

## МАТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

А. Б. МАНДЕЛЬ

(Москва)

Технико-экономическое текущее планирование деятельности нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) предполагает разработку в годовом, квартальном и месячном разрезе производственной программы основных и вспомогательных цехов, плана материально-технического снабжения, сметы и свода затрат, калькуляции себестоимости продукции и услуг и расчет финансовых результатов (прибыли).

Существующая практика планирования предусматривает составление для этой цели системы натуральных и стоимостных балансов, которые должны быть увязаны между собой с учетом как внутренних, так и внешних ограничений. Рекомендуемые в литературе по планированию нефтеперерабатывающего производства методы расчета и взаимоувязки отдельных балансов весьма примитивны, они не учитывают многих существенных особенностей нефтепереработки, таких как гибкость режимов работы технологических установок и многообразие рецептов смешения товарных продуктов, отсутствие пропорциональной зависимости между некоторыми видами затрат и объемом производства и пр.

Для увязки натуральных и стоимостных балансов в отраслевой экономической литературе предлагается применять шахматные таблицы, обеспечивающие совмещение баланса затрат на производство продукции с балансом ее распределения. Так, В. И. Бородкин рекомендует строить материальный баланс основного производства НПЗ в виде шахматной таблицы [1], А. Н. Желиховская рассматривает построение шахматного баланса при составлении свода затрат [2]. Однако в теории до сих пор отсутствовал достаточно универсальный метод взаимоувязки всех основных балансов, характеризующих производственно-хозяйственную деятельность нефтеперерабатывающего завода, и на практике обычно применяется традиционный способ последовательного расчета балансов «по цепочке», что затрудняет их согласование, особенно при наличии обратных связей между производственными ячейками.

В ЦЭМИ АН СССР разработана матричная модель нефтеперерабатывающего завода, позволяющая увязывать между собой отдельные натуральные и стоимостные балансы, охватывающие все стороны производственно-хозяйственной деятельности предприятия. В основу матричной модели положен метод — выпуска, нашедший широкое применение при построении межотраслевых балансов производства и распределения продукции [3—5]. Различные модификации этого метода были разработаны для решения задач внутризаводского планирования [6—8]. Большую роль в теоретической разработке и экспериментальной проверке матричных моделей сыграли исследования коллектива Лаборатории экономико-математических методов АН СССР, руководимой академиком В. С. Немчиновым [9—11]. Свообразие предлагаемой нами модели за-

Таблица 1

Структура матричной модели производственно-хозяйственной деятельности нефтеперерабатывающего завода

Структура основных фондов в разрезе организационных подразделений завода		Структура запасов на начало планового периода		Структура запасов на конец планового периода		Структура выпуска и распределение конечной продукции и услуг		Структура затрат по потребителям конечной продукции и услуг	
Основная продукция	Приготовление товарной продукции	Услуги основного производственного вспомогательному		Формирование косвенных расходов		Выпуск и распределение конечной продукции и услуг	Структура запасов на конец планового периода	Структура затрат по потребителям конечной продукции и услуг	Структура выпуска и распределение конечной продукции и услуг
		Полуфабрикаты и компоненты из запаса	Услуги вспомогательного производства	Услуги вспомогательного производства смешению	Взаимные услуги вспомогательных производств				
Циоочная продукция	Выпуск товарной продукции	Распределение косвенных расходов		Распределение косвенных расходов		Перераспределение по сторонам и денежным средствам		Структура затрат по потребителям конечной продукции и услуг	
Заработная плата, амортизация и другие денежные расходы, прибыль		Поставки со стороны сырья, основных и вспомогательных материалов, топлива и энергии		Поставки со стороны сырья, основных и вспомогательных материалов, топлива и энергии		Заработная плата, амортизация и другие денежные расходы, прибыль		Структура затрат по потребителям конечной продукции и услуг	
Структура рабочей силы по категориям и квалификациям в разрезе организационных подразделений завода		Структура затрат на начало планового периода		Структура затрат на начало планового периода		Структура затрат на начало планового периода		Структура затрат на начало планового периода	

ключается, во-первых, в ее специфической блочной структуре, учитывающей особенности нефтеперерабатывающего предприятия; во-вторых, в использовании различных методов формирования коэффициентов затрат — выпуска в зависимости от вида затрат и характера той или иной производственной ячейки завода; в-третьих, в способе формирования и распределения косвенных расходов.

Структура модели производственно-хозяйственной деятельности нефтеперерабатывающего завода показана в табл. 1. Модель включает четыре квадранта: I — взаимные поставки продуктов и услуг между подразделениями завода; II — структура конечной продукции; III — поставки со стороны, денежные расходы и прибыль; IV — перераспределение поставок со стороны и денежных расходов вне производственной сферы.

В забалансовых разделах, примыкающих в виде «крыльев» к четырехквadrантной сводной матрице затрат — выпуска, можно представить следующую информацию, существенную при планировании и анализе работы предприятия: 1) структуру основных фондов по видам в разрезе установок, цехов и участков основного и вспомогательного производства; 2) структуру рабочей силы по категориям и квалификации в разрезе номенклатуры столбцов первого квадранта; 3) структуру переходящих остатков на начало и конец рассматриваемого периода; 4) структуру материально-технического снабжения по поставщикам и структуру сбыта товарной продукции и услуг по потребителям.

Первый квадрант, характеризующий потоки продуктов и услуг внутри предприятия, подразделен на отдельные блоки в соответствии со спецификой нефтепереработки и особенностями учета и распределения затрат. Наряду с обычным подразделением на основное и вспомогательное производство, выделены следующие блоки: побочной (некалькулируемой) продукции, полуфабрикатов и компонентов из запаса, смешения и выпуска товарной продукции, а также блоки формирования и распределения косвенных расходов (затраты по обработке, цеховые, общезаводские). Блочное построение первого квадранта модели позволяет организовать информацию в виде, удобном для обозрения и использования, способствует разработке эффективных расчетных методов.

Классификация строк и столбцов в первом квадранте основана на совместном рассмотрении продуктового, передельного и организационного разрезов и может варьироваться в зависимости от назначения модели и возможностей учета. Это делает матричную модель удобным инструментом как для калькуляции себестоимости продуктов и услуг основного и вспомогательного производства (продуктово-передельный разрез), так и для составления сбалансированных смет затрат — выпуска по отдельным установкам, цехам и участкам, находящимся на хозрасчете (организационный разрез).

Если первый квадрант модели характеризует структуру внутризаводского оборота, то второй квадрант — это выход, а третий квадрант — вход системы. Номенклатура второго квадранта по строкам, а третьего по столбцам совпадает с соответствующей номенклатурой первого квадранта. По столбцам второго квадранта выделяются следующие направления использования конечной продукции: товарная продукция основного производства, приращение запасов полуфабрикатов и готовой продукции, услуги вспомогательных производств капитальному ремонту, капитальному строительству, жилищно-коммунальному хозяйству, сторонним потребителям. По строкам третьего квадранта выделяются: блок материально-технического снабжения — поставки со стороны сырья и основных материалов, реагентов и катализатора, вспомогательных материалов, энергии; блок денежных расходов — амортизация, заработная плата, отчисления на со-

циальное страхование, расходы будущих периодов и пр. Номенклатура строк третьего квадранта совпадает с повсеместно применяемой в учете и планировании классификацией сметы затрат на производство по элементам.

Таким образом, метод затрат — выпуска позволяет рассмотреть во взаимозавязанном и согласованном виде структуру внутривозовского оборота, конечной продукции и сметы затрат за тот или иной плановый или отчетный период в продуктовом и организационном разрезе. Часть разделов матричной модели (производственная программа основных и некоторых вспомогательных цехов, план материально-технического снабжения) рассчитывается сначала в натуральном, а затем в стоимостном виде. Все блоки матричной модели увязываются между собой и модель в целом балансируется по строкам и столбцам в денежном выражении, образуя сводный шахматный баланс производственно-хозяйственной деятельности НПЗ (свод затрат — выпуска).

Большинство матричных моделей, предназначенных для внутривозовского планирования, строится по схеме открытой статической модели затрат — выпуска. Отметим главные предпосылки и допущения этой модели и дадим ее математическую формализацию.

Производственный комплекс рассматривается как ряд взаимосвязанных процессов, причем в каждом процессе производится только один продукт и существует только один процесс для производства каждого продукта. Конечная продукция производственного комплекса автономна, т. е. устанавливается независимо от ограничений по производственной мощности отдельных технологических процессов (модель открытая), и нормы затрат в течение планового периода не изменяются (модель статическая). Величина всех видов затрат, в том числе затрат первичных факторов, на производство любого продукта пропорциональна выпуску этого продукта. Соблюдается принцип аддитивности, т. е. общая сумма выпуска и затрат по нескольким процессам равна сумме индивидуальных выпусков и затрат по каждому процессу. Таким образом, постулируется независимость показателей отдельных технологических способов друг от друга.

Пусть технология производственного комплекса задается матрицей технологических коэффициентов  $A = [a_{ij}]$ , где  $i$  — индекс строки (продукт), а  $j$  — индекс столбца (процесс). Технологический коэффициент  $a_{ij}$  отражает прямые затраты  $i$ -го продукта на производство единицы продукта  $j$ -го процесса. Матрица  $A$  — квадратная, так как по предположению число продуктов равно числу процессов ( $i = 1, \dots, K; j = 1, \dots, K$ ). Обозначим через  $x_j$  интенсивность использования  $j$ -го процесса, что эквивалентно валовому выпуску  $j$ -го продукта, и соответственно через  $x_i$  — валовой выпуск  $i$ -го продукта, что эквивалентно интенсивности использования  $i$ -го процесса. Коэффициенты прямых затрат первичных ресурсов (материалы, энергия и услуги, поступающие извне комплекса, амортизация, заработная плата и пр.) задаются матрицей  $D = [d_{mj}]$ , где  $m$  — индекс строки (первичный ресурс), а  $j$  — индекс столбца (процесс). Будем различать среди первичных ресурсов ( $m = 1, \dots, M$ ) такие, которые измеряются в натуральных единицах ( $m = 1, \dots, M'$ ), и такие, которые имеют лишь стоимостное измерение ( $m = M' + 1, \dots, M$ ). Вектор конечной продукции обозначим через  $y$ , причем он может быть представлен в виде матрицы  $[y_{in}]$ , где  $i$  — индекс строки (продукт), а  $n$  — индекс столбца (направление использования конечного продукта). Введем также следующие обозначения:  $z_{m'}$  — суммарные затраты  $m$ -го первичного ресурса на производственные нужды комплекса в натуральном выражении;  $z_m$  — то же в денежном выражении;  $p_m$  — цена первичного ресурса  $m$ ;

$s_i(s_j)$  — себестоимость продукта  $i(j)$ ;  $v_i$  — отпускная цена продукта  $i$ ;  $\pi_i$  — прибыль на единицу продукта  $i$ .

Запишем теперь основные соотношения, характеризующие открытую статическую модель затрат — выпуска:

$$x_i - \sum_j a_{ij}x_j = \sum_n y_{in}, \quad i = 1, \dots, K, \quad (1)$$

$$\sum_j d_{mj}x_j = z_m', \quad m = 1, \dots, M', \quad (2)$$

$$p_m \sum_j d_{mj}x_j = z_m, \quad m = 1, \dots, M, \quad (3^*)$$

$$s_j - \sum_i a_{ij}s_i = \sum_m d_{mj}p_m, \quad j = 1, \dots, K, \quad (4)$$

$$\sum_i s_i \sum_n y_{in} = \sum_m z_m, \quad (5)$$

$$\sum_i v_i \sum_n y_{in} = \sum_m z_m + \sum_i \pi_i \sum_n y_{in}. \quad (6^{**})$$

Уравнение (1) балансирует в натуральном измерении производство  $i$ -го продукта ( $i = 1, \dots, K$ ) с его потребностью внутри производственного комплекса по процессам ( $j = 1, \dots, K$ ) и в составе конечной продукции по направлениям ее использования ( $n = 1, \dots, N$ ). Уравнения (2) — (3) позволяют рассчитать суммарные затраты первичных ресурсов на производственные нужды комплекса в натуральном и денежном выражении. Уравнение (4) выражает себестоимость единицы продукта  $j$ -го процесса через затраты других продуктов, вырабатываемых внутри комплекса, и затраты первичных ресурсов. Уравнение (5) характеризует равновесное состояние системы, когда себестоимость конечной продукции (выход системы) равна затратам первичных ресурсов (вход системы). Уравнение (6) также характеризует состояние равновесия, при котором стоимость конечной продукции по отпускным ценам равна сумме затрат первичных ресурсов и прибыли от реализации конечной продукции. Если структуру модели затрат — выпуска представить в виде четырехквadrантной матрицы, то уравнение (1) будет характеризовать балансовые связи между первым и вторым квадрантами (I = II), уравнение (4) — баланс между первым и третьим квадрантами (I = III), а уравнения (5) — (6) — баланс между вторым и третьим квадрантами (II = III).

В матричной форме уравнения (1) — (6) можно записать более компактно:

$$x - Ax = y, \quad (1a)$$

$$D'x = z', \quad (2a)$$

$$PDx = z, \quad (3a)$$

$$s - sA = pD, \quad (4a)$$

$$sy = pDx, \quad (5a)$$

$$vy = (s + \pi)y = pDx + \pi y, \quad (6a)$$

\* Для первичных ресурсов, имеющих лишь стоимостное измерение,  $p_m = 1$  ( $m = M' + 1, \dots, M$ ).

\*\* В том случае, когда конечная продукция реализуется по разным ценам в зависимости от направления ее использования, уравнение (6) переписывается так:

$$\sum_{in} v_{in} y_{in} = \sum_m z_m + \sum_{in} \pi_{in} y_{in}.$$

где  $x$  — вектор  $(K \times 1)$  валовых выпусков продуктов;  $y$  — вектор  $(K \times 1)$  конечной продукции;  $A$  — матрица  $(K \times K)$  технологических коэффициентов прямых затрат продуктов;  $D'$  — матрица  $(M' \times K)$  коэффициентов прямых затрат первичных ресурсов в натуральном измерении;  $\bar{D}$  — матрица  $(M \times K)$  коэффициентов прямых затрат первичных ресурсов;  $P$  — диагональная матрица  $(M \times M)$  цен первичных ресурсов, причем элементы главной диагонали  $p_m = 1$  для  $m = M' + 1, \dots, M$ ;  $z'$  — вектор  $(M' \times 1)$  затрат первичных ресурсов в натуральном измерении;  $z$  — вектор  $(M \times 1)$  затрат первичных ресурсов в денежном измерении;  $s$  — вектор  $(1 \times K)$  себестоимости продукции;  $p$  — вектор  $(1 \times M)$  цен первичных ресурсов, причем компоненты вектора  $p_m = 1$  для  $m = M' + 1, \dots, M$ ;  $v$  — вектор  $(1 \times K)$  отпускных цен продуктов;  $\pi$  — вектор  $(1 \times K)$  прибыли от реализации конечной продукции.

Используя приведенные выше соотношения открытой статической модели затрат — выпуска, можно решить ряд задач технико-экономического текущего планирования. Если задана матрица технологических коэффициентов прямых затрат  $A$ , матрица коэффициентов прямых затрат первичных ресурсов  $D$ , вектор конечного выпуска  $y$ , вектор цен первичных ресурсов  $p$  и вектор отпускных цен продуктов  $v$ , то можно рассчитать вектор валового выпуска  $x$ , смету затрат в натуральном и денежном выражении  $z'$  и  $z$ , определить вектор себестоимости продукции  $s$  и прибыль от реализации продукции  $\Pi$ .

Путем несложных преобразований уравнений (1а) — (6а) получим:

$$x = (E - A)^{-1}y = By, \quad (7)$$

$$z' = D'x = D'By = Cy, \quad (8)$$

$$z = PDx = PDBy = PCy, \quad (9)$$

$$s = pD(E - A)^{-1} = pDB = pC, \quad (10)$$

$$\Pi = (v - s)y = (v - pC)y = \pi y, \quad (11)$$

где  $E$  — единичная матрица  $(K \times K)$ ;  $B = (E - A)^{-1}$  — матрица  $(K \times K)$  полных затрат продуктов внутривзаводского оборота;  $C = DB$  — матрица  $(M \times K)$  полных затрат первичных ресурсов;  $C' = D'B'$  — матрица  $(M' \times K)$  полных затрат первичных ресурсов в натуральном измерении.

Соотношения (7) — (11) получены исходя из предположения, что затраты продуктов внутривзаводского оборота  $x_{ij}$  и первичных ресурсов  $z_{mj}$  пропорциональны объему выпуска соответствующего продукта  $x_j$ , причем коэффициентами пропорциональности служат нормы прямых затрат:

$$x_{ij} = a_{ij}x_j, \quad (12)$$

$$z_m = d_{mj}x_j. \quad (13)$$

Однако затраты многих продуктов и первичных ресурсов в реальных условиях производства зачастую непропорциональны выпуску, а в некоторых случаях почти целиком автономны, т. е. не зависят от объема выпуска. Поэтому вместо строго пропорциональной зависимости между затратами и выпуском естественно предположить линейную форму связи\*:

$$\hat{x}_{ij} = x_{ij} + \check{x}_{ij} = a_{ij}x_j + \check{x}_{ij}, \quad (12a)$$

$$\hat{z}_{mj} = z_{mj} + \check{z}_{mj} = d_{mj}x_j + \check{z}_{mj}, \quad (13a)$$

\* Некоторые виды затрат нелинейно связаны с выпуском, но в практических расчетах по текущему планированию достаточно линейная аппроксимация.

где  $\hat{x}_{ij}(\hat{z}_{mj})$  — совокупные (пропорциональные и автономные) затраты продукта  $i$  (первичного ресурса  $m$ ) на процесс  $j$ ;  $\check{x}_{ij}(\check{z}_{mj})$  — автономные затраты продукта  $i$  (первичного ресурса  $m$ ) на процесс  $j$ .

В первом приближении автономные затраты можно рассматривать как условно-постоянные, нормируемые для производственной ячейки в виде лимита затрат на плановый период\*. К условно-постоянным расходам, не зависящим от объема выпуска, относятся заработная плата рабочих аппаратурных цехов и административно-управленческого персонала, затраты электроэнергии на освещение и теплоэнергии на отопление производственных помещений, канцелярские расходы и пр.:

$$\hat{x}_{ij} = a_{ij}x_j + \bar{x}_{ij}, \quad (126)$$

$$\hat{z}_{mj} = d_{mj}x_j + \bar{z}_{mj}, \quad (136)$$

где  $\bar{x}_{ij}(\bar{z}_{mj})$  — условно-постоянные затраты продукта  $i$  (первичного ресурса  $m$ ) на процесс  $j$ .

Автономные затраты можно планировать более точно, если представить их как функцию влияющих факторов. Принципы учета влияющих факторов в рамках матричной модели химического производства разработаны О. Пихлером [12]. О. Пихлер рассматривает в модели влияние таких факторов, как фонд общих для всех производственных ячеек предприятия факторов, как фонд календарного времени в плановом периоде и температура наружного воздуха. Обобщая идею О. Пихлера, наряду с одинаковыми для всего предприятия влияющими факторами выделим такие, которые могут быть дифференцированы по отдельным производственным подразделениям, например стоимость основных фондов, численность работников, площадь производственных помещений. Можно записать

$$\hat{x}_{ij} = a_{ij}x_j + \sum_f a_{ij}^f h^f + \sum_{\Phi} \tilde{a}_{ij}^{\Phi} h_j^{\Phi}, \quad (12в)$$

$$\hat{z}_{mj} = d_{mj}x_j + \sum_f d_{mj}^f h^f + \sum_{\Phi} \tilde{d}_{mj}^{\Phi} h_j^{\Phi}, \quad (13в)$$

где  $a_{ij}^f(d_{mj}^f)$  — норматив затрат продукта  $i$  (первичного ресурса  $m$ ) на процесс  $j$  при единичной интенсивности влияющего фактора  $f$  ( $j = 1, \dots, F$ );  $\tilde{a}_{ij}^{\Phi}(\tilde{d}_{mj}^{\Phi})$  — норматив затрат продукта  $i$  (первичного ресурса  $m$ ) на процесс  $j$  при единичной интенсивности влияющего фактора  $\Phi$  ( $\Phi = 1, \dots, \Phi$ );  $h^f$  — интенсивность действия влияющего фактора  $f$ ;  $h_j^{\Phi}$  — интенсивность действия влияющего фактора  $\Phi$  в процессе  $j$ .

Соотношения (1) — (6), характеризующие открытую статическую модель затрат — выпуска, преобразуются с учетом автономных затрат продуктов и первичных ресурсов следующим образом:

$$x_i - \left( \sum_j a_{ij}x_j + \sum_j \check{x}_{ij} \right) = \sum_n y_{in}, \quad i = 1, \dots, K \quad (16)$$

$$\sum_j d_{mj}x_j + \sum_j \check{z}_{mj} = z_m', \quad m = 1, \dots, M', \quad (26)$$

$$p_m \left( \sum_j d_{mj}x_j + \sum_j \check{z}_{mj} \right) = z_m, \quad m = 1, \dots, M, \quad (36)$$

\* Условно-постоянные расходы могут быть представлены как произведение норматива затрат в единицу времени на фонд рабочего или календарного времени в плановом периоде.

$$s_j - \left( \sum_j a_{ij} s_i + \frac{\sum_i \check{x}_{ij} s_i}{x_j} \right) = \sum_m d_{mj} p_m + \frac{\sum_m \check{z}_{mj} p_m}{x_j}, \quad j = 1, \dots, K, \quad (46)$$

$$\sum_i s_i \sum_n y_{in} = \sum_m p_m \left( \sum_j d_{mj} x_j + \sum_j \check{z}_{mj} \right), \quad (56)$$

$$\sum_i v_i \sum_n y_{in} = \sum_m p_m \left( \sum_j d_{mj} x_j + \sum_j \check{z}_{mj} \right) + \sum_i \pi_i \sum_n y_{in}. \quad (66)$$

Или в матричной форме:

$$x - (Ax + \check{X}I) = y, \quad (1в)$$

$$D'x + \check{Z}I = z', \quad (2в)$$

$$P(Dx - \check{Z}I) = z, \quad (3в)$$

$$s - s(A + \check{X}X^{-1}) = p(D + \check{Z}X^{-1}), \quad (4в)$$

$$sy = p(Dx + \check{Z}I), \quad (5в)$$

$$vy = (s + \pi)y = p(Dx + \check{Z}I) + \pi y, \quad (6в)$$

где  $\check{X}$  — матрица ( $K \times K$ ) автоматных затрат продуктов;  $\check{Z}$  — матрица ( $M' \times K$ ) автономных затрат первичных ресурсов в натуральном выражении;  $Z$  — матрица ( $M \times K$ ) автономных затрат первичных ресурсов;  $X^{-1}$  — диагональная матрица ( $K \times K$ ), в которой элементами главной диагонали являются величины, обратные валовым выпускам продуктов  $x_i$  ( $i = 1, \dots, K$ ).

Соотношения (1в) — (6в) легко преобразовать в уравнения, аналогичные (7) — (11), но учитывающие автономные затраты:

$$x = B(y + \check{X}I) = B(y + \check{x}) = By + B\check{x}, \quad (7а)$$

$$z' = D'x + \check{Z}'I = D'By + D'B\check{x} + \check{Z}'I = C'y + C'\check{x} + z', \quad (8а)$$

$$z = P(Dx + \check{Z}I) = P(Cy + C\check{x} + z), \quad (9а)$$

$$s = p(D + \check{Z}X^{-1})[E - (A + \check{X}X^{-1})]^{-1} = p\hat{D}\hat{B} = p\hat{C}, \quad (10а)$$

$$\Pi = (v - s)y = (v - p\hat{C})y, \quad (11а)$$

где  $I$  — единичный вектор ( $K \times 1$ );  $\check{x} = \check{X}I$  — вектор ( $K \times 1$ ) автономных затрат продуктов;  $z' = \check{Z}'I$  — вектор ( $M' \times 1$ ) автономных затрат первичных ресурсов в натуральном выражении;  $z = ZI$  — вектор ( $M \times 1$ ) автономных затрат первичных ресурсов;  $\hat{D} = D + \check{Z}X^{-1}$  — матрица ( $M \times K$ ) нормативов совокупных затрат первичных ресурсов (пропорциональных и автономных);  $\hat{B} = [E - (A + \check{X}X^{-1})]^{-1}$  — матрица ( $K \times K$ ) нормативов полных затрат продуктов внутризаводского оборота, включающих как пропорциональные, так и автономные затраты;  $\hat{C} = \hat{D}\hat{B}$  — матрица ( $M \times K$ ) нормативов полных затрат первичных ресурсов, включающих как пропорциональные, так и автономные затраты.

Разложение автономных затрат по влияющим факторам — общим ( $f = 1, \dots, F$ ) и дифференцированным ( $\varphi = 1, \dots, \Phi$ ) — можно в матричной форме представить так:

$$\check{X} = h_1 A_1 + \dots + h_f A_f + \dots + h_F A_F + H_1 \check{A}_1 + \dots + H_\varphi \check{A}_\varphi + \dots + H_\Phi \check{A}_\Phi, \quad (14)$$

$$\check{Z} = h_1 D_1 + \dots + h_f D_f + \dots + h_F D_F + H_1 \check{D}_1 + \dots + H_\varphi \check{D}_\varphi + \dots + H_\Phi \check{D}_\Phi, \quad (15)$$

где  $A_f = [a_{ij}^f]$  — матрица ( $K \times K$ ) нормативов затрат продуктов  $i$  на процессы  $j$  при единичной интенсивности влияющего фактора  $f$ ;  $\bar{A}_\varphi = [\bar{a}_{ij}^\varphi]$  — то же для влияющего фактора  $\varphi$ ;  $D_f = [d_{mj}^f]$  — матрица ( $M \times K$ ) нормативов затрат первичных ресурсов  $m$  на процессы  $j$  при единичной интенсивности влияющего фактора  $f$ ;  $\bar{D}_\varphi = [\bar{d}_{mj}^\varphi]$  — то же для влияющего фактора  $\varphi$ ;  $h_f$  — скаляр, характеризующий величину интенсивности влияющего фактора  $f$ ;  $H_\varphi$  — диагональная матрица ( $K \times K$ ), где элементами главной диагонали являются интенсивности влияющего фактора  $\varphi$ , дифференцированные по производственным подразделениям (процессам)  $j$ .

Использование соотношений (7) — (11) и их модификаций (7а) — (11а) для плановых расчетов имеет то преимущество, что позволяет, минуя трудоемкие пересчеты внутризаводского оборота продуктов и услуг, определить вектор валовых выпусков технологических процессов  $x$  и другие технико-экономические показатели как функции вектора конечного выпуска  $y$ , задаваемого извне системы. При этом предполагается существование матрицы полных затрат продуктов внутризаводского оборота  $B$ , автономной от изменений вектора конечного выпуска и устойчивой в течение планового периода. Так как матрица полных затрат обратная, она может быть рассчитана лишь в том случае, когда прямая матрица  $A$  — квадратная и невырожденная. В рассмотренной нами модели затрат — выпуска это условие выполняется. Действительно, согласно одному из допущений модели, каждый процесс выпускает лишь один продукт, для изготовления каждого продукта существует лишь один процесс. Однако такая предпосылка зачастую не соответствует реальным условиям производства.

Для нефтепереработки и нефтехимии характерна как раз обратная картина. Большинство технологических процессов основного производства выпускает не один, а несколько продуктов, и многие продукты могут выпускаться не одним, а несколькими технологическими способами. В этом случае матрица технологических коэффициентов прямых затрат  $A$  — прямоугольная, что не позволяет использовать приведенные выше соотношения для определения производственной программы основных цехов и расчета других технико-экономических показателей.

Разработан ряд искусственных приемов приведения прямоугольной матрицы технологических коэффициентов к квадратной форме: по строкам — продукты внутризаводского оборота подразделяются на основные и побочные, по столбцам — производственные возможности технологических установок аппроксимируются средними режимами работы. Однако вместо «подгонки» под требования классической модели затрат — выпуска можно применить комбинированный подход — линейное программирование для определения производственной программы основных цехов и матричную алгебру для расчета программы вспомогательных цехов\*, сметы и свода затрат, калькуляции себестоимости.

Предложенная нами модель для расчета производственной программы основных цехов и рецептов смешения конечной продукции нефтеперерабатывающего завода [13] исходит из некоторых постулатов основной задачи текущего планирования Л. В. Канторовича [14] и опирается на аксиоматику анализа видов деятельности (activity analysis), разработанного Т. Купмансом [15]. Производственные возможности технологических

\* В тех случаях, когда вспомогательное производство характеризуется наличием сопряженной продукции и альтернативных режимов работы, для расчета производственной программы вспомогательных цехов целесообразно применять линейное программирование.

процессов аппроксимируются в модели векторами затрат — выпуска граничных режимов работы, а возможные рецепты смешения по каждому конечному продукту задаются или набором нескольких практически целесообразных вариантов, или более гибко — путем наложения ограничений на показатели качества в соответствии с требованиями стандартов. Внутренние ограничения в модели текущего планирования определяются наличными мощностями по отдельным технологическим процессам (переделам), а внешние ограничения — лимитами по сырью и спросом на конечную продукцию. Таким образом, модель не только позволяет без серьезных натяжек учесть наличие совместно вырабатываемых продуктов, гибкость режимов работы технологических установок и многообразие рецептов смешения конечной продукции, но и отбросить одно из наиболее нереальных допущений открытой статической модели затрат — выпуска о независимости (автономности) конечного выпуска от ограничений по производственной мощности технологических процессов.

С помощью линейного программирования из всей совокупности допустимых технологических способов производства и смешения, представленных в модели, выбирается такая их комбинация в рамках внутренних и внешних ограничений, которая обеспечивает экстремум целевой функции, например максимум прибыли. При этом может быть осуществлено оптимальное (в смысле принятого критерия) агрегирование нормативов затрат — выпуска

$$a_{ij}^0 = \frac{\sum_r a_{ijr} x_{jr}^0}{\sum_r x_{jr}^0} \begin{pmatrix} i = 1, \dots, L \\ j = 1, \dots, K \\ r = 1, \dots, r_k \end{pmatrix} \quad (16)$$

где  $a_{ij}^0$  — агрегированная норма пропорциональных затрат (выпуска)  $i$ -го продукта на единицу интенсивности \*  $j$ -го технологического процесса;  $x_{jr}^0$  — интенсивность  $j$ -го процесса на  $r$ -м технологическом режиме в оптимальном плане;  $a_{ijr}$  — норматив пропорциональных затрат (выпуска)  $i$ -го продукта на единицу интенсивности  $j$ -го процесса при работе на  $r$ -м технологическом режиме.

Аналогично взвешиваются по значениям интенсивностей технологических способов, вошедших в оптимальный план, рецепты смешения конечной продукции и нормативы пропорциональных затрат первичных ресурсов. Тем самым обеспечивается приведение нормативной базы в соответствие с реальными ограничениями и целевой функцией планирования.

Чтобы сделать матричную модель практическим средством для плановых расчетов и экономического анализа, необходимо учесть еще одну существенную особенность реального процесса производства. В модели затрат — выпуска все расходы считаются прямыми, непосредственно связанными с тем или иным технологическим процессом и, следовательно,

\* Интенсивность технологического процесса — это пропускная способность по сырью, количество вырабатываемой целевой продукции или фонд рабочего времени (все показатели относятся к плановому периоду). В соответствии со смыслом, придаваемым интенсивности технологического процесса, нормативы затрат — выпуска имеют ту или иную размерность. В нефтепереработке большинство нормативов относится на производительность технологических установок по сырью (что вызвано комплексным характером производства), в то время как в классической модели затрат — выпуска все нормативы относятся на вырабатываемую продукцию.

с соответствующим продуктом. В действительности, значительная часть заводской сметы затрат — это косвенные расходы по отношению к отдельным технологическим процессам (цеховые и общезаводские расходы) и к отдельным продуктам, вырабатываемым совместно или последовательно в одном технологическом процессе (затраты по обработке \*).

Для формирования и распределения косвенных расходов в структуре матричной модели производственно-хозяйственной деятельности НПЗ выделены специальные блоки, как это показано в таблице. Косвенные расходы формируются в аналитических матрицах по статьям сметы затрат, включая внутривзаводской оборот, в разрезе цехов, участков и служб (цеховые и общезаводские расходы) и технологических процессов (затраты по обработке). В сводной стоимостной матрице затрат — выпуска информации о косвенных расходах удобно представить в синтетической форме: тремя столбцами в блоке формирования расходов (цеховые, общезаводские, затраты по обработке) и соответственно тремя строками в блоке распределения. В составе косвенных затрат значительную долю составляют автономные расходы, поэтому при расчете косвенных затрат целесообразно пользоваться формулами (12в) — (13в).

Существуют различные методы распределения косвенных расходов в зависимости от отраслевой специфики производства и особенностей учета затрат. В нефтепереработке действует следующий порядок: цеховые расходы относятся на себестоимость всей вырабатываемой цехом продукции или произведенных им услуг и распределяются пропорционально прямым затратам по технологическим процессам (переделам) за вычетом стоимости сырья, полуфабрикатов, реагентов и катализатора; общезаводские расходы начисляются только на продукцию основного производства и ту часть услуг вспомогательного хозяйства, которая предназначена сторонним потребителям, и распределяются пропорционально цеховой себестоимости продукции за исключением расходов на сырье, полуфабрикаты, реагенты и катализатор; затраты по обработке относятся на сопряженную продукцию пропорционально весу каждого из совместно получаемых основных продуктов \*\*, а при последовательной работе технологической установки на разных видах сырья — пропорционально времени работы на каждом сырье.

Действующий порядок распределения косвенных расходов может быть реализован при расчетах по матричной модели производственно-хозяйственной деятельности НПЗ. Однако нам представляется, что принципы распределения накладных (цеховых и общезаводских) расходов в нефтепереработке можно упростить без ущерба для существа дела. А именно: пропорционально сумме заработной платы производственного персонала и амортизации оборудования. Эти показатели для технологических установок довольно стабильны, рассчитать их очень просто: не требуется, в частности, предварительного определения себестоимости услуг вспомогательных производств. Предлагаемая методика распределения накладных расходов легко вписывается в матричную модель и обеспечивает значительное сокращение объема вычислений.

\* Затраты по обработке включают все прямые расходы на технологический процесс, кроме затрат на сырье и основные материалы. При работе технологической установки последовательно на разных видах сырья из затрат по обработке исключаются расходы на реагенты, топливо и энергию, если они могут быть учтены дифференцированно по видам сырья.

\*\* Побочная (некалькулируемая) продукция оценивается по твердым ценам, устанавливаемым обычно в виде фиксированного процента по отношению к стоимости нефти или сырья соответствующего технологического процесса.

Деление сопряженной продукции на основную (калькулируемую) и побочную (некалькулируемую), списание побочной продукции с затрат на сырье по фиксированным ценам и распределение затрат по обработке между сопряженной калькулируемой продукцией по весовому методу — эти повсеместно применяемые сейчас в нефтепереработке принципы калькуляции довольно просто уложить в рамки матричной модели. Однако согласно теории оптимальности затраты между совместно вырабатываемой продукцией следует распределять пропорционально объективно обусловленным оценкам, учитывающим общественную полезность отдельных продуктов с точки зрения целевой функции планирования. Такие объективно обусловленные оптимальным планом коэффициенты распределения затрат между сопряженной продукцией в настоящее время вычислить трудно, так как не нашли еще общепринятого решения некоторые методологические проблемы оптимального планирования и зачастую отсутствует необходимая для составления оптимального плана информация.

В заключение рассмотрим последовательность расчетов технико-экономических показателей текущего планирования на основе матричной модели производственно-хозяйственной деятельности НПЗ.

Предварительно с помощью линейного программирования по модели, описывающей блоки основного производства и смешения НПЗ [13], определяются значения интенсивностей технологических способов, вошедших в оптимальный план. Затем путем агрегирования по режимам работы установок и вариантам смешения конечной продукции рассчитываются величины пропорциональных затрат (выпуска) продуктов внутривзводского оборота и первичных ресурсов, в частности, вектор нагрузок технологических процессов по сырью. Далее определяются автопомные затраты продуктов и первичных ресурсов (как функции влияющих факторов) и формируются косвенные расходы. При пропорциональной зависимости между услугами вспомогательных цехов их производственная программа определяется по формуле (7а), что требует обращения малоразмерной матрицы коэффициентов прямых затрат. По формулам (8а) и (9а) рассчитываются план материально-технического снабжения в натуральном измерении и смета затрат на производство по элементам в денежном выражении. Прежде чем рассчитывать себестоимость калькулируемой продукции и услуг по формуле (10а), следует согласно установленному порядку распределить косвенные расходы и оценить побочную продукцию, полуфабрикаты и компоненты из запаса. В тех случаях, когда матрица прямых затрат калькулируемых продуктов основного производства приводится к треугольному виду, отпадает необходимость в ее обращении.

Результаты расчетов удобно представить в виде системы таблиц — натуральных и стоимостных шахматных балансов, увязанных между собой в соответствии со структурой матричной модели (таблица).

На основе матричной модели производственно-хозяйственной деятельности НПЗ в Лаборатории отраслевых автоматизированных систем ЦЭМИ АН СССР проведены экспериментальные расчеты основных технико-экономических показателей квартального плана и составлены сводные балансы затрат — выпуска по двум нефтеперерабатывающим заводам\*. Предложенная нами модель может найти применение и в ряде других отраслей промышленности, характеризующихся непрерывностью производственного цикла, например в химии и металлургии.

\* По Ново-Горьковскому НПЗ расчеты проведены автором, по Уфимскому НПЗ имени XXII съезда КПСС — Э. Поляком.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Бородкин. Организация и планирование нефтеперерабатывающего завода. М., Гостоптехиздат, 1963.
2. А. Н. Желиховская. Планирование нефтеперерабатывающего производства. М., Гостоптехиздат, 1963.
3. В. Леонтьев. Исследование структуры американской экономики. М., Госстатиздат, 1958.
4. Х. Ченери, П. Кларк. Экономика межотраслевых связей. М., Изд-во иностр. лит., 1962.
5. В. С. Немчинов. Экономико-математические методы и модели. М., Соцэкгиз, 1962.
6. А. Кудукис. О матричных моделях внутризаводского планирования. Вопр. экономики, 1964, № 3.
7. М. М. Федорович. Математическая модель техпромфинплана. М., «Знание», 1962.
8. Й. Сколка, Й. Вепржек. Использование матричных моделей для планирования на предприятии и в отрасли Чехословакии. Плановое хозяйство, 1963, № 9.
9. Ю. И. Черняк. Метод межотраслевого баланса — новое понимание и неограниченные перспективы. В сб. Планирование и экономико-математические методы (к 70-летию академика В. С. Немчинова), М., «Наука», 1964.
10. А. А. Модип. Матричная модель производственного плана машиностроительного предприятия. Вопр. экономики, 1962, № 1.
11. Ю. И. Черняк, А. А. Модин, Н. В. Махров, Н. И. Волошин. Методика составления сводного матричного баланса промышленного предприятия. Минск, 1962 (ротапринт).
12. O. Pichler. Probleme der Planrechnung in Industrie. Chem. Technik, 1954, № 6.
13. А. Б. Мандель. Экономико-математические модели внутризаводского текущего планирования в нефтепереработке. Матем. методы в экономике и планировании. Бюлл. научн. информ. ЦЭМИ АН СССР, 1965, вып. 3.
14. Л. В. Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М., Изд-во АН СССР, 1960.
15. T. C. Koopmans. Three Essays of the State of Economic Science. N. Y., McGraw-Hill, 1957.

Поступила в редакцию  
10 I 1966