

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, используя в основном по факту изготовления, в том числе по причине зависимости себестоимости продукции от пропорции выпуска, т.н. сортамента. При этом резко меняющаяся экономическая ситуация, положим 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, отвечают требованию об 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 -ого передела включительно, как $n_u^* \equiv \sum_{g=1}^u n_g, (n_0^* \equiv 0)$. 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 $[0, \tau]$; $t_i(\tau)$, $\hat{s}_i(\tau)$ и $p_i(\tau)$ – объем выпуска, себестоимость⁴ и цена реализации

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.

⁴ Более подробное описание структуры функции себестоимости приведено ниже.

(за вычетом НДС и акцизов) продукции i -ого 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:

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

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

В управлении промышленным предприятием планирование разделяют на краткосрочное, среднесрочное и долгосрочное¹. 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 прогнозных значений. В настоящей работе предполагается, что все

¹ При построении экономико-математических моделей придерживаются той же классификации, учитывая особенности экономических явлений и используемый математический аппарат.

ценовые показатели $z_{\xi}(\tau)$, $p_i(\tau)$, $i = \overline{1, N}$ (здесь $z_{\xi}(\tau)$ – компоненты вектор-функции $z(\tau)$) являются кусочно-постоянными функциями времени, что вполне соотносится с реальностью.

• Компоненты вектор-функции базовых технологий $\gamma(\tau)$, $\gamma_{\xi}(\tau) \equiv C_{\xi} = \text{const}$ 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 $i = \overline{n_{h-1}^* + 1, n_h^*}$, $\forall h = \overline{1, H}$; $t_i(\tau)$ – планируемый объем выпуска продукции данного вида в момент времени τ :

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

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:

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

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

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

2. Структура затрат в себестоимости и другие особенности попердельного 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 т.ч. 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 попердельное калькулирование полуфабрикатов или конечных продуктов.

Сущность попердельного метода калькуляции себестоимости заключается в том, что объектом учета затрат является передел, т.е. учет затрат ведется по переделам, несмотря на то,

¹ Методика отечественных расчетов аналогична западным технологиям.

² Нормы их использования в производстве.

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 продукта (полуфабриката, прошедшего все технологически необходимые стадии производства), в полуфабрикатном варианте исчисляется себестоимость полуфабрикатов собственного

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.

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 однопердельная
$n>1$	$h=1$	Коэффициентная однопердельная
$n=1$	$h>1$	Простая многопердельная
$n>1$	$h>1$	Коэффициентная многопердельная

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

Простая и коэффициентная однопредельные калькуляции относятся к попроцессному методу учета, общие результаты для которого были изложены ранее в работе [5]. Простая многопредельная 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 многопредельная 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 -ого передела

Расчету себестоимости полуфабрикатов и конечной продукции предшествует определение себестоимости обработки i -го вида продукции, которую будем обозначать $g_i \left(\tau, t_{n_{h-1}^*+1}^*(\tau), \dots, t_{n_h^*}^*(\tau) \right), \forall \tau \in [T_{h-1}; T_h], \forall h = \overline{1, H}, i = \overline{n_{h-1}^*+1, n_h^*}$.

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:

$$(3) \quad \begin{aligned} &\forall h \in [1, H], \\ &Cost_h^* = Cost_h + Fa_h + C_h. \end{aligned}$$

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 -ого 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 -ого 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 -ого вида материала и l -го вида сырья, соответственно ($j = \overline{1, m}, l = \overline{1, k}$); 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:

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

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 отпущенных в передел за вычетом неиспользованной их части. Для каждого вида материала и сырья существуют коэффициенты их использования (km_j и kr_l , соответственно), то есть $(1 - km_j)$ 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 -ой технологической стадий в стоимостном выражении:

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.

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

Суммируя все производственные затраты, в том числе и Fi_h на обработку продукции в h -ом 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:

$$\begin{aligned} \forall i = n_{h-1}^* + 1, n_h^*, \\ g_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) = \frac{(Cost_h(\tau))_i}{t_i + \tilde{t}_i} = \sum_{j=1}^m a_{ij} \left(z_j - z m_j (1 - k m_j) \right) + \\ (4) \quad + \frac{f1_i}{\sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} f1_i (t_i + \tilde{t}_i)} \sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} \sum_{l=1}^k b_{il} \left(z b_l - z r_l (1 - k r_l) \right) \cdot (t_i + \tilde{t}_i) + \\ + \frac{f2_i}{\sum_{i=n_{h-1}^*+1}^{n_h^*} f2_i (t_i + \tilde{t}_i)} Fi_h, \end{aligned}$$

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

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

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

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 $i = \overline{n_{h-1}^* + 1, n_h^*}$, $\forall h = \overline{1, H}$. Данная конструкция позволяет учитывать особенности использования полуфабрикатов различных переделов в ходе внутреннего производственного потребления¹. Таким образом, фактическая производственная себестоимость полуфабриката определяется следующей итерационной схемой:

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

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

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

$g_{\alpha} \left(t_1, \dots, t_{n_{h-1}}^* \right), \quad \alpha = \overline{1, n_{h-1}^*}$: во втором выражении (5) затраты изготовления полуфабрикатов в себестоимости различных изделий, начиная со 2-го передела повторяются неоднократно. Такое наслоение в бухгалтерском учете именуется *внутризаводским оборотом*¹, который следует исключать из совокупных затрат для определения реальной прибыли предприятия [3]. Внутризаводский оборот² - 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 внутризаводского оборота в производственной себестоимости i -ого вида продукции, скорректируем ее фактическое значение на

$$\text{величину наслоения: } \Delta S_i = \sum_{\alpha=n_{h-2}^*+1}^{n_{h-1}^*} g_{\alpha} \left(t_1, \dots, t_{n_{h-1}}^* \right) \omega_{\alpha i} :$$

$$\begin{aligned} \forall i = \overline{n_{h-1}^*+1, n_h^*}, \forall h = \overline{2, H}, \\ (6) \quad \tilde{s}_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) = \tilde{\tilde{s}}_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right) - \Delta S_i = g_i \left(t_{n_{h-1}^*+1}^*, \dots, t_{n_h^*}^* \right), \end{aligned}$$

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)

¹ Так, стоимость полуфабрикатов и изделий своей выработки, израсходованных на производство товарной продукции (например, стоимость стали своего производства, израсходованной на изготовление проката; стоимость деталей своего изготовления, вошедших в собранное изделие) входит в состав *внутризаводского оборота*.

² Внутризаводской оборот считается основным недостатком полуфабрикатного способа.

учитываются только в полной себестоимости продукции i -го вида¹, получаем:

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

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

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

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

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

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

где D_h , $h = \overline{1, H}$ – 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 $\forall h = \overline{1, H}, \forall \tau \in [T_{h-1}, T_h]$: $D(\tau)p_i(\tau) \equiv p_i^h, D(\tau)g_i(\tau) \equiv g_i^h$ преобразуем целевой функционал динамической модели управления (1''):

$$(9) \quad \pi = (1-\beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=\bar{n}_{h-1}+1}^{\bar{n}_h} \int_{T_{h-1}}^{T_h} D(\tau) \left(p_i(\tau) - \tilde{s}_i \left(\tau, t_{\bar{n}_{h-1}+1}^*(\tau), \dots, t_{\bar{n}_h}^*(\tau) \right) \right) (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau \\ = (1-\beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=\bar{n}_{h-1}+1}^{\bar{n}_h} \left(p_i^h \int_{T_{h-1}}^{T_h} (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau - \int_{T_{h-1}}^{T_h} \tilde{s}_i \left(\tau, t_{\bar{n}_{h-1}+1}^*(\tau), \dots, t_{\bar{n}_h}^*(\tau) \right) \times \right. \\ \left. \times (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau \right).$$

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

$$(10) \quad \pi = (1-\beta) \sum_{h=1}^H \sum_{i=\bar{n}_{h-1}+1}^{\bar{n}_h} \left(p_i^h \int_{T_{h-1}}^{T_h} (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau - \int_{T_{h-1}}^{T_h} \tilde{s}_i \left(\tau, t_{\bar{n}_{h-1}+1}^*(\tau), \dots, t_{\bar{n}_h}^*(\tau) \right) \times \right. \\ \left. \times (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau \right) = (1-\beta) \left(\sum_{h=1}^H \sum_{i=\bar{n}_{h-1}+1}^{\bar{n}_h} p_i^h (t_i + \tilde{t}_i) - \right. \\ \left. - \sum_{h=1}^H \sum_{i=\bar{n}_{h-1}+1}^{\bar{n}_h} \int_{T_{h-1}}^{T_h} g_i \left(t_{\bar{n}_{h-1}+1}^*, \dots, t_{\bar{n}_h}^* \right) (t_i(\tau) + \tilde{t}_i(\tau)) d\tau - (Fa + C) \right) \\ = (1-\beta) \left(\sum_{h=1}^H \sum_{i=\bar{n}_{h-1}+1}^{\bar{n}_h} \left(p_i^h - g_i^h \left(t_{\bar{n}_{h-1}+1}^*, \dots, t_{\bar{n}_h}^* \right) \right) (t_i + \tilde{t}_i) - (Fa + C) \right).$$

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

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

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

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

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

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

$$(12) \quad = (1-\beta) \left(\sum_{i=1}^N \left(p_i - \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot (z_j - (1-km_j) \cdot zm_j) - \right. \right. \\ \left. \left. - \sum_{l=1}^k b_{il} \cdot (zb_l - (1-kr_l) \cdot zr_l) \right) \times (t_i + \tilde{t}_i) - (Fi + Fa + C) \right)$$

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 -ый вид продукции $\tilde{t}_i, \forall i = \overline{1, N}$ может быть наложено условие вида:

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

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:

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

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), максимизирующих 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

$$s_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} (z_j - z m_j (1 - k m_j)) + \frac{f 1_i}{\sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^k b_{il}} \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^k b_{il} (z b_l - z r_l (1 - k r_l)) t_i + \frac{f 2_i}{\sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^k b_{il}} F i + \frac{F a + C}{\sum_{i=1}^N t_i} =$$

$$= \sum_{j=1}^2 a_{ij} (z_j - z m_j (1 - k m_j)) + \frac{f 1_i}{\sum_{i=1}^3 \sum_{l=1}^2 b_{il}} \sum_{i=1}^3 \sum_{l=1}^2 b_{il} (z b_l - z r_l (1 - k r_l)) t_i + \frac{f 2_i}{\sum_{i=1}^3 \sum_{l=1}^2 b_{il}} F i + \frac{F a + C}{\sum_{i=1}^3 t_i}$$

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, km_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, km_l
	1	2	3		
1	1	1	2	12	0,8

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

2	2	1	1	4	0,7
---	---	---	---	---	-----

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
f1	0,4	0,1	0,9
f2	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 владеем информацией относительно того выпуск какого вида продукции выгоднее. При опорном производственном плане {3000;1000;500} наиболее выгодным оказывается выпуск 2-го вида продукции (т.к. $\max(p_i - s_i) = p_2 - s_2$).

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 3-го 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, $\pi_1=18600$ и $\pi_2=20400$.

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

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

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

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	5,508863854
2	4300	54,8908281	66	283800	236030,5608	11,1091719
3	100	44,60325549	55	5500	4460,325549	10,39674451
	4500				прибыль	39488

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

Таким образом, сортament 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, №5 2003
2. ЖАРИКОВА Л. А. *Управленческий учет: Учебное пособие* / Л. А. Жарикова – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. -136с.
3. КОЗЛОВА Е.П. *Бухгалтерский учет в промышленности* / Е.П.Козлова, Н.В. Парашутин, Т.Н. Бабченко. - М.: Финансы и статистика, 1993 – 432с.: ил.
4. ЛАРИНА И.А., ЛОСЕВ А.Г. *Об одной дескриптивно-оптимизационной модели планирования себестоимости продукции*// Вестник ВолГУ. Серия 9. Вып. 3. 2003-2004. 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. – 600с.
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)* // Экономика и жизнь, 1996 г., N 52.

THE CONTROL MODEL BY THE ENTERPRISE DURING CALCULATION OF THE PRIME COSTS IN TECHNOLOGICAL STAGES

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: The work is devoted to the construction a descriptive optimization control model by the industrial enterprise in conditions of medium-term planning. Results are given for case, when the calculation of prime costs of enterprise is formed on technological stages with application combined method of allocating costs by semi-finished products. In particular, it's established that the functionality profit is linear with respect to the product mix.

Keywords: the control model by the enterprise, the calculation of the cost price of the technological stages.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии ...заполняется редактором...*

*Поступила в редакцию ...заполняется редактором...
Опубликована ...заполняется редактором...*