

УДК 519.863+517.977.1+658.513.3

ББК 65.050

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ ПРИ ПОПЕРЕДЕЛЬНОМ МЕТОДЕ КАЛЬКУЛЯЦИИ

Лосев А. Г.¹, Радчик М. В.²

(Волгоградский государственный университет, Волгоград)

Работа посвящена построению дескриптивно-оптимизационной модели управления промышленным предприятием в условиях среднесрочного планирования. Приводятся результаты для случая применения попередельного метода калькулирования себестоимости продукции предприятия с комбинированным способом распределения затрат по полуфабрикатам. В частности, установлена линейность функционала прибыли относительно сортамента выпуска.

Ключевые слова: модель управления предприятием, попередельный метод калькуляции себестоимости.

1. Общая постановка задачи

Управление предприятием представляет собой организацию производственно-хозяйственной деятельности, направленную на достижение определенных результатов, таких как, например, финансово-экономическая устойчивость или эффективность функционирования. Постановка целей в этой связи определяет направление принимаемых управленческих решений. В настоящей работе в качестве цели управления рассматривается максимизация прибыли.

Действительно, прибыль от реализации продукции, определяемая как разница между выручкой от продажи по действующей

¹ Александр Георгиевич Лосев, доктор физико-математических наук, профессор (alexander.losev@volsu.ru).

² Мария Владимировна Радчик, ассистент кафедры МАТФ ВолГУ (radchikmv@mail.ru).

щим рыночным ценам (без НДС и акцизов) и себестоимостью выпуска, характеризует доходность работы промышленного предприятия, т.е. эффективность его основной деятельности. Себестоимость в полном соответствии с [7] отражает затраты, которые предприятие несет по созданию (естественно, с соблюдением всех норм качества) и реализации продукции. Следовательно, данный экономический показатель оказывает непосредственное влияние на величину ожидаемой прибыли. Действующие по сей день методики расчета себестоимости, к сожалению, не позволяют осуществлять полноценное ее планирование, так как используются в основном по факту изготовления, в том числе по причине зависимости себестоимости продукции от пропорции выпуска, так называемого сортамента. При этом резко меняющаяся экономическая ситуация, положившая на рынках сбыта, а также целый ряд объективных и субъективных причин сделал достаточно обыденной практику подстраивания под рыночные требования уже в процессе производства. Кроме того, несмотря на наличие информации о предварительном спросе на продукцию, особенности целей и учета затрат на предприятии далеко не всегда позволяют планировать показатели выпуска и не отвечают требованию их оптимальности. В частности, при нормативном методе калькуляции себестоимости основной задачей является своевременное предупреждение нерационального использования ресурсов, а не определение оптимальных объемов выпуска. При позаказном методе калькуляции себестоимости задача планирования себестоимости вовсе не имеет смысла, поскольку объектом калькуляции является отдельный производственный заказ. Сложившаяся ситуация в свою очередь существенно затрудняет управление размерами получаемой прибыли, ограничивает возможности для ее планирования.

В настоящей статье рассматривается задача управления промышленным предприятием, использующим наиболее распространенный метод калькуляции себестоимости – попере-

дельный¹. В качестве цели управления, как уже было отмечено выше, определим максимизацию прибыли.

Данная работа является обобщением результатов, полученных ранее в ходе решения поставленной задачи для попроцессного производства [5], на случай предприятия с несколькими переделами.

Предположим, что производственный процесс разделен на H технологических стадий (переделов)², на каждой из которых выпускается n_h видов продукции³. Тогда общее количество видов продукции, включая полуфабрикаты всех стадий, по предприятию в целом составляет

$$N = \sum_{h=1}^H n_h .$$

Обозначим количество видов продукции, произведенных до u -го передела включительно, как

$$n_u^* \equiv \sum_{g=1}^u n_g, \quad (n_0^* \equiv 0).$$

Тогда прибыль за период планирования $[T_0, T_H]$ можно представить в виде

$$(1) \quad \pi = (1 - \beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \int_{T_{h-1}}^{T_h} D(\tau) \cdot (p_i(\tau) - \hat{s}_i(\tau)) \cdot t_i(\tau) d\tau,$$

где β – ставка налога на прибыль; $D(\tau)$ – дефлятор, учитывающий прогнозируемый уровень инфляции за период $[0, \tau]$;

¹ В дальнейшем промышленное предприятие, применяющее такой метод при калькуляции себестоимости, именуем ПМКС-предприятием.

² Передел – это совокупность технологических операций, которая завершается выработкой промежуточного продукта (полуфабриката) или получением законченного продукта.

³ Продукция каждой стадии может быть реализована как самостоятельный продукт либо участвовать в изготовлении изделий другого передела.

$t_i(\tau)$, $\hat{s}_i(\tau)$ и $p_i(\tau)$ – объем выпуска, себестоимость¹ и цена реализации (за вычетом НДС и акцизов) продукции i -го вида продукции в момент времени τ .

На практике функция себестоимости обладает достаточно сложной структурой: в рамках каждого передела себестоимость выпускаемых видов продукции зависит от совокупности характеристик (цен, технологий и пропорций выпуска), которые в свою очередь являются функциями времени:

$$(2) \quad \hat{s}_i(\tau) = s_i \left(\tau, z(\tau), \gamma(\tau), t_{n_{i-1}+1}^*(\tau), \dots, t_{n_i}^*(\tau) \right), i = n_{i-1}^* + 1, \dots, n_i^*,$$

где $\gamma(\tau)$, $z(\tau)$ – вектор-функции совокупности технологических и ценовых характеристик соответственно.

В управлении промышленным предприятием планирование разделяют на краткосрочное, среднесрочное и долгосрочное². Единое мнение в понимании критериев такой классификации отсутствует; наблюдаются различия и во временных рамках периодов планирования. Для предприятий с различной специализацией определение промежутка времени (далее «горизонт планирования»), на который разрабатывается соответствующий вид плана, может существенно расходиться. Данное обстоятельство можно объяснить несогласованностью производственных циклов, сложностью технологических процессов и др. В статье решается задача среднесрочного планирования: варьируются текущие производственные мощности и ценовые показатели, но базовые технологии остаются неизменными.

Сформулируем основные гипотезы модели.

- Цены на материалы, сырье, готовые изделия – $z(\tau)$, $p_i(\tau)$ – являются известными функциями времени.

Конечно, на практике точные ценовые характеристики отсутствуют (ведь речь идет о планируемых показателях), вместо них используют экспертные оценки соответствующих прогнозов

¹ Более подробное описание структуры функции себестоимости приведено ниже.

² При построении экономико-математических моделей придерживаются той же классификации, учитывая особенности экономических явлений и используемый математический аппарат.

ных значений. В настоящей работе предполагается, что все ценовые показатели $z_i(\tau), p_i(\tau), i = 1, \dots, N$ (здесь $z_i(\tau)$ – компоненты вектор-функции $z(\tau)$) являются кусочно-постоянными функциями времени, что вполне соотносится с реальностью.

• Компоненты вектор-функции базовых технологий $\gamma(\tau), \gamma_i(\tau) \equiv C_i = const$ на протяжении всего периода $[T_0, T_H]$ остаются неизменными.

Таким образом, получаем, что плановая себестоимость является функцией сортамента – т.е. набора, состоящего из упорядоченных пар $\{i, t_i\}$, где i – вид (номер) изделия $i = n_{h-1}^* + 1, \dots, n_h^*, \forall h = 1, \dots, H; t_i(\tau)$ – планируемый объем выпуска продукции данного вида в момент времени τ :

$$s_i(\tau, z(\tau), \gamma(\tau), t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau)) = \tilde{s}_i(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau)).$$

Для прогнозирования прибыли необходимо знать себестоимость продукции до начала выпуска, но она, в свою очередь, зависит от сортамента, который становится известным, как правило, по факту изготовления. Сложившуюся ситуацию предлагается разрешить с помощью реализации следующего алгоритма:

1) формирование прибыли как функции от сортамента $\pi = \pi(\tau, t_1(\tau), \dots, t_N(\tau));$

2) максимизация функционала прибыли:

$$(1') \quad \pi = (1 - \beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \int_{T_{h-1}}^{T_h} D(\tau) (p_i(\tau) - \tilde{s}_i(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau))) \cdot t_i(\tau) d\tau \rightarrow \max_{t_1(\tau), \dots, t_N(\tau)}$$

3) определение сортамента $t_1(\tau), \dots, t_N(\tau)$, доставляющего экстремум функционала прибыли (1');

4) вычисление искомых значений себестоимости \tilde{s}_i и прибыли π .

2. Структура затрат в себестоимости и другие особенности попередельного метода калькуляции

В отечественной¹ практике состав и классификация затрат, включаемых в себестоимость продукции, определяют в соответствии с [7]. При этом часть затрат может быть отнесена на себестоимость выпускаемой продукции прямым образом, другая учитывается косвенно (с помощью специальных коэффициентов). Для удобства распределения затрат выделяем: M – затраты на материалы, допускающие прямое отнесение на себестоимость выпуска (известны коэффициенты расхода² – сколько какого материала необходимо для производства единицы каждого вида продукции); R – затраты на сырье, прямое отнесение на конкретное изделие которых затруднительно или даже невозможно. Важно в качестве отдельных категорий выделить «коммерческие расходы», как расходы на реализацию готовой продукции (C) [7, п. 40], и «общехозяйственные расходы» (Fa), как затраты, связанные с управлением предприятием и организацией производства (в том числе расходы по амортизации основных производственных фондов) в целом [7, п. 37]. Остальные статьи калькуляции, за исключением «возвратных отходов» (W), объединяем в отдельную категорию (Fi). Таким образом, структура совокупных затрат производства ($Cost$), учитываемых при расчете себестоимости продукции, может быть представлена в виде

$$Cost = M + R + C + Fa + Fi - W.$$

В соответствии с [7, п. 80], если технологический процесс комплексной переработки сырья состоит из нескольких переделов и имеется возможность определения величины затрат по этим этапам производства, то должно применяться попередельное калькулирование полуфабрикатов или конечных продуктов.

¹ Методика отечественных расчетов аналогична западным технологиям.

² Нормы их использования в производстве.

Сущность попередельного метода калькуляции себестоимости заключается в том, что объектом учета затрат является передел, т.е. учет затрат ведется по переделам, несмотря на то, что в каждом из них могут быть выпущены изделия нескольких видов. При этом на каждой технологической стадии в качестве объекта калькулирования себестоимости выступают полуфабрикаты или их группы (в частности, в тех случаях, когда полуфабрикаты передела получены из однородного исходного сырья).

Сочетание объектов учета затрат и калькулирования себестоимости в попередельном методе для калькуляционных работ предполагает использования следующих приемов¹ [1, 7]:

- способ прямого расчета;
- способ исключения затрат на побочную продукцию;
- способ пропорционального распределения затрат;
- комбинированный способ калькулирования.

В рамках настоящей статьи рассматриваются комплексные производства, на которых учет затрат по видам выпускаемой продукции (тем более калькуляции себестоимости единицы каждого) предполагает совместное использование нескольких приемов калькулирования². Разнообразные сочетания последних объединены в комбинированный способ распределения издержек комплексного производства по объектам калькулирования.

Заметим, что влияние на систему калькулирования³ оказывает и выбор варианта систематизации производственных затрат (бесполуфабрикатный и полуфабрикатный). При бесполуфабрикатном способе определяется себестоимость только конечного

¹ Под приемом калькулирования понимают распределение затрат каждого передела (объект учета) по видам полуфабрикатов или их группами (объектам калькулирования) на нем выпускаемых.

² Для определенности в работе рассматриваем сочетание двух приемов калькулирования: способа пропорционального распределения затрат (при расчете себестоимости вида продукции) и способа прямого расчета (при исчислении себестоимости единицы продукции).

³ Система калькулирования – это система расчетов, позволяющая определить себестоимость готовой продукции.

продукта (полуфабриката, прошедшего все технологически необходимые стадии производства), в полуфабрикатном варианте исчисляется себестоимость полуфабрикатов собственного производства после каждого передела. Организации, не имеющие собственных полуфабрикатов или использующие их только для внутреннего потребления, выбирают более простой – бесполуфабрикатный способ. Себестоимость готового изделия в этом случае определяется путем суммирования долевого участия затрат каждого передела [2]. Для предприятий, хотя бы частично использующих в производственном процессе полуфабрикаты собственного изготовления, предпочтительным оказывается полуфабрикатный способ¹, обеспечивающий постадийный контроль над формированием себестоимости. В ходе дальнейшего изложения материала статьи рассматривается полуфабрикатный вариант исчисления.

Вид калькуляции себестоимости (см. таблицу 1) определяют технологические и организационные особенности производства [2]:

- количество технологических стадий (фаз, переделов) производственного процесса, по которым учитываются фактические расходы;
- число разновидностей продукции на стадии.

В этой связи методика расчета себестоимости продукции варьируется.

Таблица 1. Виды калькуляции себестоимости продукции

<i>Число разновидностей продукции, n</i>	<i>Число технологических этапов изготовления, h</i>	<i>Вид калькуляции</i>
$n=1$	$h=1$	Простая однопередельная
$n>1$	$h=1$	Коэффициентная однопередельная
$n=1$	$h>1$	Простая многопередельная
$n>1$	$h>1$	Коэффициентная многопередельная

¹ Главным образом по той причине, что полуфабрикаты собственного производства могут быть (порой в значительной мере) реализованы сторонними организациями в качестве самостоятельного продукта.

Простая и коэффициентная однопередельные калькуляции относятся к попроцессному методу учета, общие результаты для которого были изложены ранее в работе [5]. Простая многопередельная калькуляция иллюстрирует бесполуфабрикатный вариант – на протяжении производственного процесса исчисляется себестоимость единственного вида продукции без калькуляции себестоимостей полуфабрикатов, используемых в его изготовлении. По этой причине в рамках статьи данный вид калькуляции не освещается.

Таким образом, в настоящей работе рассматривается задача управления предприятием, использующим попередельный метод калькуляции при комбинированном распределении затрат по полуфабрикатам, а следовательно, исследуется только коэффициентная многопередельная калькуляция, наблюдаемая на производствах при многоступенчатом изготовлении продукции.

На основании [7, п. 90] при попередельном методе затраты на производство, начиная с обработки исходного сырья и до выпуска конечного продукта, учитываются в каждом переделе. Себестоимость продукции каждого последующего передела представляет собой сумму собственных затрат и себестоимости используемых полуфабрикатов предшествующих переделов, затраты при этом накладываются и в выпускающем цехе определяется себестоимость готового изделия [2, 7].

3. Производственная себестоимость продукции h -го передела

Расчету себестоимости полуфабрикатов и конечной продукции предшествует определение себестоимости обработки i -го вида продукции, которую будем обозначать

$$g_i(\tau, t_{n_{h-1}+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h}^*(\tau)), \forall \tau \in [T_{h-1}; T_h],$$

$$\forall h = 1, \dots, H, i = n_{h-1}^* + 1, \dots, n_h^*.$$

В общем объеме продукции предприятия принято выделять товарную продукцию передела ($\tilde{t}_i(\tau)$), которая реализуется

сторонним организациям, и продукцию ($t_i(\tau)$), потребляемую самим предприятием в производственных целях. В этой связи следует различать производственную и полную себестоимости продукции передела

Производственная себестоимость (g_i), рассматриваемая в данном пункте, не включает в себя расходы обращения (C_h) и управления (Fa_h), учитываемые в полной себестоимости продукции передела (см. далее п. 4). Полная себестоимость продукции передела (т.е. себестоимость товарной продукции) определяется распределением совокупных расходов передела ($Cost_h^*$) на объем товарной продукции. Совокупные расходы передела складываются из производственных ($Cost_h$) и непроизводственных ($Fa_h + C_h$) издержек:

$$\forall h = 1, \dots, H,$$

$$(3) \quad Cost_h^* = Cost_h + Fa_h + C_h.$$

Производственные затраты каждого передела $Cost_h = M_h + R_h + Fi_h + W_h$ распределяют на всю продукцию, выпущенную в нем:

$$\sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} (t_i + \tilde{t}_i),$$

где $t_i \equiv \int_{T_{h-1}}^{T_h} t_i(\tau) d\tau$ – валовой и $\tilde{t}_i \equiv \int_{T_{h-1}}^{T_h} \tilde{t}_i(\tau) d\tau$ – товарный выпуск h -го передела (сортамент выпуска в рамках передела от времени не зависит).

Для расчета производственной себестоимости продукции h -го передела необходимо определить производственные издержки передела.

Пусть для производства продукции h -го передела требуется m видов материалов и k видов сырья. Кроме того, известны экспертные оценки прогноза цен на используемые ресурсы, которые составляют z_j и zb_l за единицу j -го вида материала и l -го вида сырья, соответственно ($j = 1, \dots, m; l = 1, \dots, k$); a_{ij} и b_{il} – норма расхода материалов и сырья для обработки в данной стадии. Тогда в стоимостном выражении затраты на материалы

и сырье передела (см. п. 1 в соответствие с гипотезами модели технологические и ценовые показатели постоянны) составляют

$$M_h = \sum_{i=n_{h-1}+1}^{n_h} \sum_{j=1}^m a_{ij} z_j (t_i + \tilde{t}_i), \quad R_h = \sum_{i=n_{h-1}+1}^{n_h} \sum_{l=1}^k b_{il} z_l (t_i + \tilde{t}_i),$$

Компоненты M_h и R_h отражают затраты на материалы и сырье, используемые только в текущей технологической стадии. В состав M_h могут быть включены и расходы на приобретение покупных полуфабрикатов¹. Удельный вес таких затрат на каждом переделе характеризует степень кооперирования между другими подразделениями, организациями, потому как закупки осуществляются по трансфертным ценам².

В ходе производства образуются технологические отходы (W_h), поэтому расход сырья, материалов и покупных полуфабрикатов определяется по стоимости опущенных в передел за вычетом неиспользованной их части. Для каждого вида материала и сырья существуют коэффициенты их использования (km_j и kr_l соответственно), т.е. $(1 - km_j)$ и $(1 - kr_l)$ – это «коэффициенты не использованного сырья и материалов». С позиции дальнейшего применения отходы производства подразделяются на возвратные и безвозвратные [6, ст. 254]. Обозначим zm_j и zr_l – планируемые цены на отходы материалов j -го вида и сырья l -го типа, причем $zm_j > 0$ и $zr_l > 0$, если предприятие может продать или переработать соответствующие производственные отходы (возвратные отходы), и $zm_j < 0$ и $zr_l < 0$, если отходы являются безвозвратными, т.е. необходимы затраты на их утилизацию. Определим величину производственных отходов h -й технологической стадий в стоимостном выражении:

$$W_h = \sum_{i=n_{h-1}+1}^{n_h} \left(\sum_{j=1}^m a_{ij} z_m_j (1 - km_j) (t_i + \tilde{t}_i) + \sum_{l=1}^k b_{il} z_r_l (1 - kr_l) (t_i + \tilde{t}_i) \right).$$

¹ Покупные изделия и полуфабрикаты относятся непосредственно на конкретный вид продукции.

² Трансфертная цена – цена, обусловленная коммерческими принципами взаимоотношений с дочерними предприятиями, филиалами, подразделениями при поставке комплектующих; как правило, величина данного показателя существенно ниже рынка.

Суммируя все производственные затраты, в том числе и Fi_h , на обработку продукции в h -м переделе, получаем

$$Cost_h = M_h + R_h + Fi_h - W_h.$$

Принимая во внимание, что отдельный учет издержек обработки (кроме M_h^1) передела по видам выпускаемых на нем полуфабрикатов невозможен (или нецелесообразен из-за высокой стоимости учетных работ), для расчета себестоимости обработки i -го вида продукции используем пропорциональное распределение: принимаем за единицу (эталон) одно из изделий; на другие, исходя из технологии, качества сырья, трудоемкости и иных параметров, устанавливаем коэффициент выше или ниже базового [2]. В соответствии с указанным в п. 2 способом расчета производственная себестоимость единицы i -го вида продукции определяется формулой

$$\begin{aligned} \forall i = n_{h-1}^* + 1, \dots, n_h^*, \\ g_i(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h}^*) = \frac{(Cost_h(\tau))_i}{t_i + \tilde{t}_i} = \sum_{j=1}^m a_{ij} (z_j - z m_j (1 - k m_j)) + \\ (4) + \frac{f_i^1}{\sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} f_i^1(t_i + \tilde{t}_i)} \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \sum_{l=1}^k b_{il} (z b_l - z r_l (1 - k r_l)) \cdot (t_i + \tilde{t}_i) + \\ + \frac{f_i^2}{\sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} f_i^2(t_i + \tilde{t}_i)} Fi_h, \end{aligned}$$

где f_i^1, f_i^2 – коэффициенты пропорциональности (или коэффициенты трудоемкости) соответствующих видов издержек.

После того как известна производственная себестоимость продукции передела, становится возможным расчет полной себестоимости.

¹ Расходы на материалы (M_h), допускающих прямое отнесение на соответствующие виды продукции.

4. Полная себестоимость продукции h -го передела

Условия многоступенчатого производства продукции требуют введения технологической матрицы Ω , элементы которой $\omega_{\alpha i}$ указывают, сколько полуфабриката вида α необходимо для изготовления единицы i -го вида продукции. Ω – матрица с блочной структурой: блоки $\Omega_{\alpha i} = 0$ при $\alpha \geq i$, где $i = n_{h-1}^* + 1, n_h^*$, $\forall h = 1, \dots, H$. Данная конструкция позволяет учитывать особенности использования полуфабрикатов различных переделов в ходе внутреннего производственного потребления¹. Таким образом, фактическая производственная себестоимость полуфабриката определяется следующей итерационной схемой:

$$\begin{aligned} & \forall i = 1, \dots, n_1, \\ & \tilde{s}_i(t_1, \dots, t_{n_1}^*) = g_i(t_1, \dots, t_{n_1}^*), \\ (5) \quad & \forall i = n_{h-1}^* + 1, \dots, n_h^*, \\ & \forall h = 2, \dots, H, \quad \alpha = 1, \dots, n_{h-1}^*, \\ & \tilde{s}_i(t_{n_{h-1}^*+1}, \dots, t_{n_h}^*) = \sum_{\alpha=1}^{n_{h-1}^*} g_{\alpha} (t_1, \dots, t_{n_{h-1}^*}) \omega_{\alpha i} + g_i, \end{aligned}$$

где g_{α} – себестоимость обработки единицы полуфабриката α на одной из предыдущих стадий; g_i – себестоимость изготовления i -го вида продукции в рамках текущего передела.

Производственная себестоимость полуфабриката i -го вида имеет кумулятивный характер [2] в виду присутствия $g_{\alpha}(t_1, \dots, t_{n_{h-1}^*})$, $\alpha = 1, \dots, n_{h-1}^*$: во втором выражении (5) затраты изготовления полуфабрикатов в себестоимости различных изделий повторяются неоднократно, начиная со второго передела. Такое наложение в бухгалтерском учете именуется *внутризаводским оборотом*², который следует исключать из совокуп-

¹ Естественно, с дальнейшим учетом в системе ограничений модели на выпуск продукции.

² Так, стоимость полуфабрикатов и изделий своей выработки, израсходованных на производство товарной продукции (например, стои-

ных затрат для определения реальной прибыли предприятия [3]. Внутри заводский оборот¹ – стоимость продукции своего производства, потреблённой на собственные промышленно-производственные нужды в определенных выше категориях, может быть представлена в виде

$$\sum_{h=2}^H \sum_{\alpha=n_{h-2}^*+1}^{n_{h-1}^*} \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} g_{\alpha} \left(t_1, \dots, t_{n_{h-1}^*} \right) \omega_{\alpha i} \left(t_i + \tilde{t}_i \right).$$

Таким образом, учитывая соответствующую долю внутри-заводского оборота в производственной себестоимости i -го вида продукции, скорректируем ее фактическое значение на величину наслонения:

$$\begin{aligned} \Delta s_i &= \sum_{\alpha=n_{h-2}^*+1}^{n_{h-1}^*} g_{\alpha} \left(t_1, \dots, t_{n_{h-1}^*} \right) \omega_{\alpha i} : \\ \forall i &= n_{h-1}^* + 1, \dots, n_h^*, \forall h = 2, \dots, H, \\ (6) \quad \tilde{s}_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) &= \tilde{\tilde{s}}_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) - \Delta s_i = g_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right), \end{aligned}$$

что совпадает с себестоимостью обработки единицы i -го вида продукции.

Принимая во внимание, что коммерческие (C_h) и общехозяйственные (Fa_h) расходы соответствующего передела (3) учитываются только в полной себестоимости продукции i -го вида², получаем

мость стали своего производства, израсходованной на изготовление проката; стоимость деталей своего изготовления, вошедших в собранное изделие), входит в состав внутризаводского оборота.

¹ Внутри заводской оборот считается основным недостатком полуфабрикатного способа.

² На стадии $h = H$ реализуемые полуфабрикаты являются конечными видами продукции промышленного предприятия, т.е. в рассматриваемой задаче управления полагаем, что $\omega_i \equiv 0$, $i = n_{H-1}^* + 1, n_H^*$.

$$\forall h = 1, \dots, H, \quad \forall i = n_{h-1}^* + 1, \dots, n_h^*,$$

$$(7) \quad \tilde{s}_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) = \bar{s}_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) + \frac{Fa_h + C_h}{\sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} (t_i + \tilde{t}_i)},$$

с учетом (6) в (7) расчетное значение плановой себестоимости полуфабриката i -го вида (\tilde{s}_i), учитываемое в функционале прибыли, приобретает вид

$$(8) \quad \tilde{s}_i \left(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right) = g_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right) + \frac{Fa_h + C_h}{\sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} (t_i + \tilde{t}_i)}.$$

5. Целевой функционал и особенности системы ограничений

В силу предположения модели о том, что ценовых характеристики являются кусочно-постоянными функциями времени, горизонт планирования $[T_0, T_H]$ может быть разбит на несколько H временных отрезков, на каждом из этих которых общая постановка задачи оптимизации (1') определяет стационарную модель, аналогичную приводимой в работе [4]. Согласованность производственного цикла (среднесрочного планирования с краткосрочным) позволяет рассматривать динамическую модель управления предприятием как совокупность стационарных моделей на отрезках разбиения $[T_{h-1}, T_h]$ периода $[T_0, T_H]$, соответствующих переделам.

В этой связи исходная задача управления (1') может быть переформулирована:

$$(1'') \quad \pi = (1 - \beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \left(\int_{T_{h-1}}^{T_h} D(\tau) \left(p_i(\tau) - \tilde{s}_i \left(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right) \right) \times \right. \\ \left. \times \left(t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau) \right) d\tau \right) \rightarrow \max_{t_1(\tau), \dots, t_N(\tau)},$$

где D_h , $h = 1, \dots, H$ – индивидуальный дефлятор. Максимизация прибыли осуществляется в предположении, что затраты на

хранение отсутствуют (вся продукция \tilde{t}_i реализуется в том же временном периоде, что и выпуск). Предприятия подобного типа используют складские помещения для некоторого запаса материалов, который предназначен для обеспечения непрерывности производственного процесса. Расходы по содержанию и эксплуатации такого рода объектов включаются в общезаводские расходы (Fa).

Принимая во внимание то, что $\forall h = 1, \dots, H, \forall \tau \in [T_{h-1}, T_h]$: $D(\tau)p_i(\tau) \equiv p_i^h, D(\tau)g_i(\tau) \equiv g_i^h$, преобразуем целевой функционал динамической модели управления ($1''$):

$$(9) \quad \begin{aligned} \pi = & (1-\beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \int_{T_{h-1}}^{T_h} D(\tau) \left(p_i(\tau) - \tilde{s}_i \left(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right) \right) \times \\ & \times (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau = (1-\beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \left(p_i^h \int_{T_{h-1}}^{T_h} (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau - \right. \\ & \left. - \int_{T_{h-1}}^{T_h} \tilde{s}_i \left(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right) (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau \right). \end{aligned}$$

Подставляя расчетное значение себестоимости i -го продукта (8) в (9) на основании предположений модели (п. 1), получаем

$$(10) \quad \begin{aligned} \pi = & (1-\beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \left(p_i^h \int_{T_{h-1}}^{T_h} (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau - \right. \\ & \left. - \int_{T_{h-1}}^{T_h} \tilde{s}_i \left(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right) (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau \right) = \\ & = (1-\beta) \left(\sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} p_i^h (t_i + \tilde{t}_i) - \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \int_{T_{h-1}}^{T_h} g_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) \times \right. \\ & \times (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau - (Fa + C) \Big) = \\ & = (1-\beta) \left(\sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \left(p_i^h - g_i^h \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) \right) (t_i + \tilde{t}_i) - (Fa + C) \right). \end{aligned}$$

где p_i^h – цена реализации; $g_i^h \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right)$ – себестоимость обработки i -го вида продукции в h -м перделе соответственно.

Учитывая методику калькуляции плановой себестоимости комбинированным способом распределения затрат между разными полуфабрикатами каждой технологической стадии (4), получаем¹:

$$(11) \quad \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} g_i^h \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) (t_i + \tilde{t}_i) = \\ = \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \left(\sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot (z_j^h - (1 - km_j) \cdot zm_j^h) + \right. \\ \left. + \sum_{l=1}^k b_{il} \cdot (zb_l^h - (1 - kr_l) \cdot zr_l^h) \right) (t_i + \tilde{t}_i) + Fi.$$

Приведенный функционал прибыли (10) с учетом (11) приобретает вид

$$(12) \quad \pi = (1 - \beta) \left(\sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \left(p_i^h - g_i^h \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) \right) (t_i + \tilde{t}_i) - (Fa + C) \right) = \\ = (1 - \beta) \left(\sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} p_i^h (t_i + \tilde{t}_i) - \right. \\ \left. - \sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \int_{T_{h-1}}^{T_h} g_i \left(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right) (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau - (Fa + C) \right) = \\ = (1 - \beta) \left(\sum_{h=1}^H \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \left(p_i^h - \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot (z_j^h - (1 - km_j) \cdot zm_j^h) - \right. \right. \\ \left. \left. - \sum_{l=1}^k b_{il} \cdot (zb_l^h - (1 - kr_l) \cdot zr_l^h) \right) (t_i + \tilde{t}_i) - (Fi + Fa + C) \right) = \\ = (1 - \beta) \left(\sum_{i=1}^N \left(p_i - \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot (z_j - (1 - km_j) \cdot zm_j) - \right. \right. \\ \left. \left. - \sum_{l=1}^k b_{il} \cdot (zb_l - (1 - kr_l) \cdot zr_l) \right) \times (t_i + \tilde{t}_i) - (Fi + Fa + C) \right)$$

¹ Заметим, что $t_i \equiv 0$, $i = n_{H-1}^* + 1, n_H^*$.

Из (12) видно, что функционал прибыли линеен относительно сортамента $(t_1, \tilde{t}_1, \dots, t_N, \tilde{t}_N)$.

Естественно полагать наличие некоторых ограничений, обусловленных особенностями промышленного технологического процесса, использования ресурсов и т.д. Вследствие поперечного учета затрат на предприятии (см. п.2) возникают дополнительные ограничения на выпуск, в частности, на i -й вид продукции $\tilde{t}_i, \forall i = 1, \dots, N$, может быть наложено условие вида

$$(13) \min(\tilde{t}_i + t_i) \leq \sum_{i=1}^N (\tilde{t}_i + t_i) \leq \max(\tilde{t}_i + t_i),$$

где $\min(\tilde{t}_i + t_i)$ и $\max(\tilde{t}_i + t_i)$ – минимальные и максимальные производственные мощности предприятия

Организация производственного цикла по переделам вносит и технологические коррективы в систему ограничений: согласованность технологических коэффициентов использования полуфабрикатов для внутреннего потребления с объемом выпуска продукции:

$$(14) \sum_{i=1}^N \omega_{\alpha i} t_i = t_{\alpha}, \alpha = \overline{1, n_{h-1}^*}.$$

Список ограничений модели при необходимости может быть расширен.

Задача оптимизации состоит в нахождении сортамента $t_1, \tilde{t}_1, \dots, t_N, \tilde{t}_N$ и последующем вычислении значений себестоимости при условиях (13)–(14), максимизирующего функционал прибыли (12).

6. Модельный пример

Проиллюстрируем работу модели на численном примере. Пусть

$N = 3$ (количество видов выпускаемой продукции);

$H = 1$ (количество переделов);

$m = 2$ (количество видов материалов);

$k = 2$ (количество видов сырья).

Полная себестоимость единицы i -го вида продукции в этом случае определяется формулой

$$s_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} (z_j - z m_j (1 - k m_j)) + \frac{f_i^1}{\sum_{i=1}^N t_i} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^k b_{il} (z b_l - z r_l (1 - k r_l)) t_i +$$

$$+ \frac{f_i^2}{\sum_{i=1}^N f_i^2 t_i} F i + \frac{F a + C}{\sum_{i=1}^N t_i} = \sum_{j=1}^2 a_{ij} (z_j - z m_j (1 - k m_j)) +$$

$$+ \frac{f_i^1}{\sum_{i=1}^3 f_i^1 t_i} \sum_{i=1}^3 \sum_{l=1}^2 b_{il} (z b_l - z r_l (1 - k r_l)) t_i + \frac{f_i^2}{\sum_{i=1}^3 f_i^2 t_i} F i + \frac{F a + C}{\sum_{i=1}^3 t_i}$$

Сделаем предположения относительно величины издержек, включаемых в себестоимость продукции:

$F i = 1000$ у. е. (постоянные);

$F a = 2500$ у. е. (общехозяйственные);

$C = 3000$ у. е. (коммерческие).

Для определения издержек на выпуск продукции соответствующего вида воспользуемся матрицами затрат материалов и сырья¹.

Таблица 1. Матрицы затрат материалов и сырья

Матрица затрат материалов, a_{ij}					
Вид материала, j	Вид продукции, $m/ед$			Цена за 1т материала	Коэффициент использования, $к m_j$
	1	2	3		
1	5	4	1	10	0,7
2	3	1	2	15	0,85
Матрица затрат сырья, b_{il}					
Вид сырья, l	Вид продукции, $m/ед$			Цена за 1т сырья	Коэффициент использования, $к m_l$
	1	2	3		
1	1	1	2	12	0,8
2	2	1	1	4	0,7

¹ Для наглядности полагаем $z_j = z m_j$ и $z r_l = z b_l$, во избежание дополнительных преобразований в вычислениях.

Косвенные затраты, включаемые в себестоимость, учитываются с помощью коэффициентов трудоемкости

Таблица 2. Коэффициенты распределения косвенных затрат, включаемых в себестоимость продукции

Коэффициенты трудоемкости	Вид продукции		
	1	2	3
f^1	0,4	0,1	0,9
f^2	0,7	0,4	0,9

Теперь рассчитаем себестоимость для соответствующих видов продукции:

$$s_1 = 73,25 + \frac{0,4(15,2t_1 + 12,4t_2 + 22t_3)}{0,4t_1 + 0,1t_2 + 0,9t_3} + \frac{700}{0,7t_1 + 0,4t_2 + 0,9t_3} + \frac{5500}{\sum_{i=1}^3 t_i};$$

$$s_2 = 40,75 + \frac{0,1(15,2t_1 + 12,4t_2 + 22t_3)}{0,4t_1 + 0,1t_2 + 0,9t_3} + \frac{400}{0,7t_1 + 0,4t_2 + 0,9t_3} + \frac{5500}{\sum_{i=1}^3 t_i};$$

$$s_3 = 32,5 + \frac{0,9(15,2t_1 + 12,4t_2 + 22t_3)}{0,4t_1 + 0,1t_2 + 0,9t_3} + \frac{900}{0,7t_1 + 0,4t_2 + 0,9t_3} + \frac{5500}{\sum_{i=1}^3 t_i}.$$

Несмотря на то, что цена реализации продукции на момент выпуска известна, мы не владем информацией относительно того выпуск какого вида продукции выгоднее. При опорном производственном плане {3000; 1000; 500} наиболее выгодным оказывается выпуск второго вида продукции (так как $\max(p_i - s_i) = p_2 - s_2$).

вид продукции, i	объем выпуска, t _i	себестоимость	цена реализации	прибыльность
1	3000	90,7213207	94	3,278679303
2	1000	56,93865773	66	9,061342272
3	500	46,29476036	55	8,705239636
	4500			

Рис. 1. Прибыльность при сортаменте {3000; 1000; 500}

Но уже при сортаменте {1000; 2000; 1500} выпуск третьего вида продукции характеризуется максимальной прибыльностью.

вид продукции, i	объем выпуска, t _i	себестоимость	цена реализации	прибыльность
1	1000	93,03677646	94	0,963223535
2	2000	59,04075069	66	6,959249314
3	1500	47,92114811	55	7,078851892
	4500			

Рис. 2. Прибыльность при сортаменте {1000; 2000; 1500}

Определим величину чистой прибыли для каждого из двух приведенных выше производственных планов. В соответствии с (12) в рассматриваемом случае формула для вычисления прибыли¹ принимает вид

$$\pi = (1 - \beta) \left(\sum_{i=1}^3 \left(p_i - \sum_{j=1}^2 a_{ij} \cdot (z_j - (1 - km_j) \cdot zm_j) - \sum_{l=1}^2 b_{il} \cdot (zb_l - (1 - kr_l) \cdot zr_l) \right) t_i - (Fi + Fa + C) \right).$$

Учитывая текущую ставку налога на прибыль 20% (т.е. $\beta = 0,2$) и подставляя известные характеристики, после преобразований получаем

$$\pi = 5,55t_1 + 12,85t_2 + 0,5t_3 - 6500.$$

Таким образом, $\pi_1 = 18\ 600$ и $\pi_2 = 20\ 400$.

Введем некоторые ограничения на выпуск:

1) на минимальный индивидуальный выпуск каждого вида продукции (обусловлено уже заключенными контрактами на поставку)

$$t_i \geq 100, \forall i = \overline{1,3};$$

2) на совокупный выпуск продукции (обусловлено производственными мощностями предприятия)

$$1200 \leq \sum_{i=1}^3 t_i \leq 4500;$$

3) на использование материально-сырьевой базы

¹ Величину дефлятора (D) для определенности полагаем равной 1.

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 a_{ij} (z_j - (1 - km_j) \cdot zm_j) t_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{l=1}^2 b_{il} (zb_l - zr_l (1 - kr_l)) t_i \leq 250000.$$

Максимизируя прибыль, с учетом ограничений на материалы и объемы производства

$$\left\{ \begin{array}{l} t_i \geq 100, \forall i = \overline{1,3} \\ 1200 \leq \sum_{i=1}^3 t_i \leq 4500, \\ \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 a_{ij} (z_j - (1 - km_j) \cdot zm_j) t_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{l=1}^2 b_{il} (zb_l - zr_l (1 - kr_l)) t_i \leq 250000 \end{array} \right.$$

с помощью встроенной функции «Поиск решения» в среде MS Excel получаем

вид продукции, i	объем выпуска, t _i	себестоимость	цена реализации	доход	полные издержки		прибыльность 1 ед
1	100	88,49113615	94	9400	8849,113615	550,8864	5,508863854
2	4300	54,8908281	66	283800	236030,5608	47769,44	11,1091719
3	100	44,60325549	55	5500	4460,325549	1039,674	10,39674451
	4500				прибыль	39488	

Рис. 3. Оптимальный сортамент выпуска {100; 4300; 100}

Таким образом, сортамент выпуска {100; 4300; 100} доставляет максимальное значение функции прибыли в размере 39488 у.е.

Проведенный эксперимент имеет методическую ценность, подтверждая работоспособность предлагаемой модели.

7. Заключение

В работе построена математическая модель управления промышленным предприятием в целях максимизации прибыли на среднесрочную перспективу. Результаты моделирования приведены для поперечного метода калькулирования себестоимости продукции предприятий с комбинированным способом распределения затрат по полуфабрикатам. В ходе исследования установлена линейность функционала прибыли относительно сортамента выпускаемой продукции, что позволяет использовать аппарат линейного программирования для его оптимизации.

Безусловно, отдельный интерес представляет построение аналогичной модели долгосрочного планирования. В ее рамках естественно рассматривать изменение технологических показателей и факторов производства, объем производственной инфраструктуры и ее организации, влияние эффектов масштаба производств и обучения на изменение постоянных издержек и т.п. Конечно, авторы не претендуют на всеобъемлемость данной модели, вполне возможны и обоснованы и так иные пути оптимизации.

Предлагаемая модель управления может быть применена и в случае использования иных приемов калькулирования (см. п. 2), употребляемых в рамках попередельного метода калькуляции себестоимости. На практике модель допускает модификацию в целях применения как к горизонтально-интегрированным предприятиям, так и для производств с сетевой организацией.

Литература

1. ЕФРЕМОВА А.А. *Способы калькулирования себестоимости* // Справочник экономиста. – 2003. – №5. – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.profiz.ru/se/5_2003/863/ (дата доступа: 13.09.12).
2. ЖАРИКОВА Л.А. *Управленческий учет: Учебное пособие.* – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 136 с.
3. КОЗЛОВА Е.П., ПАРАШУТИН Н.В., БАБЧЕНКО Т.Н. *Бухгалтерский учет в промышленности.* – М.: Финансы и статистика, 1993. – 432с.
4. ЛАРИНА И.А., ЛОСЕВ А.Г. *Об одной дескриптивно-оптимизационной модели планирования себестоимости продукции* // Вестник ВолГУ. – 2003–2004. – Серия 9, вып. 3, ч. 2. – С. 29–35.
5. ЛОСЕВ А.Г., РАДЧИК М.В. *Об одной дескриптивно-оптимизационной модели среднесрочного планирования* // Проблемы управления. – 2008. – №2. – С. 42–47.
6. *Налоговый Кодекс Российской Федерации: Части первая и вторая* – М.: ТК Велби, Издательство «Проспект», 2004. – 600 с.

7. Основные положения по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции на промышленных предприятиях(утв. ЦСУ СССР, Госпланом СССР, Госкомцен СССР и Минфином СССР 20 июля 1970 г. N АБ-21-Д.– [Электронный ресурс]. –URL: <http://zakon.law7.ru/legal2/se3/pravo3159/index.htm>.

PROCESSING METHOD OF COST ACCOUNTING AND MODEL OF ENTERPRISE MANAGEMENT

Alexander Losev, Volgograd state University, Volgograd, Doctor of Science, professor (alexander.losev@volsu.ru).

Radchik Maria, Volgograd state University, Volgograd, assistant of the Department of Mathematical analysis and theory of functions (radchikmv@mail.ru).

Abstract: We suggest a descriptive and optimization model of medium-term planning and decision-making at an industrial enterprise. This model is studied for an enterprise employing processing method of cost accounting with combined scheme of cost distribution over intermediate products. In particular, we establish that profit function is linear with respect to the product mix.

Keywords: enterprise management model, processing method of cost accounting.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Р.М. Нижегородцевым

*Поступила в редакцию 17.11.2013.
Опубликована 31.05.2014.*