

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.А. КОСЮК, к.э.н.,

Донецкий национальный университет

О.А. КРАТТ, к.э.н.,

Донецкий национальный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОРТФЕЛЯ ЗАКАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Рассмотрены теоретико-методологические аспекты формирования динамического портфеля заказов в производственно-экономических системах. Портфель имеет вид единого формализованного модуля, в котором учтена динамика колебаний внешней среды, а также изменение многообразных внутренних параметров на этапах снабжения, производства и сбыта, обуславливающая оперативный пересчет показателей, составляющих портфель.

При решении большого комплекса задач, обуславливаемых формированием оптимизационных планов производства в условиях нестабильной экономической ситуации, значительную роль играет динамика влияния внешних факторов, при которой необходима оперативная адекватная реакция производственно-экономических систем (далее – ПЭС). Результатом подобной реакции является оперативное формирование динамических портфелей заказов как по использованию сырья, материалов и комплектующих, так и реализацию готовой продукции, что является концептуальной основой антикризисного управления ПЭС. В период трансформационной экономики эта проблема нашла отражение в трудах Ю.С.Архангельского, В.В.Витлинского, А.П.Градова, В.М.Гееца, В.А.Забродского, Ю.Г.Лысенко, В.Л.Петренко, Ю.Т.Олейник, О.Ю.Червака. При решении вопросов прогнозирования экономических показателей Ю.С.Архангельский и В.М.Геец рассматривали ПЭС как элемент отраслевой экономической системы [1; 2]. В.В. Витлинский видит решение проблемы минимизации рисков в управлении ПЭС в устранении конфликта между ПЭС и внеш-

ней средой с помощью игровых моделей [3]. Усилиями А.П.Градова обеспечен значительный вклад в формирование теории и решение практических вопросов антикризисного управления ПЭС [4]. Круг научных интересов В.А.Забродского и В.Л.Петренко составляли аспекты адаптивного управления ПЭС в условиях стохастичности динамики внешней среды [5; 6]. Ю.Г.Лысенко и Ю.Т.Олейник рассматривали алгоритмизацию информационного обеспечения взаимодействия ПЭС с внешней средой [7]. Вместе с тем, следует констатировать, что недостаточно рассмотрены вопросы синтеза внутренних и внешних факторов.

Целью данной статьи является синтез задач формирования динамического портфеля заказов (далее – ДПЗ) в единый формализованный модуль. В модуле учтена динамика колебаний внешней среды, а также изменение многообразных внутренних параметров на этапах снабжения, производства и сбыта, которая способствует оперативному пересчёту показателей ДПЗ. Таким образом, настоящая публикация ставит целью раскрытие теоретико-методологических основ формирования ДПЗ в едином формализованном модуле, объединяющим основные этапы управления производством.

Модель формирования ДПС в производственно-экономических системах строится исходя из предположения постоянного или заранее известного характера применяемых технологий производства. При этом входными данными в модель являются два портфеля заказов – величины

© В.А. Косюк, О.А. Кратт, 2005

минимальных заданий по всем основным видам продукции и количества используемых ресурсов, а выходными – соответствующие варианты выпуска продукции на заданные периоды времени. Минимальный уровень выпуска продукции S -го вида \underline{u}_s определяется минимальным прогнозируемым уровнем спроса \underline{x}_s и условиями безубыточности производства:

$$\underline{u}_s = \begin{cases} \underline{x}_s, & \underline{x}_s \geq \underline{u}_s \text{ без} \\ 0, & \underline{x}_s < \underline{u}_s \text{ без} \end{cases} \quad (1)$$

где $\underline{u}_s \text{ без}$ – минимальный уровень безубыточности производства S -го вида продукции.

Пусть ПЭС имеет в своём распоряжении технологическое множество $\mathbf{u} = \{\underline{u}_s, s \in \{S\}\}$ (каждый допустимый технологический процесс $\mathbf{u} \in U$ – это вектор чистого выпуска: выпуск минус затраты). Если задан вектор цен на производимую продукцию

$\mathbf{p} = \{\underline{p}_s, s \in \{S\}\}$ (или вектор совокупных затрат на её производство $\mathbf{c} = \{\underline{c}_s, s \in \{S\}\}$), то задача, решаемая ПЭС, имеет вид:

$$\mathbf{u} \in U, \quad (\mathbf{p}, \mathbf{u}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\text{или} \\ \mathbf{u} \in U, \quad (\mathbf{c}, \mathbf{v}) \textcircled{R} \min, \quad (3)$$

где $\mathbf{v} = \{\underline{v}_k, k = \overline{1, n}\}$ – вектор интенсивности применяемых технологий.

В обычных предположениях – это

$$\mathbf{T}_k(\mathbf{v}_k) = \{\underline{u}_{ks}(\mathbf{v}_k), \underline{r}_{lk}(\mathbf{v}_k), s \in \{S\}, k = \overline{1, n}, l \in \{R\}\}. \quad (4)$$

Функция выпуска продукции $\underline{u}_{ks}(\mathbf{v}_k)$ являются монотонными и выпуклыми вверх, а функции затрат

задача выпуклого программирования. Генеральную цель предприятия в условиях рынка (максимизация прибыли по результатам деятельности на обозримый период) можно структурировать на следующие основные коммерческие и производственные цели [1; 8]:

максимизация объёма производства и сбыта производимых товаров и услуг при поддержании и повышении их качественных характеристик;

оптимизация номенклатуры изделий и услуг на перспективу;

развитие и модернизация производственной базы и технологий, повышение их уровня мобильности и способности к быстрому перепрофилированию.

Поэтому обычная интерпретация задачи ПЭС (2) или (3) – максимизация прибыли (минимизация совокупности затрат) при заданных (прогнозируемых) ценах и известной (заданной либо проектируемой) технологии. Решение задачи ПЭС – $\hat{\mathbf{u}}(\mathbf{p})$ – вектор предпочтения при ценах \mathbf{p} .

Конкретизируем общую постановку задачи ПЭС в виде (2) или (3). Любой технологический способ описывает определенную технологию получения продукции посредством использования (формируется ДПЗ потребления) различных видов ресурсов и выражается вектором выпуска - затрат. Уровень применения технологии (например, стоимость продукции, изготовляемой по данной технологии) характеризуется интенсивностью технологии. Фактические величины выпуска видов продукции и портфеля затрат ресурсов при данной технологии являются функциями её интенсивности, и в этом смысле постановки задачи ПЭС (2) и (3) эквивалентны.

Балансовый вектор, описывающий

k -ю технологию с интенсивностью \underline{v}_k , в общем виде имеет вид:

пуклыми вверх, а функции затрат ресурсов $r_{lk}(v_k)$ – монотонными и выпуклыми вниз. Экономический смысл выпуклости вверх функции выпуска состоит в том, что по мере увеличения интенсивности прирост выпуска продукции, соответствующей единице прироста интенсивности, уменьшается. Таким образом, выпуклые вверх функции выпуска отвечают производственному процессу с убывающей приростной эффективностью.

Аналогичный экономический смысл имеет выпуклость вниз функции затрат. В частном случае, если все объёмы выпускаемой продукции и затрачиваемых ресурсов прямо пропорциональны интенсивности технологии, выпуск продукции S -го вида по k -й технологии составят ве

личину

$$u_{ks} = a_{ks} v_k, k = \overline{1, n}, s \in \{S\}, \quad (5)$$

а затраты ресурсов

$$r_{kl} = b_{kl} v_k, k = \overline{1, n}, l \in \{R\}, \quad (6)$$

где a_{ks} – соответствующий k -й технологии норматив выпуска продукции S -го вида;

b_{kl} – нормативный портфель затрат ресурсов l -го вида при k -й технологии.

Балансовый вектор (4), описывающий k -й технологический процесс, выглядит в этом случае следующим образом:

$$T_k(v_k) = \|a_{ks} v_k, b_{kl} v_k, s \in \{S\}, k = \overline{1, n}, l \in \{R\}\|. \quad (7)$$

Используя гипотезу о независимости технологий, приходим к соотношению:

$$u_s = \sum_{k=1}^n u_{ks} = \sum_{k=1}^n a_{ks} v_k, s \in \{S\}, \quad (8)$$

$$r_l = \sum_{k=1}^n r_{kl} = \sum_{k=1}^n b_{kl} v_k, l \in \{R\}, \quad (9)$$

где u_s – выпуск продукции S -го вида,

r_l – фактические затраты ресурса l -го вида.

Множество производственных возможностей предприятия (множество допустимых состояний ПЭС) представлено в виде:

$$\sum_{k=1}^n a_{ks} v_k \leq u_s, s \in \{S\}; \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^n b_{kl} v_k \leq r_l, l \in \{R\}; \quad (11)$$

$$v_k \geq 0, k = \overline{1, n}. \quad (12)$$

Состояние производственной системы определяется как вектор, компонентами которого являются интенсивности технологий:

$$V = \|v_k, k = \overline{1, n}\|. \quad (13)$$

На множестве V возможных состояний ПЭС введём некоторое правило выбора наилучшего (оптимального) её состояния. Это правило формализуется по признаку экстремума некоторого функционала, отражающего определённую цель функциони-

рования производственно-экономической системы [4; 9].

Следует отметить, что оптимальное состояние ПЭС – \hat{V} , как и само множество возможных состояний V , зависит от векторов $\hat{u} = \|u_s, s \in \{S\}\|$ и $R = \|r_1, I \hat{R}\|$:

$$\hat{V} = \hat{V}(u, R), \quad V = \{v(u, R)\}. \quad (14)$$

Вводятся функции:

$$f_k = f_k(u, R) \quad (15)$$

и

$$j_s = j_s(v, R), \quad (16)$$

которые назовем соответственно функциями издержек и прибыли ПЭС.

Очевидно, характер функции (15) определяется свойствами технологического множества V и правилом выбора оптимального плана \hat{V} то есть можно считать, что

$$f_k(u, R) = C_k(v_k, b_k) \quad (17)$$

а правило выбора оптимального со

$$\min_{k=1}^n \dot{a} C_k(v_k, b_k) = \max_{k=1}^n (-\dot{a} C_k(v_k, b_k)),$$

можно сконструировать синтетический критерий (максимум прибыли):

$$\max_{s \in \hat{S}} (\dot{a} P_s(u_s, b_s) - \dot{a} C_k(v_k, b_k)) \quad (21)$$

Таким образом, оптимальное состояние ПЭС \hat{V} определяется как вектор вида (13), удовлетворяющий соотношения (5–12) и дающий экстремальное значение одному из функционалов (18), (20), (21).

Очевидно, величина совокупного портфеля затрат

$$\dot{a} C_k(v_k, b_k) \quad \text{min} \quad (18)$$

Аналогично, вид функций (16) определяется свойствами множества производимых ПЭС видов продукции U и правилом выбора оптимального плана \hat{U} . Иначе говоря,

$$j_s(v, R) = P_s(u_s, b_s), \quad (19)$$

а критерий оптимальности приобретает вид:

$$\dot{a} P_s(u_s, b_s) \quad \text{max} \quad (20)$$

Здесь

$$b = \|b_k, k = \overline{1, n}, b_s, s \in \hat{S}\|$$

– система коэффициентов предприятия k -й технологии (S -й продукции).

Правило (18) интерпретируется как критерий минимума портфеля затрат, а (20) – как критерий максимума дохода.

Учитывая, что

$$C = \dot{a} C_k(v_k, b_k) \quad (22)$$

при фиксированных объемах ресурсов R согласно (17) является функцией от вектора возможного уровня производства

$$C = C(u), \quad (22)$$

а уровень суммарной прибыли

$$P = \dot{a}_{s\hat{I}} P_s(u_s, b_s) \quad (23)$$

– функцией от вектора применяемых технологий:

$$P = P(v) \quad (24)$$

Отметим важный частный случай, когда потребление ресурса 1-го вида определяется как некоторая доля совокупных затрат, то есть

$$r_1 = g_1 c \quad (25)$$

Тогда из (25), (18) и (9) получаем

$$b_{kl} v_k = g_1 c_k (v_k, b_k) \quad (26)$$

В линейном случае, когда

$$C_k(v_k, b_k) = C_k b_k v_k, \quad (27)$$

имеем

$$b_{kl} = C_k b_k g_1, \quad (28)$$

то есть нормативный портфель затрат ресурсов 1-го вида при k-й технологии равен произведению нормативному портфелю совокупных затрат при реализации этой технологии (C_k) на удельный вес этой технологии в общем объеме производства (b_k) и долю этого ресурса в совокупных затратах, а соотношение (9) преобразуется к виду:

$$r_1 = g_1 \dot{a}_{k=1}^n C_k b_k v_k \quad (29)$$

В динамическом варианте векторы

$$U(t) = \|U_s(t), s\hat{I} \{S\}\| \quad (30)$$

и

$$T_k(v_k, t) = \|u_{ks}(v_k, t), r_{kl}(v_k, t), s\hat{I} \{S\}, k = \overline{1, n}, l\hat{I} \{R\}\| \quad (31)$$

характеризуют соответственно выпуск основных видов продукции и применяемые технологии ПЭС в реальном времени.

Описание ПЭС непрерывной моделью (30), (31) наиболее адекватно в условиях экономической нестабильности переходного к рынку периода, однако существ-

венно усиливает трудности решения задачи.

В условиях, сформировавшихся рыночных отношений, стабильности финансовой системы и производственно-экономических связей можно перейти к дискретной модели:

$$U(t) = U_t = \|u_{sm}, s\hat{I} \{S\}, m = \overline{1, M}\|; \quad (32)$$

$$T_k(v_k, t) = T_{kt}(v_k) = \|u_{ksm}(v_k), r_{klm}(v_k), s\hat{I} \{S\}, k = \overline{1, n}, m = \overline{1, M}\|. \quad (33)$$

Тогда соотношения (5-12) преобразуются к виду:

$$u_{ksm} = a_{ksm} v_k, k = \overline{1, n}, s\hat{I} \{S\}, m = \overline{1, M}; \quad (34)$$

$$r_{klm} = b_{klm} v_k, k = \overline{1, n}, m = \overline{1, M}, l\hat{I} \{R\}; \quad (35)$$

$$u_{sm} = \dot{a}_{k=1}^n u_{ksm} = \dot{a}_{k=1}^n a_{ksm} v_k, s\hat{I} \{S\}, m = \overline{1, M} \quad (36)$$

$$r_{lm} = \dot{a}_{k=1}^n r_{klm} = \dot{a}_{k=1}^n b_{klm} v_k, l\hat{I} \{R\}, m = \overline{1, M} \quad (37)$$

$$\dot{a} a_{ksm} v_k \ni \underline{u}_{sm}, s \hat{I} \{S\}, m = \overline{1, M} \quad (38)$$

$$\dot{a} b_{klm} v_k \ni r_{lm}, l \hat{I} \{R\}, m = \overline{1, M} \quad (39)$$

$$v_k \ni 0, k = \overline{1, n}$$

Суммарный выпуск продукции S -го вида и расход l -го ресурса в течение планового периода описываются соотношениями:

$$\underline{u}_s = \dot{a} \underline{u}_{sm} = \dot{a} \dot{a} a_{ksm} v_k, s \hat{I} \{S\} \quad (41)$$

$$r_l = \dot{a} r_{lm} = \dot{a} \dot{a} b_{klm} v_k, l \hat{I} \{R\} \quad (42)$$

Общий выпуск продукции и расход ресурсов за m -й плановый интервал (в стоимостном выражении) равны:

$$\underline{u}_m = \dot{a} P_{sm} \underline{u}_{sm} = \dot{a} \dot{a} a_{ksm} b_{sm} v_k, m = \overline{1, M} \quad ; (43)$$

$$r_m = \dot{a} \dot{a} b_{klm} l_{km} v_k, m = \overline{1, M} \quad (44)$$

при соблюдении балансовых соотношений

$$\dot{a} P_s \underline{u}_s = \dot{a} \underline{u}_m \quad ; \quad (45)$$

$$\dot{a} C_l r_l = \dot{a} r_m \quad (46)$$

Синтетический критерий оптимальности производства ПЭС получает формулировку в виде:

$$\max_{m=1} \dot{a} (\dot{a} P_{sm} (\underline{u}_{sm}, b_{sm}) - \dot{a} c_{km} (v_k, b_{km})) \quad (47)$$

Задача формирования вариантов производства продукции решается путём многократных пересчётов по модели при изменяющихся значениях ДПЗ и внутренних управляющих переменных (приоритетов). Каждый вариант представляется вектором, компоненты которого есть объёмы выпуска основных видов продукции и

портфеля затрат главных видов ресурсов на протяжении всего периода планирования.

Более гибкая модель ПЭС получается при отказе от предположения использования неизменных во времени технологий (то есть при переходе от величин V_k к V_{km} , $k = \overline{1, n}$, $m = \overline{1, M}$). Такая модель представляет собой программы сочетания модели динамики показателей и модели оптимизации производственной

Процесс итеративных расчётов по обобщённой модели состоит в следующем. Решается задача оптимизации производственной программы на начало планового периода, находятся оптимальный план выпуска продукции и соответствующий портфель затрат ресурсов. Полученные данные позволяют рассчитать основные показатели работы ПЭС на первый плановый интервал в первом приближении. Затем процесс расчётов повторяется. В результате итеративных расчётов получают: определённую (оптимальную) технология производства и все динамические характеристики варианта развития ПЭС.

Вышеизложенное позволяет сделать выводы. Во-первых, решение рассмотренной основной задачи ПЭС является исходным для задачи управления высшего уровня: согласования интересов ПЭС с потребностями рынка (формирователями ДПЗ на выпускаемую продукцию) [4; 10]. Во-вторых, рассмотренные модели формирования и оптимизации производственного плана с учётом динамики изменения спроса на выпускаемую продукцию, образующие вместе с моделями обеспечения предприятия необходимыми ресурсами замкнутой информационной контур, в котором учитываются не только производственные мощности предприятия, но и активно учитывается динамика двух портфелей заказов: на поставку сырья и сбыта продукции.

В ходе дальнейших исследований авторы предполагают конкретизировать и апробировать данные модели на машиностроительных предприятиях с мелкосерий-

ным характером производства.

Литература

1. Архангельский Ю.С. Прогнозирование объёмов производства отраслей народного хозяйства Украины. //Экономика и математические методы. - 1996. -Т.32, №3 – с.161-165.
2. Геец В.М. Отраслевое прогнозирование: методический и организационные аспекты / Институт экономики АН УССР. – К.: Наукова думка,1990. – 120 с.
3. Витлінський В.В., Наконечний Я.С. Ризик у менеджменті. – К.: ТОВ «Борисфен-М», 1996. – 328 с.
4. Стратегия и тактика антикризисного управления фирмой. / Под ред. А.П.Графова и Б.И.Кузина. – С.-Пб.: «Специальная литература», 1996. – 510 с.
5. Забродский В.А., Кизим Н.А., Янов Л.И. Современные методы организации управления промышленным производством. – Харьков: АО «Бизнес-информ», 1997. – 64 с.
6. Петренко В.Л. Технология адаптивного планирования в производственно экономических системах. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1991. – 31 с.
7. Олейник Ю.Т., Лысенко Ю.Г. Алгоритмическое обеспечение управления ресурсами производственной. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1991. – 32 с.
8. Боутлэн К. Основы стратегического менеджмента. /Перевод с английского под ред.. Л.Г.Зайцева, М.И.Соколовой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 175 с.
9. Червак О.Ю. Об оптимальностях по многим равноважным критериям. //Кибернетика и сист. анализ. -1997.-№4 – С.181-182.
10. Косяк В.А. Задача маркетингово-ориентированной координации производства. //Модели управления в рыночной экономике. Сб. науч. тр. -Донецк, ДонГУ, 1999. -Выпуск 2.-С.330-336.

Статья поступила в редакцию 31.05.2005