

Таблица 3

Показатели	По плану				По прибыли (или по себестоимости)*				По рентабельности			
	x_1	x_2	x_3	всего	x_1	x_2	x_3	всего	x_1	x_2	x_3	всего
Количество, тыс. пар	7,3	7,0	7,8	22,1	7,3	7,0	12,0	26,3	7,3	9,99	8,8	26,09
Прибыль, тыс. руб.	2,8	8,5	10,7	22,0	2,8	8,5	16,3	27,6	2,8	12,2	12,1	27,01
Себестоимость, тыс. руб.	49,1	43,5	59,4	152,0	49,1	43,5	91,4	184,0	49,1	62,0	67,0	178,1
Рентабельность, %	5,8	19,6	18,0	14,5	5,8	19,6	18,0	15,0	5,8	19,6	18,0	15,2

* И при максимизации прибыли, и при минимизации себестоимости получены одинаковые показатели по объему производства, прибыли, себестоимости и рентабельности.

8,8 тыс. пар обуви вида x_3 (П/Б-4342). В двух других случаях рентабельность не достигает этого уровня.

Во-вторых, предложенный подход решения задачи не требует перебора вариантов и менее трудоемок, чем тот метод, который предлагается в [2], где для определения максимальной рентабельности требуется составить не менее четырех вариантов.

В-третьих, этим методом можно определить максимальную рентабельность не только отдельных предприятий, но и объединений (фирм, управлений), несколько изменив целевую функцию и условия задачи. Так, в целевой функции через x_j будет обозначаться искомое количество продукции по промышленному объединению, а в условиях задачи через b_i — ограничение ресурсов как для объединения (в основном по сырью), так и для отдельных предприятий (в основном по трудовым затратам и оборудованию). Определение математическими методами максимальной рентабельности промышленных объединений, ввиду большого ассортимента и многочисленных ограничений, возможно только с применением ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Зуховицкий, Л. И. Авдеева. Линейное и выпуклое программирование. М., «Наука», 1964.
2. Ю. И. Любович. Научная подготовка решений (исследование операций). [Реферат]. Реферативный сб. «Экономика промышленности», 1961, № 2, 2Д10, ч. 3.

Поступила в редакцию
6 IV 1965

ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КИСЛОТ И ПОПУТНО ПОЛУЧАЕМЫХ ПРОДУКТОВ

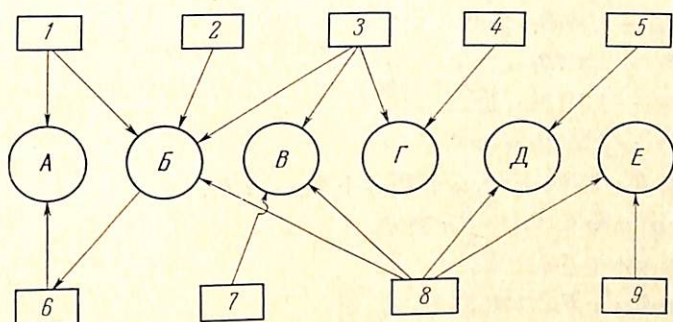
В. П. ГОРЕНБУРГ, В. Л. КЛИМЕНКО, Е. Б. ЦЫРКИН

(Ленинград)

Низкомолекулярные кислоты являются важными продуктами органического синтеза. Наибольшее распространение получила уксусная кислота, производство которой исчисляется сотнями тысяч тонн. Многоотнажным является также и производство уксусного ангидрида, синтез которого до последнего времени осуществлялся на основе уксусной кислоты.

В мировой практике получили распространение следующие методы синтеза уксусной кислоты: 1) прямое окисление ацетальдегида; 2) окисление ацетальдегида с одновременным получением уксусной кислоты и уксусного ангидрида (метод фирмы Спейшим, Франция); 3) жидкофазное окисление легких бензиновых фракций с одновременным получением муравьиной и пропионовой кислот; 4) жидкофазное окисление бутана с одновременным получением муравьиной кислоты, метилэтилкетона и этилацетата. Последние два продукта являются ценными растворителями.

Перечисленные методы производства уксусной кислоты различны как по используемому сырью, так и по ассортименту получаемых побочных продуктов. Выход побочных продуктов на единицу веса кислоты при различных методах не одинаков, причем их весовое соотношение при каждом данном способе производства есть величина практически постоянная. Кроме того, все перечисленные продукты могут быть получены другими методами и из другого сырья (рисунок) *. При этом затраты на



выработку продуктов, получающихся одновременно с уксусной кислотой в комплексном производстве, отличаются от затрат в раздельном производстве. Уксусный ангидрид, получаемый по методу фирмы Спейшим одновременно с уксусной кислотой, может быть произведен также пиролизом уксусной кислоты, синтезированной по любому из четырех существующих методов.

Соотношение потребностей народного хозяйства в каждом из продуктов не совпадает с весовым выходом их в комплексных производствах.

Проектом плана на 1966—1970 гг., составленным директивными органами с участием проектных и исследовательских организаций в конце 1965 г., намечалось строительство нескольких крупных установок по производству уксусной кислоты всеми существующими технологическими методами. При этом учитывалась только потребность в уксусной кислоте. Техничко-экономические показатели отдельных методов не сопоставлялись.

Предлагаемая нами методика расчета производства и потребления перечисленных выше продуктов обеспечивает удовлетворение потребностей народного хозяйства по всем продуктам при минимальных затратах. В качестве исходных данных приняты проектные технико-экономические показатели производства по всем рассматриваемым методам, а также определенная условно величина потребности в каждом из продуктов на 1966—1970 гг. **.

Задача формулируется так: на основании плановых данных о росте потребности в уксусной кислоте и продуктах, получаемых одновременно с ней, определить масштабы производства этих продуктов известными методами при минимальных затратах в народном хозяйстве.

Введем следующие обозначения: i — порядковый номер продукта (i_1 — уксусная кислота, i_2 — уксусный ангидрид, i_3 — муравьиная кислота, i_4 — пропионовая кислота, i_5 — метилэтилкетон, i_6 — этилацетат); j — порядковый номер технологического метода производства (j_1 — окисление ацетальдегида в уксусную кислоту, j_2 — окисление ацетальдегида в уксусную кислоту и уксусный ангидрид (метод фирмы Спейшим), j_3 — окисление бензина с получением уксусной и муравьиной и пропионовой кислот, j_4 — окисление бутана с получением уксусной и муравьиной кислот, метилэтилкетона и этилацетата, j_5 — производство метилэтилкетона из вторичного бутилового спирта; j_6 — производство пропионовой кислоты окислением пропионового альдегида, получаемого оксосинтезом, j_7 — производство муравьиной кислоты из формиата натрия, j_8 — получение этилацетата из кислоты и этанола, $j_9, 10, 11, 12$ — производство уксусного ангидрида пиролизом уксусной кислоты, полученной соответственно методами $j_1, 2, 3, 4$; B_{ij} — выпуск i -го продукта по j -му методу (тыс. т); S_{ij} — проведенные затраты i -го продукта при получении его по j -му методу (руб/т); a_{ij} — коэффициент выхода отдельных продуктов в комплексном производстве (отношение веса продукта к весу одновременно получаемой уксусной кислоты); P_i — план выпуска i -го продукта (тыс. т).

P_i определялось как разность между потребностью народного хозяйства в i -м продукте на начало 1971 г. и мощностью установок по производству этого продукта на начало 1966 г., т. е. по приросту производства за период 1966—1970 гг. При этом пред-

* На рисунке: А — Е — получаемые продукты; 1—9 — методы их производства j .

** В подготовке исходных данных принимала участие Г. И. Краюхина.

полагалось, что использование мощностей, действующих в начале планового периода, составит 100% к концу планового периода.

Приведенная формулировка задачи может быть представлена системой линейных неравенств:

$$B_{11} - 1,347 * B_{29} + B_{12} - 1,347 B_{2,10} + B_{13} - 1,347 B_{2,11} + B_{14} - 1,347 B_{2,12} \geq P_1, \quad (1)$$

$$B_{11} - 1,347 B_{29} \geq 0, \quad (2)$$

$$B_{12} - 1,347 B_{2,10} \geq 0, \quad (3)$$

$$B_{13} - 1,347 B_{2,11} \geq 0, \quad (4)$$

$$B_{14} - 1,347 B_{2,12} \geq 0, \quad (5)$$

$$a_{22} B_{12} + B_{29} + B_{2,10} + B_{2,11} + B_{2,12} \geq P_2, \quad (6)$$

$$a_{33} B_{13} + a_{34} B_{14} + B_{27} \geq P_3, \quad (7)$$

$$a_{43} B_{13} + B_{46} \geq P_4, \quad (8)$$

$$a_{54} B_{14} + B_{55} \geq P_5, \quad (9)$$

$$a_{64} B_{14} + B_{68} \geq P_6 \quad (10)$$

и функцией цели **.

$$f = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{12} S_{ij} B_{ij}. \quad (11)$$

Необходимо найти $\min f$ при ограничениях (1)–(10).

Левая часть неравенств (1), (6)–(10) представляет собой количество продукта ($i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6$), получаемого всеми рассматриваемыми способами. Отсюда следует, что неравенства (1), (6)–(10) эквивалентны требованию выпуска i -го продукта в количестве, не меньшем, чем его потребность P_i .

Неравенство (1) характеризует объем выпуска уксусной кислоты с учетом затрат ее на производство уксусного ангидрида методом пиролиза. Затраты на производство уксусного ангидрида пиролизом кислоты определяются стоимостью последней, зависящей от метода получения. Поэтому необходимо вести величину B_{2j} (при $j = 9, 10, 11, 12$), которая характеризует объем выпуска ангидрида из кислоты, полученной по j -му способу (при $j = 1, 2, 3, 4$). Естественно, что B_{2j} ограничено общим количеством кислоты B_{1j} , полученной по j -му способу. Эти условия и содержатся в неравенствах (2)–(5).

Функция цели f (11) минимизирует затраты на производство P_i продуктов. Эта задача линейного программирования по определению оптимальной структуры производства низкомолекулярных кислот и попутно получаемых продуктов на 1970 г. была решена на ЭЦВМ Урал-2 во Всесоюзном научно-исследов. институте нефтехимических процессов. Результаты решения в сопоставлении с условными данными проекта плана приведены в таблице.

Следует отметить, что в проекте плана имеет место неполное удовлетворение потребностей в уксусной, муравьиной, пропионовой кислотах и метилэтилкетоне. И даже в этом случае суммарные приведенные затраты по оптимальному варианту ниже на 8130 тыс. руб. или на 9,8%. С учетом дополнительных затрат на покрытие дефицита общая сумма приведенных затрат по плану увеличится на 12 400 тыс. руб. и составит 95 566 тыс. руб. Это больше, чем по оптимальному варианту, на 27,3%.

Отметим также, что по всем рассматриваемым методам типовые мощности установок, вырабатывающих одноименные продукты, соизмеримы. Поверочные расчеты показали, что полученный оптимальный план может быть реализован путем стропельства установок типовой мощности с колебаниями производительности отдельной установки в пределах 5–6%. При таком незначительном изменении производительности установки можно пренебречь изменением технико-экономических показателей ее работы.

Достоинство предлагаемого метода определения оптимальной структуры производства в том, что результаты расчета не зависят от принятого метода распределения затрат между различными продуктами в комплексном производстве. Это становится возможным благодаря введению коэффициентов a_{ij} , так как при этом затраты относятся на 1 т суммарного продукта. Если же модель включает стадию дальнейшей

* 1,347 — расход уксусной кислоты на производство 1 т уксусного ангидрида.

** Для случаев комплексного производства принимается S_j .

Таблица

Наименование продуктов и методов производства	Обозначения	Данные (условные) по расчету плана, тыс. т	Оптимальный (расчетный) вариант, тыс. т
Прямое окисление ацетальдегида: уксусная кислота	B_{11}	78,1	—
Окисление ацетальдегида по методу фирмы Спейшим:			
уксусная кислота	B_{12}	23,5	60,1
уксусный ангидрид	B_{22}	47,0	120,2
Окисление бензина:			
уксусная кислота	B_{13}	70,0	157,14
муравьиная »	B_{33}	14,9	33,1
пропионовая »	B_{43}	7,0	15,0
Окисление бутана:			
уксусная кислота	B_{14}	10	—
муравьиная »	B_{34}	0,112	—
метилэтилкетон	B_{54}	2,24	—
этилацетат	B_{64}	1,95	17
Метилэтилкетон из вторбутанола	B_{55}	—	8,0
Этилацетат из спирта и кислоты	B_{65}	8,0	—
Получение уксусного ангидрида пиролизом уксусной кислоты:			
из ацетальдегида	B_{29}	88,0	12,8
из бензина	B_{2-11}	—	—
Суммарные приведенные затраты, тыс. руб.		83166	75036

переработки полученных продуктов, то выбор метода распределения затрат приобретает важное значение и становится самостоятельной проблемой.

При определении затрат на получение отдельных продуктов в условиях комплексного производства нами был применен наиболее простой — весовой метод распределения текущих и капитальных затрат.

Разработанная методика может быть применена не только при рассмотрении замкнутого круга химических и нефтехимических производств, но и применительно к отрасли в целом.

Поступила в редакцию
20 V 1966

ЗАДАЧА О РАВНОМЕРНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРОСТОЕВ (НЕСКОЛЬКО СМЕН)

В. Н. ШЕВЧЕНКО

(Горький)

В работе [1] была поставлена задача о нахождении максимальной комплексной производительности участка с n взаимозаменяемыми станками, обрабатывающего m видов деталей в заданной пропорции, или, что почти то же самое, о минимизации времени T , необходимого для выполнения заданного плана. В [1] все виды деталей предполагаются однооперационными, т. е. каждая деталь обрабатывается на одном станке от начала до конца, так что порядок обработки деталей не существен. Работы [2—4] можно считать обобщением этой задачи на случай многооперационных деталей. В [5] введено следующее усложнение: предполагается, что каждый рабочий одновременно обслуживает только один станок, а число рабочих (полностью взаимозаменяемых) равно $n - k$, т. е. всегда простаивает не менее k станков ($0 \leq k < n$). Можно минимизировать T при заданном k или наоборот, максимизировать k при заданном T . В задаче, рассматриваемой здесь, уже имеется s смен и в v -ю смену ($v = 1, 2, \dots, s$) простаивает не менее k_v станков ($0 \leq k_v < n$). Предыдущая задача является частным случаем этой при $k_v = k$ ($v = 1, 2, \dots, s$). С другой стороны, эта задача более проста, так как здесь в отличие от [2—5] все детали считаются однооперационными.