь до 25%.

Зависимость (3) дает еще возможность сравнивать результаты детерминированного и вероятностного моделирования в условиях случайного спроса. Например, если соотношения между коэффициентами затрат на резервирование и потерь от неудовлетворения спроса таковы, что  $\alpha = 0,75$ , то средние издержки от несоответствия спроса и производственных мощностей уменьшаются на 20% по сравнению с детерминированным подходом к планированию производственных мощностей.

В случае равномерного распределения спроса в интервале  $(Q_{\min}, Q_{\max})$  оптимальные средние издержки от несоответствия случайного спроса и производственных мощностей равны

$$H(M_{\tau}^{\text{opt}}) = \frac{k_{\tau} r_{\tau}}{2(k_{\tau} + r_{\tau})} (Q_{\max} - Q_{\min}). \quad (4)$$

Зависимости (3) и (4) позволяют руководителям экономически самостоятельных предприятий оценить, насколько дополнительная информация — увеличение точности прогнозирования — улучшает плановое решение.

Предложенные модели обеспечивают подготовку долгосрочных планов развития производственных мощностей предприятий и объединений в соответствии со степенью неопределенности исходной информации. Они могут быть использованы и для всестороннего анализа плана развития производственных мощностей.

Увеличение плановой надежности, т. е. требование выполнения ресурсных ограничений с повышенной вероятностью, связано, как правило, с ростом затрат на резервирование мощностей и ресурсов, а уменьшение уровня плановой надежности — с отрицательными экономическими последствиями. Это ставит закономерный вопрос о выборе уровня надежности и риска при подготовке перспективных плановых решений.

Соизмерение дополнительных затрат на резервирование и сокращение народнохозяйственных потерь в результате повышения надежности плановых решений (выполнения предприятиями договорных обязательств) позволяет определить оптимальный уровень надежности и рациональную величину резерва производственных мощностей.

Затраты, связанные с наличием резервных производственных мощностей, можно записать в виде

$$\varphi_1(\alpha) = rR, \quad (5)$$

где  $R$  — величина резерва;  $r$  — издержки на содержание единицы резервных мощностей.

Величина  $R$  в (5) зависит от характеристик вероятностного распределения спроса на продукцию объединения или предприятия и требуемого уровня надежности выполнения предприятием договорных обязательств. В случае нормального распределения спроса величина  $R$ , рассчитываемая из условия  $p\{Q < m + R\} = \alpha$ , выражается зависимостью:  $R = \Phi^{-1}(\alpha)\sigma$ , где  $\Phi(\cdot)$  — функция распределения нормального закона;  $\sigma$  — среднеквадратическое отклонение спроса.

Таким образом, затраты на резервирование мощностей равны

$$\varphi_1(\alpha) = r\sigma\Phi^{-1}(\alpha). \quad (6)$$

Они являются возрастающей функцией уровня надежности и бесконечно увеличиваются при надежности, стремящейся к единице.

При уровне надежности  $\alpha$  объем полезной работы или целевую отдачу предприятия с некоторым упрощением можно оценить как  $\Xi = \alpha M$ , где  $M$  — производственная мощность предприятия (объединения). Соответственно, сокращение объема полезной работы из-за недостаточной надежности  $N = (1 - \alpha)M$ .

Тогда ущерб, обусловленный недостаточной надежностью, выражается формулой

$$\varphi_2(\alpha) = l(1 - \alpha)M, \quad (7)$$

где  $l$  — ущерб от невыполнения единицы объема полезной работы.

Вообще говоря,  $l$  зависит от  $\alpha$ , и надо ожидать нарастающего ущерба с убыванием надежности. Каждая следующая недопроизведенная предприятием или объединением единица объема продукции приносит больший ущерб, чем предыдущая, так как расширяется круг производственных связей, на которых отражаются экономические последствия ненадежности. Кроме того, при небольших отклонениях от принятых договорных плановых обязательств легче найти восполняющую замену, в то время как с возрастанием их невыполнения возможности замены и маневра уменьшаются.

Можно предположить в самом простом случае, что ущерб от недопроизводства предприятием единицы объема продукции с убыванием надежности пропорционально увеличивается. Тогда ущерб из-за недостаточной надежности вычисляется интегрированием и при уровне надежности  $\alpha$  равен

$$\varphi_2(\alpha) = kM(\alpha^2 - 2\alpha + 1). \quad (8)$$

В соответствии с (6) и (8) суммарные издержки содержания резерва производственных мощностей и потери, обусловленные недостаточной надежностью, выразятся так

$$\Pi(\alpha) = \varphi_1(\alpha) + \varphi_2(\alpha) = r\sigma\Phi^{-1}(\alpha) + k(\alpha^2 - 2\alpha + 1). \quad (9)$$

Оптimalен уровень надежности, при котором достигается минимум (9). Приравнявая нулю производную по  $\alpha$  формулы (9), получаем уравнение для расчета  $\alpha^{opt}$

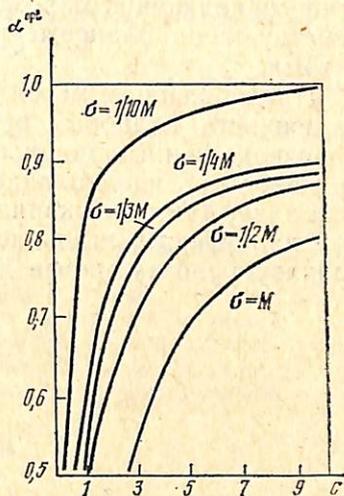
$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} = r\sigma/2k(1 - \alpha)M, \quad (10)$$

где  $x$  и  $\alpha$  связаны соотношением  $\Phi(x) = \alpha$ .

Для определения оптимального уровня надежности при конкретных значениях коэффициентов  $k$ ,  $r$ , величине производственной мощности и среднеекватическом отклонении спроса  $\sigma$  необходимо решить трансцендентное уравнение (10). В результате осуществленных нами расчетов при различных значениях коэффициентов, входящих в (10), построена соответствующая номограмма (см. рисунок).

Когда экономически обоснованная (выгодная) величина надежности плановых решений известна, возникает задача обеспечить ее в процессе планирования. Обычно предполагается, что штраф пропорционален «глубине» невыполнения ограничения и штрафная функция имеет вид

$$F(y) = b_1 \int_{-\infty}^y (y - x) f(x) dx + b_2 \int_y^{\infty} (x - y) f(x) dx, \quad (11)$$



Определение оптимального уровня надежности:  $s$  — отношение потерь от надежности и затрат на резервирование;  $\sigma$  — среднеекватическое отклонение распределения спроса;  $M$  — производственные мощности

где  $f(x)$  — функция плотности распределения случайной величины  $\xi$ , для которой требуется выполнение вероятностного ограничения;  $b_1$  и  $b_2$  — коэффициенты штрафа в случаях  $\xi \leq y$  и  $\xi > y$ .

При построении экономико-математических моделей планирования развития производства эти коэффициенты можно рассматривать в качестве управляющих параметров, которые как экономические рычаги воздействуют на плановые решения, принимаемые экономическими субъектами.

Предложенный метод расчета экономически обоснованного уровня надежности плановых решений и соответствующей величины резерва производственных мощностей объединений, предприятий и организаций при перспективном планировании, основанный на минимизации суммарных издержек содержания резервных мощностей и потерь от недостаточной надежности, позволяет обеспечить рациональную надежность и устойчивую работу производственных систем.

Поступила в редакцию  
18 VII 1989