

УДК 338.262

**В.А. Кокшаров**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»,  
г. Екатеринбург, email: vakoksharov@mail.ru

## МОДЕЛЬ ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Ключевые слова:** модель, целевой комплекс, показатели, фонд финансирования, ресурс, продукция, максимизация, оптимизация, доход.

Состояние вопроса: в настоящее время существуют различные модели планирования производства промышленного предприятия, но все они имеют разные подходы и не позволяют выстраивать единый теоретико-методологический подход к планированию, в результате чего возникают противоречия при реализации планирования. В связи с этим возникает необходимость формирования такой системы моделей, которая бы позволяла бы получать высокую результативность планирования. Материалы и методы: использованы материалы зарубежных и отечественных исследований. Проведение исследований автора базировалось на системном подходе, математических моделях, методах анализа и синтеза показателей планирования промышленного предприятия. Результаты: предложена система моделей для обоснованного целевого планирования производства промышленного предприятия, что позволило доказать, что существуют основы теоретико-методологического подхода к устойчивому планированию производства. Выводы: предложенная система моделей для планирования производства промышленного предприятия позволяет обеспечивать сбалансированность всей системы показателей, которые необходимо планировать для устойчивого развития производства.

**V.A. Koksharov**

Ural State University of Communications, Yekaterinburg, email: vakoksharov@mail.ru

## THE MODEL OF TARGET PLANNING OF PRODUCTION OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

**Keywords:** model, target complex, indicators, financing fund, resource, production, maximization, optimization, income.

State of the matter: at present, there are various models for planning the production of an industrial enterprise, but they all have different approaches and do not allow building a unified theoretical and methodological approach to planning, as a result of which contradictions arise in the implementation of planning. In this regard, it becomes necessary to form a system of models that would allow obtaining high planning efficiency. Materials and methods: materials of foreign and domestic research were used. The author's research was based on a systematic approach, mathematical models, methods of analysis and synthesis of planning indicators for an industrial enterprise. Results: a system of models for reasonable target planning of production of an industrial enterprise was proposed, which made it possible to prove that there are foundations of a theoretical and methodological approach to sustainable production planning. Conclusions: the proposed system of models for planning the production of an industrial enterprise allows ensuring the balance of the entire system of indicators that must be planned for sustainable development of production.

Особенностью модели планирования производства промышленного предприятия является то, что она должна отражать долговременный характер мероприятий, направленных на достижение целой системы целей, учете разновременности их выполнения, во введении динамики роста производства по годам планового периода, но с учетом рыночной конъюнктуры и конкурентоспособности [1-3]. При этом в модели должна найти отражение проблема оптимальных вариантов капиталовложений или другими словами проблема их целевого

финансирования для достижения роста производства, обеспечивающего наиболее высокие уровни эффективности при реализации целевых показателей предприятия [4-6]. При этом существенный момент модели заключается в экзогенной заданности объемов первичных производственных ресурсов и в исследовании величин вовлекаемых ресурсов как управляемых параметров [7].

Сначала опишем блоки модели на  $h+1$  итерации. Модель  $i$ -го целевого комплекса это задача выбора таких вариантов достижения  $i$ -й цели, затраты

по которым в стоимостном выражении не превосходят выделенного фонда финансирования на предприятии, а соответствующие целевые показатели оптимальны. Модель имеет следующий вид:

$$\ln(w_i, z_i) = \text{optim}; \quad (1)$$

$$\sum_j p_j^h A_j^i z_i + \sum_k \pi_k^h B_k^i z_i \leq \Phi_i^h; \quad (2)$$

$$z_i \geq 0, \quad (3)$$

где  $w_i = (w_{1i}, \dots, w_{2i}, \dots, w_{S_i})$  – вектор строка целевых показателей, достигаемых по различным вариантам реализации  $i$ -й цели при их использовании с единичной интенсивностью промышленного предприятия;  $S_i$  – общее число

вариантов;  $z_i = (z_{1i}, \dots, z_{2i}, \dots, z_{S_i})$  вектор столбец неизвестных интенсивностей (технологий) использования вариантов

энергопотребления;  $p_j^h$  – цена  $j$ -го энер-

горесурса на шаге  $h$ ;  $A_j^i = (a_{j1}^i, \dots, a_{jS_i}^i)$  – вектор – строка затрат  $j$ -го продукта по различным вариантам энергопотребления с единичной интенсивностью;

$B_k^i = (b_{k1}^i, \dots, b_{kS_i}^i)$  – вектор-строка затрат

$k$ -го энергоресурса по вариантам;  $\Phi_i^h$  – фонд финансирования достижения  $i$ -й цели на шаге  $h$ .

Далее модель предприятия представим так:

$$x_j \rightarrow \max; \quad (4)$$

$$\left( \sum_{r=1}^m p_r^h b_{rj} + \sum_{k=1}^K \pi_k^h c_{kj} \right) x_j \leq$$

$$\leq p_j^h \left( \sum_{i=1}^m A_j^i z_i^h + \sum_{\rho=1}^n b_{j\rho} x_\rho^h \right); \quad (5)$$

$$x_j \in X_j, \quad (6)$$

где  $x_j$  – валовый выпуск продукции промышленного предприятия;  $b_{j\rho}$ ,  $c_{kj}$  коэффициенты затрат в натуральном выражении  $g$ -продукта и  $k$ -го энергоресурса на производство единицы  $j$ -й

продукции;  $x_\rho^h$  – валовый выпуск продукции предприятия на  $h$ -й итерации.

Коэффициент в круглых скобках перед неизвестным  $x_j$  представляет себестоимость  $j$ -й продукции, рассчитанную по элементам затрат, таким образом в левой части неравенства (5) стоит величина затрат на весь выпуск. В правой части

слагаемое  $p_j^h \sum_{i=1}^m A_j^i z_i^h$  обозначает объем

финансирования предприятия целевым

комплексом, а слагаемое  $p_j^h \sum_{\rho=1}^n b_{j\rho} x_\rho^h$

доход от реализации продукции, продан-

ной на товарных рынках.  $x_j \in X_j$  – ограничение по производственным мощностям (6).

Далее рассмотрим следующие составляющие модели для исчисления цен и оценок (7) – (10). В рассматриваемом процессе на первой итерации значения этих показателей задаются. В дальнейшем исходные значения цен на продукцию и оценок энергоресурсов корректируются в зависимости от соотношения между спросом на продукцию или энергоресурсом и его предложением или его энергосбережением.

$$\Delta_j^{h+1} = \sum_{i=1}^m A_j^i \times z_i^h + \sum_{\rho=1}^n b_{j\rho} \times x_\rho^h - x_j^h \quad (7)$$

$$\hat{p}_j^{h+1} = \max \{0; p_j^h + q_j \Delta_j^{h+1}\}, j = 1 \div n \quad (8)$$

$$v_k^{h+1} = \sum_{i=1}^m B_k^i \times z_i^h + \sum_{j=1}^n c_{kj} \times x_j^h - C_k; \quad (9)$$

$$\hat{\pi}_k^{h+1} = \max \{0; \pi_k^h + \delta_k v_k^{h+1}\}, k = 1 \div K, \quad (10)$$

где  $\Delta_j^{h+1}$  и  $v_k^{h+1}$  – превышение потребности в продукции или ресурсе над

производством;  $q_j$ ,  $\delta_k$  – коэффициенты пропорциональности между избыточной потребностью и приростами цен (оценок);  $C_k$  – неизменный объем  $k$ -го первичного ресурса.

Следующая модель – предназначена для вычисления дохода предприятия. Фонд финансирования целевого комплекса, при котором его величина определяется

$$\hat{\Phi}^{h+1} = \sum_{k=1}^{\hat{E}} \pi_k^h \times C_k \quad (11)$$

Далее описываем итеративный процесс, где выступают целевой комплекс промышленного предприятия и его фонд финансирования. Их поведение описывается соответственно с помощью моделей (1–3), (4–6), (7–10) и (11). В неподвижной точке этого процесса, если она существует, модифицированный показатель дохода равен сумме интегральных оценок используемых энергоресурсов. На отдельных итерациях значения фонда финансирования могут не совпадать из-за возможного дисбаланса между потребностями в тех или иных продуктах и энергоресурсах и предложением на рынках.

После того как определен фонд финансирования целевого комплекса промышленного предприятия, возникает задача его распределения.

Возможным принципом распределения фонда финансирования может служить требование максимизации показателей целевого комплекса. При этом финансовые ресурсы должны распределяться так, чтобы сумма показателей достижения всех целей была максимальной. Но поскольку достижение разных целей из-за различий потребностей имеет неодинаковую важность, критерием оптимальности распределения должна служить не просто сумма достигаемых показателей, а сумма степеней реализации целей, взвешенных с учетом относительной важности, которую определяют экспертным методом. Обозначим эти ко-

эффициенты через  $\lambda_i$ . Предполагается, что  $\lambda_i \geq 0, \sum_{i=1}^m \lambda_i$ . Модель распределения фонда финансирования h+1 приобретает вид:

$$\ln(w_i z_i) = \text{optim} \quad (12)$$

$$\sum_j p_j^h \times A_j^i \times z_i + \sum_k \pi_k^h \times B_k^i \times z_i \leq \Phi_i,$$

$$i = 1 \div m; \quad (13)$$

$$\sum_i \Phi_i \leq \Phi^h; \quad (14)$$

$$z_i \geq 0, i = 1 \div m; \quad (15)$$

$$\Phi_i \geq 0, i = 1 \div m \quad (16)$$

Как видим, критерием модели (13-16) взвешенная сумма логарифмов, а не самих целевых показателей. Однако при использовании в качестве критерия взвешенной суммы самих целевых показателей в оптимальный план войдут мероприятия по достижению только тех целей, у которых самые высокие коэффициенты относительной важности. Возможности из фонда финансирования остальных целей будут нулевыми. Чтобы избежать такой ситуации, в критерий вводятся логарифмы и это между прочем, объясняет также вид критерия в модели целевого комплекса (1-3), который выбран для сопоставимости с моделью (12-16).

Чтобы описать оптимальный способ распределения фонда финансирования необходимо рассмотреть частные производные функции Лагранжа L модели (12-16). Обозначим затраты на осуществление s-го варианта реализации i-й цели при его единичной интенсивности при

помощи  $c_{si}$ .

$$c_{si} = \sum_j p_j^h \times a_{js}^i + \sum_k \pi_k^h \times b_k^i;$$

$$L = \sum_i \lambda_i \times \ln(w_{si} z_{si}) + \sum_i \omega_i \times$$

$$[\Phi_i - \sum_i c_{si} z_{si}] + \mu \times [\Phi^h - \sum_i \Phi_i]$$

Пусть

$$\left( \hat{z}; \hat{\Phi}; \hat{\omega}, \hat{\mu} \right) = \left( \hat{z}_1, \dots, \hat{z}_m, \hat{\Phi}_1, \dots, \hat{\Phi}_m, \hat{\omega}_1, \dots, \hat{\omega}_m, \mu \right) -$$

седловая точка функции L.

Тогда  $(\hat{z}; \hat{\Phi};)$  – оптимальный план модели ( ). Причем частные производные функции Лагранжа по ненулевым ком-

понентам  $\hat{z}_i$ , по  $\hat{\omega}_i$ ,  $\hat{\Phi}_i$  и  $\mu$ , равны нулю (из постановки задачи ( ) следует, что

$\hat{\omega}_i, \hat{\Phi}_i$  строго положительны).

$$\frac{dL \left( \hat{z}, \hat{\Phi}, \hat{\omega}, \hat{\mu} \right)}{dz_{si}} = \frac{\lambda_i \times w_{si}}{\sum_s w_{si} \times \hat{z}_{si}} - \hat{\omega}_i c_{si} = 0; \quad (17)$$

$$\frac{dL(\hat{z}, \hat{\Phi}, \hat{\omega}, \hat{\mu})}{d\hat{\omega}_i} = \hat{\omega}_i - \hat{\mu} = 0; \quad (18)$$

$$\frac{dL(\hat{z}, \hat{\Phi}, \hat{\omega}, \hat{\mu})}{d\hat{\omega}_i} = \hat{\Phi}_i - \sum_s c_{si} \times \hat{z}_{si} = 0; \quad (19)$$

$$\frac{dL(\hat{z}, \hat{\Phi}, \hat{\omega}, \hat{\mu})}{d\mu} = \Phi^h - \sum_i \hat{\Phi}_i = 0. \quad (20)$$

Из (18) следует, что все  $\hat{\omega}_i$  при оптимальном распределении фонда финансирования целевого комплекса равны между собой. Величину  $\hat{\mu}$ , отражающую прирост оптимума целевой функции при малом

увеличении фонда финансирования  $\Phi^h$ , естественно интерпретировать как оценку

денежного ресурса. Величины  $\hat{\omega}_i$ , показывающие прирост оптимального критерия  $i$ -го целевого комплекса при малом приращении его фонда финансирования, можно интерпретировать как показатели эффективности вложения средств в соответствующие целевые комплексы. Как показывают соотношения (18), при оптимальном распределении ресурсов вложения средств в целевой комплекс одинаково эффективны, причем показатели это эффекта равны оценке денежного ресурса.

Умножим соотношение (17) на  $\hat{z}_{si}$  и просуммируем по  $s$ . Получим

$$\frac{\lambda_i \times \sum_s w_{si} \times \hat{z}_{si}}{\sum_s w_{si} \times \hat{z}_{si}} = \hat{w}_{si} \times \sum_s c_{si} \times \hat{z}_{si}$$

Слева в этом соотношении стоит  $\lambda_i$ , а справа в соответствии с (18) –

$\hat{\mu} \times \sum_s c_{si} \times \hat{z}_{si}$ , которое на основании (19)

равно  $\hat{\mu} \Phi_i$ .

Таким образом:

$$\lambda_i = \hat{\mu} \times \Phi_i,$$

Откуда  $\hat{\Phi}_i = \lambda_i / \hat{\mu}$ , поэтому с учетом (20)

$$\Phi^h = \sum_i \hat{\Phi}_i = \frac{\sum_i \lambda_i}{\hat{\mu}} = \frac{1}{\hat{\mu}}$$

Значит,  $\hat{\Phi}_i = \lambda_i \Phi^h$ .

Таким образом, условия (17) – (20) позволяют выявить принцип оптимального распределения финансового ресурса, при котором только и могут быть достигнуты наиболее высокие значения целевых показателей. Этот принцип – распределение пропорционально оценкам относительной важности соответствующих целей, т.е. пропорционально  $\lambda_i$ .

Из соотношения  $\hat{\Phi}_i = \lambda_i \times \Phi^h$  следу-

ет, что  $\lambda_i = \hat{\Phi}_i / \Phi^h$ . Значит, при заданных объемах совокупного фонда финансирования, выделенных для достижения каждой из целей, оценки их относительной важности могут быть определены как доли этих средств в общем фонде.

Теперь следует описать итеративный процесс согласования целей плана с ресурсным обеспечением. С помощью прогнозов определяются исходные значения интенсивностей вариантов целевых мероприятий –  $z_i^0$ , объемов производства –  $x_j^0$ , цен на продукцию –  $p_j^0$ , оценок первичных производственных ресурсов –  $\pi_k^0$  и объема дохода или фонда финансирования –  $\Phi^0$ , который распределяется между целями с помощью коэффициентов относительной важности. На основе этих величин решаются модели (1-3), (4-6), (7-10) и (11), поэтому их решения на первой итерации обозначим соответственно  $\hat{z}_i^1, \hat{x}_j^1, \hat{p}_j^1, \hat{\pi}_k^1, \Phi^1$ . Потом эти величины корректируются с учетом исходной информации. Таким образом, в качестве показателей, определенных на первой итерации и предназначенных для дальнейшей корректировки, будут выступать  $z_i^1, x_j^1, p_j^1, \pi_k^1, \Phi^1$ , вычисляемые по формулам:

$$\begin{aligned} z_i^1 &= \alpha^1 \times \hat{z}_i^1 + (1 - \alpha^1) \times z_i^0; \\ x_j^1 &= \alpha^1 \times \hat{x}_j^1 + (1 - \alpha^1) \times x_j^0; \\ p_j^1 &= \alpha^1 \hat{p}_j^1 + (1 - \alpha^1) \times p_j^0; \\ \pi_k^1 &= \alpha^1 \times \hat{\pi}_k^1 + (1 - \alpha^1) \times \pi_k^0; \\ \Phi^1 &= \alpha^1 \times \hat{\Phi}^1 + (1 - \alpha^1) \times \Phi^0. \end{aligned} \quad (21)$$

На шаге  $h$  в формулах (21) вместо  $\alpha^1$  будет фигурировать  $\alpha^h$ , вместо величин, помеченных  $0$ , – с индексом  $h-1$ .

$\hat{z}_i^h, \hat{x}_j^h, \hat{p}_j^h, \hat{\pi}_k^h, \hat{\Phi}^h$  будут обозначать решения моделей (1-3), (4-6), (7-10) и (11) соответственно при подстановке в них вместо исходных данных при подстановке в них вместо исходных величин показателей, полученных  $h-1$ -й итерации.

Предполагается, что  $\alpha^h \geq 0, \alpha^h \rightarrow 0$  при

$$h \rightarrow \infty \sum_{h=1}^{\infty} \alpha^h = \infty.$$

Итеративный процесс продолжается до тех пор, пока на каком-то шаге отклонения полученных величин от показателей предыдущей итерации не будут превышать заданных пределов.

Важнейшие вопросы, возникающие при исследовании описанного процесса, – это сходимость и соотношения между его неподвижными точками и оптимальными планами модели (22-26).

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i \times \ln(w_i z_i) \rightarrow \text{optim} \quad (22)$$

$$\sum_{r=1}^n b_{jr} \times x_r + \sum_{i=1}^m A_j^i \times z_i \leq x_j, j = 1 - n; \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^n c_{kj} \times x_j + \sum_{i=1}^m B_k^i \times z_i \leq C_k, k = 1 - K; \quad (24)$$

$$x_j \geq 0, x_j \in X_j, j = 1 - n; \quad (25)$$

$$z_i \geq 0, i = 1 - m \quad (26)$$

Модель (22 -26) имеет следующие особенности. Первая особенность заключается в том, что ее планы сбалансированы по ограничениям (23) и (24), т.е. при них потребность в природных и трудовых ресурсах не превышает производства продукции. Следующая особенность в том, что оптимальные планы этой модели таковы, что любых других планах хотя бы одна из целей достигается в меньшей степени. Совпадение неподвижных точек процесса с оптимальными планами (22-26) означает, что в результате итеративного процесса согласования потребностей целевых мероприятий в продукции и ресурсах посредством перераспределения финансо-

вых средств и корректировки цен и оценок составляется такой план развития промышленного предприятия, которому соответствует оптимальные уровни целевых показателей из всех реально достижимых уровней.

Однако сходимость процесса при любых исходных значениях его параметрах доказать не удается.

Исследования статического варианта модели, отражающего логику процесса согласования целей социально-экономического развития с ресурсным обеспечением, позволяет сделать следующие теоретико-методологические выводы.

1. Процесс составления плана промышленного предприятия, который способствует достижению наиболее высоких возможных при данном уровне развития производства целевых показателей, должен носить итеративный характер.

2. Финансовые средства в информационном процессе согласования вариантов целевых мероприятий с планами развития промышленного предприятия выступают как агрегированный ресурс. При условии, что цены на товары и услуги и оценки природных и трудовых ресурсов отражают степень их дефицитности, совокупный фонд финансирования несет в агрегированном виде информацию о продукции и ресурсах, предназначенных для потребления.

3. Если в качестве критерия оптимальности плана рассматривать взвешенную сумму логарифмов достигаемых целевых показателей, то оптимальным распределением фонда финансирования является его распределение в соответствии оценками относительной важности целей. Поэтому задав коэффициенты относительной важности целей, задается и оптимальное распределение фонда финансирования между мероприятиями, направленными на реализацию этих целей, при которых, только и могут быть достигнуты наиболее высокие возможные значения целевых показателей. И наоборот, задав совокупный фонд финансирования и объемы средств, выделяемых под каждую цель, можно определить коэффициенты их относительной важности, которые будут равны долям фондов финансирования различных целей в общем фонде.

4. При условии сходимости процесса обнаруживается, что перераспределение фонда финансирования между целями комплекса, корректировка цен на продукцию и оценок ресурсов представляют эффективный способ увязки натуральных и стоимостных показателей плана, согласования целей социально-экономического развития с ресурсным обеспечением.

*Библиографический список*

1. Яковлев А.В. Управление производством: планирование и диспетчеризация. М.: ООО «ИС-Публишинг», 2018. 219 с.
2. Рыжакина Т.Г. Интегрированные инструменты планирования в процессе реализации стратегии предприятия: монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 144 с.
3. Аакер Д. Стратегическое рыночное управление. / Пер. с англ. под ред. С.Г. Божук. СПб.: Питер, 2011. 496 с.
4. Ван Хорн, Джеймс, К., Вахович, мл., Джон, М. Основы финансового менеджмента. 12-е издание / Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. 1232 с.
5. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес». 2004. 235 с.
6. Портер М. Конкуренция. М.: Вильямс И.Д., 2006. 608 с.
7. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента / пер. с англ. М.: «Дело», 1992. 702 с.