

## СТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН НА ПЕРИОД 1966—1970 гг.

Ю. Н. ГАВРИЛЕЦ, П. Е. КРИЧЕВСКИЙ

(МОСКВА)

Промышленность химических волокон является одной из прогрессирующих отраслей химической индустрии и играет большую роль в обеспечении волокнистыми материалами текстильной и резиновой промышленности. После майского (1958 г.) Пленума ЦК КПСС и XXII съезда КПСС, принявших широкую программу ускоренного развития химической промышленности, производство химических волокон достигло определенных успехов: объем производства со 166 тыс. т в 1958 г. увеличился до 361 тыс. т в 1964 г. или почти в 2,2 раза; освоено промышленное производство лавсана, нитрона, высокопрочного вискозного корда, удельный вес синтетических волокон вырос с 7,7 до 16,7%. Построены и строятся предприятия, производства большой мощности на базе более прогрессивных технологических схем и производительного оборудования, значительно улучшено качество продукции.

Однако это только первые шаги.

Значительно большие задачи стоят перед отраслью в период до 1970 г. Объем производства химических волокон должен увеличиться по сравнению с 1965 г. в 2,5—3,0 раза. Предстоит построить десятки крупных предприятий, освоить производство таких новых волокон как анид, триацетатное волокно, полипропиленовое волокно, полинозное штапельное волокно, полихлорвиниловые волокна и другие.

В этот период необходимо выйти на уровень ведущих в экономическом отношении стран по качественным характеристикам химических волокон и технико-экономическим показателям их производства, резко повысить производительность труда, снизить фондо- и капиталоемкость, затраты на производство. Все это связано с крупными капиталовложениями в новое строительство, расширение и реконструкцию предприятий, автоматизацию и механизацию технологических и вспомогательных процессов.

Капитальные вложения в отрасль составят несколько миллиардов рублей. В этих условиях большое значение приобретают такие экономические проблемы развития промышленности химических волокон, как определение оптимальных темпов развития и внутренней структуры производства, размещения, комбинирования, концентрации производства. Все эти вопросы связаны между собой; однако каждый из них является настолько сложным, что требует особого рассмотрения.

Определение темпов и пропорций развития промышленности химических волокон связано с разработкой экономического баланса использования текстильных волокнистых материалов в стране и определением оптимальной внутриотраслевой структуры химической промышленности на перспективу.

Натуральные и химические волокна в большинстве областей использования являются взаимозаменяемыми материалами. Химические волокна с успехом используются вместо хлопка в производстве шин, резиноктаневых изделий, орудий лова, а также в производстве бытовых тканей и трикотажных изделий как в чистом виде, так и в смеси с хлопком.

Они успешно применяются вместо смеси с шерстью для производства костюмных, пальтовых и других тканей, верхнего трикотажа, технических тканей. Использование химических волокон, как правило, позволяет получить значительный экономический эффект.

Единственным волокном, которое химические волокна пока не могут успешно заменить в производстве товаров широкого потребления является лен, выделяющийся своими выдающимися гигиеническими свойствами. Однако и здесь добавка химических волокон позволяет значительно улучшить потребительские свойства тканей и значительно увеличить их экономичность, не ухудшая гигиенических свойств. В производстве технических изделий синтетические волокна значительно эффективней льна, а также пеньки и с успехом используются в производстве брезентов, рукавов, канатов и т. д.

При этом взаимозаменяемость не надо понимать узко, как замену натуральных волокон на химические в одном типе тканей или изделий. Новые виды сырья часто позволяют удовлетворять те же потребности населения в другой форме: вместо тонких хлопчатобумажных тканей — шелковые ткани из химических волокон; вместо верхней платья из шерстяной и полушерстяной (шерсть и хлопок) ткани — верхний трикотаж из химических волокон; вместо тяжелых шерстяных пальто — легкие пальто из поролона с покрытием из капроновой тонкой ткани и т. д.

Таким образом, особенно с появлением промышленного производства полинозного штапельного волокна, а также тигроскопичного волокна вилол, полноценных заменителей не только рядового, но и тонковолокнистого хлопка, появилась возможность в перспективе значительно повысить долю химических волокон в общем текстильном балансе страны даже по сравнению с некоторыми ведущими в этом отношении странами. В Японии, ФРГ, США их доля превышает 40%, а в Англии и Франции приближается к 40%. В 1964 г. в СССР удельный вес химических волокон в общем расходе текстильного сырья (без льна) составил 20%, а с учетом льна более 17%.

Максимально возможная доля использования химических волокон в общем объеме потребления текстильных волокнистых материалов соответствует их использованию во всех областях, где это технически и гигиенически целесообразно. Она значительно выше, чем достигнутая в самых передовых по этому показателю странах и ориентировочно оценивается в 50—70%. Однако этот максимально возможный уровень в настоящее время еще не оправдан экономически. Так, целый ряд грубых волокон, таких как джут, кенаф, манила, сизаль, производимых в слаборазвитых странах, где уровень заработной платы весьма низок, продается на мировом рынке значительно дешевле, чем эквивалентные по назначению химические волокна. Цены на грубые волокна намного ниже, даже с учетом более высоких коэффициентов замены и сроков службы изделий из химических волокон. Поэтому, несмотря на техническую возможность почти полной замены грубых волокон химическими, этот процесс протекает сравнительно медленно.

В нашей стране производство крученых изделий из синтетического волокна значительно экономичней, чем из пеньки. Это связано не только со значительным превосходством свойств синтетических волокон и технико-экономических показателей их производства, но и с отставанием агротех-

ники и механизации возделывания конопли и ее переработки в пеньковое волокно. Экономически эффективное вытеснение пеньки синтетическими волокнами сдерживается ограниченными ресурсами последних.

Хлопок, производимый в слаборазвитых странах, несмотря на низкую урожайность и экстенсивное ведение хозяйства, сравнительно дешевле из-за низкой оплаты труда.

Но в США — главном производителе и импортере хлопка, — несмотря на наличие интенсивного, механизированного высокоурожайного хлопководства, хлопок с трудом выдерживает конкуренцию с химическими волокнами. Заработная плата сельскохозяйственных рабочих в США в несколько раз выше, чем в слаборазвитых странах, производящих хлопок, но вдвое ниже, чем в промышленности США. Правительство США экономически поддерживает производителей хлопка, оплачивая за потребителей значительную часть цены хлопка на внутреннем и внешнем рынке. Однако доля хлопка в балансе текстильного сырья в США систематически снижается, а химических волокон — растет.

Наша страна располагает вторым в мире по величине хлопководством, технико-экономические показатели деятельности которого довольно высоки. И в СССР заработная плата работников, занятых в хлопководстве приблизительно вдвое меньше, чем в промышленности и, в частности, в промышленности химических волокон, что в значительной степени влияет на повышение конкурентоспособности хлопка в соревновании с химическими волокнами.

Там, где химические волокна технически и гигиенически можно успешно использовать, ориентируются пока на хлопок, так как это в настоящее время экономически оправдано. Даже с учетом того, что в перспективе химические волокна могут в значительной части областей применения оказаться более экономичными, чем хлопок, нижним пределом производства хлопчатника является на обозримый период его сбор на освоенных в настоящее время площадях. В случае отказа от возделывания хлопка на части площадей потери от выбытия недоиспользованных основных фондов, связанных с выращиванием и переработкой хлопка в сельском хозяйстве и промышленности, могут оказаться выше, чем экономия от применения химических волокон в ряде областей. В то же время увеличение урожайности на освоенных землях, как правило, резко улучшает технико-экономические показатели производства хлопка.

В сырьевом балансе производства шерстяных тканей и особенно верхних трикотажных изделий химические волокна благодаря присущим им техническим и гигиеническим свойствам могут занимать большую долю, чем натуральная шерсть. Однако для удовлетворения потребности населения в мясных продуктах одним из традиционных и эффективных направлений является развитие овцеводства (мясного), в связи с чем образуются значительные ресурсы грубой шерсти. Кроме того, в ряде стран (Австралия, Новая Зеландия и др.) природные условия дают возможность эффективно развивать тонкорунное овцеводство, являющееся поставщиком качественной тонкой шерсти. Однако для мирового хозяйства и особенно хозяйства экономически развитых стран характерно снижение доли шерсти в балансе потребления волокнистых материалов за счет повышения доли шерстоподобных синтетических волокон. В нашей стране в связи с сравнительно невысоким уровнем производительности труда в сельском хозяйстве и довольно высокими климатическими условиями затраты на производство шерсти значительно выше, чем на синтетические шерстоподобные волокна. Поэтому в СССР цены на шерсть в несколько раз выше, чем на синтетическое штапельное волокно, в то время как на мировом рынке эта разница не столь велика.

Синтетическое штапельное волокно является очень серьезным конкурентом высококачественной шерсти, так как с меньшими затратами заменяет ее полностью или частично во многих изделиях, позволяет получить высококачественные ткани и трикотаж при комбинации с грубой шерстью, а также при использовании заводской и восстановленной шерсти.

Таким образом, уровень развития мясного овцеводства в основном естественно образует нижнюю границу производства и потребления шерсти. Конечно, сами темпы развития мясного овцеводства должны в какой-то мере определяться конкурентноспособностью баранины с другими видами мяса (говядина, свинина, птичье мясо). Например, в США доля баранины в общем объеме производства мяса в 1963 г. составила 1,9%, что значительно ниже, чем в СССР (11,8%).

Главным обстоятельством, сдерживающим увеличение доли химических волокон в балансе текстильных волокнистых материалов в СССР до 1970 г., являются ограниченные возможности развития отечественной промышленности химических волокон. На 1966—1970 гг. проектируются очень высокие, но реальные темпы развития этой отрасли.

Опыт развития промышленности химических волокон в текущем семилетии показал, что намеченный контрольными цифрами на 1959—1965 гг. погодовой ввод мощностей и прирост объемов производства с резким увеличением для последних трех лет при условии недостаточного строительного задела в начальный период (наряду с другими причинами), привел не только к невыполнению объема производства по сравнению с контрольными цифрами, но и к значительному ухудшению его структуры. Наибольшее невыполнение плана по объему производства произошло по волокнам, обеспечивающим максимальный экономический эффект синтетическому, техническому и штапельному волокну, т. е. в 1965 г. не будет достигнута эффективная внутриотраслевая структура производства отрасли. Поэтому важнейшей задачей на 1966—1970 гг. является не просто максимальное увеличение выработки и потребления химических волокон, но и достижение оптимальной структуры их производства и распределения на основе реального плана.

Внутриотраслевая структура оказывает огромное влияние на народнохозяйственную эффективность развития промышленности химических волокон. В свою очередь на формирование внутриотраслевой структуры оказывают воздействие две группы факторов — внешние и внутренние. К внешним, имеющим большое значение, относится величина экономической эффективности применения различных химических волокон в различных областях и объектах использования, отличающаяся значительной дифференциацией. В связи с невозможностью в 1970 г. при ограниченных ресурсах химических волокон удовлетворить все экономически эффективные потребности народного хозяйства, необходимо выбрать и обеспечить наиболее эффективные. Так как ограничения имеют место главным образом из-за недостатка средств на капитальные вложения в развитие химической промышленности в период 1964—1970 гг., то выбор наиболее эффективных направлений необходимо осуществлять на основе соизмерения величины эффекта от применения такого количества химических волокон, на создание производства которых требуются одинаковые капитальные затраты. Ориентировочная усредненная эффективность применения химических волокон в различных направлениях на 1 тыс. рублей капитальных затрат, требующихся на их производство (включая производство химического сырья), представлена в табл. 1.

Как видно из таблицы, экономия, приходящаяся на капиталовложения в производство химических волокон технического назначения и синтетических шерстоподобных волокон, в несколько раз выше, чем в производ-

Таблица 1  
(в тыс. руб.)

Направление использования и типы волокна	Экономия затрат	
	эксплуатационных	капитальных
Шинная и резиновая промышленность при замене хлопка капроном *	0,8—6,0	1,9—4,3
Шинная промышленность при замене хлопка сверхпрочным вискозным волокном	0,6	1,3
Производство капроновых канатов вместо пеньковых	0,9—1,7	0,5—1,3
Производство синтетических технических тканей вместо льняных	0,7—1,0	1,0—1,8
Производство шерстоподобной пряжи из синтетических волокон вместо шерстяной	0,8—1,4	1,5—2,8
Производство пряжи из штапельных искусственных волокон вместо хлопчатобумажной	0,1—0,3	0,5—1,0

\* Первая цифра — по шинной, вторая — по резиновой промышленности.

ство искусственного штапельного волокна (расчеты по которому выполнены по максимально благоприятной оценке). Здесь не рассмотрена довольно значительная группа химических волокон — искусственные и синтетические филаментные волокна для товаров широкого потребления, главными из которых являются вискозный, ацетатный и капроновый шелк. Эти волокна в отличие от штапельных характеризуются значительно более высокими эксплуатационными и капитальными затратами (в 2—3 раза выше), но вырабатываются сразу в виде тонкой пряжи различных номеров. Подход к определению экономической эффективности их применения в производстве товаров широкого потребления значительно сложнее.

Если для штапельных волокон ясно, что вискозное заменяет главным образом хлопок, а синтетическое — шерсть, то труднее определить, что заменяют филаментные волокна. Первые химические волокна — нитрошелк, медно-аммиачный шелк, вискозный шелк были неполноценными заменителями дорогого натурального шелка. Лишь значительно позже стали выпускаться штапельные волокна, а также филаментные волокна технического назначения, заменяющие хлопок, шерсть, лен, пеньку.

Совершенствование технологии и улучшение качества искусственного шелка, особенно начавшийся выпуск синтетического шелка, подорвали позиции натурального шелка, выпуск которого сократился за последние 25—30 лет в 2 раза. В настоящее время мировое производство химического филаментного волокна более чем в 30 раз превышает выпуск натурального шелка. Затраты на производство последнего в несколько раз выше, чем на искусственный и синтетический шелк тех же номеров, и товары из натурального шелка являются по существу предметами роскоши. Экономически неверно считать эффективность применения большей части филаментных химических волокон потребительского значения, сравнивая их с применением натурального шелка. Ни в одной стране мира, широкие с самым высоким национальным доходом на душу населения, широкие массы трудящихся не смогли бы выделить из своего бюджета сумм, связанных с приобретением дорогих тканей и изделий из натурального шелка в том объеме, в котором они в настоящее время приобретают изделия из искусственного и синтетического шелка. Поэтому при определении эффективности применения искусственного и синтетического шелка необходимо сравнивать затраты на ткани и изделия, выработанные из них, с одинаковыми или близкими по назначению высококачественными хлопчатобумаж-

ными тканями и изделиями. В этом случае по ориентировочным расчетам эффективность применения вискозного и ацетатного шелка будет близка эффекту, получаемому за счет использования вискозного штапельного волокна вместо хлопка, потому что они фактически заменяют хлопок. Синтетический, главным образом капроновый шелк, перерабатываемый в эластичную пряжу заменяет в основном пряжу шерстяную, а выпускаемый в виде филаментной нити — заменяет тонковолокнистый хлопок, с той лишь особенностью, что на изделия в этом случае расходуется значительно меньше пряжи при значительно большем их сроке службы.

Использование синтетической эластичной пряжи вместо шерстяной близко по экономической эффективности замене шерсти синтетическим штапельным волокном.

Таким образом, представляется очевидной целесообразность наиболее полно удовлетворять потребности всех отраслей народного хозяйства в 1966—1970 гг. как по годам, так и в конце периода, в экономически наиболее эффективных волокнах таких, как химические волокна технического назначения, синтетические штапельные волокна, синтетические филаментные волокна, особенно в виде эластичной пряжи. Поэтому в первую очередь необходимо начинать строительство предприятий, выпускающих эту эффективную продукцию, а также заводов по производству искусственного полинозного штапельного волокна, заменяющего дорогой и дефицитный тонковолокнистый хлопок. Конечно, в различных отраслях техники, текстильной и трикотажной промышленности при использовании в производстве громадного числа изделий величина экономического эффекта будет значительно колебаться в зависимости от заменяемого волокна (снижаться в последовательности: шерсть, хлопок тонковолокнистый, лен, хлопок рядовой), условий эксплуатации и многих других факторов. Поэтому необходимо проанализировать значительное число объектов применения химических волокон во всех важнейших направлениях их использования, сравнивать целый ряд вариантов взаимозаменяемых натуральных и химических волокон, различных химических волокон одинаковых по назначению. Эта работа имеет большие методические сложности, особенно в части выбора сопоставимых изделий, полученных с использованием традиционных материалов (натуральных волокон) и химических материалов (химических волокон) или комбинации натуральных и химических волокон, определения экономической эффективности применения химических волокон в товарах бытового назначения и т. д.

Как было сказано выше, на формирование оптимальной структуры производства химических волокон оказывают влияние внутренние факторы, связанные с развитием самой химической промышленности. К ним относятся ограниченные ресурсы некоторых видов сырья, необходимые для производства ряда химических волокон, главным образом взаимозаменяемых, а также других химических продуктов, базирующихся на дефицитном сырье; ограниченные ресурсы капиталовложений, выделенных на развитие химической промышленности в целом.

В связи с тем, что число различных химических волокон к 1970 г. будет насчитывать несколько десятков (не говоря уже об их различиях по номерам, выпускным формам), а количество объектов применения оказывается значительно большим, число возможных вариантов внутриотраслевой структуры производства отрасли и распределения ее продуктов по потребителям оказывается чрезвычайно велико. Выявление вариантов, близких к оптимальному немислимо без применения экономико-математических методов и электронно-вычислительных машин.

Экономико-математическая модель для определения оптимальной структуры производства и распределения химических волокон по отрас-

лям-потребителям на 1970 г. (статическая) схематично рассматривается ниже.

Имеется  $m$  отраслей-производителей, выпускающих  $i$ -й продукт ( $i = 1, 2, \dots, m$ ). При этом расходуются известные количества определенных ограниченных ресурсов (капитальных, сырьевых и т. п.). Изготовленный продукт  $i$  распределяется по  $j$ -м отраслям-потребителям ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Таким образом, каждая отрасль-потребитель  $j$  может потреблять, вообще говоря, продукты всех видов. Суммарное потребление отрасли  $Y_j$  означает общее количество используемых продуктов, выраженное либо в принятых единицах, либо в каком-то основном для данного потребителя продукте (для взаимозаменяемых). Отбор конкретных видов производимых продуктов, так же как их распределение по отраслям-потребителям, осуществляется на основе критерия оптимальности, заключающегося в достижении максимума экономического эффекта.

Введем основные обозначения модели:  $X_i$  — масштаб производства  $i$ -го вида химического волокна ( $i = 1, 2, \dots, m$ );  $Y_j$  — масштаб потребления  $j$ -й отраслью-потребителем всех химических волокон, выраженного либо в условных единицах, либо в основном волокне ( $j = 1, 2, \dots, n$ );  $X_{ij}$  — масштаб потребления  $i$ -го продукта в  $j$ -й отрасли ( $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ );  $b_i$  — удельная капиталоемкость по кругу сопряженных химических отраслей для  $i$ -го вида химического волокна ( $i = 1, 2, \dots, m$ );  $q_{ri}$  — удельный расход  $r$ -го вида дефицитного сырья на единицу  $i$ -го вида химического волокна ( $r = 1, 2, \dots, l$ ;  $i = 1, 2, \dots, m$ );  $S$  — суммарные капиталовложения в производство химических волокон и химического сырья, выделяемые для развития этих производств;  $k_r$  — суммарные ресурсы дефицитного сырья, выделяемые для производства химических волокон ( $r = 1, 2, \dots, l$ );  $c_{ij}$  — коэффициент перевода  $i$ -го вида химического волокна, используемого в  $j$ -й отрасли, в условный или основной продукт ( $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ );  $a_{ij}$  — величина экономического эффекта от использования единицы  $i$ -го химического волокна в  $j$ -й отрасли;  $P_i$  — нижний предел производства  $i$ -го химического волокна;  $m_{ij}$  — нижний предел потребления  $i$ -го волокна в  $j$ -й отрасли;  $M_{ij}$  — верхний предел потребления  $i$ -го волокна в  $j$ -й отрасли;  $m_j$  — нижний предел суммарного потребления химического волокна в  $j$ -й отрасли;  $M_j$  — верхний предел суммарного потребления химического волокна  $j$ -й отрасли;  $\lambda_j$  — вектор комплектности для тех волокон, используемых в  $j$ -й отрасли, которые должны потребляться в строгих пропорциях.

Укажем основные ограничения модели. Ограничения на производство: общая сумма капитальных затрат на развитие производства каждого из химических волокон, включая сырье, не может быть больше, чем капиталовложения, выделенные на развитие промышленности химических волокон и производства сырья для нее;

$$\sum_{i=1}^m b_i X_i \leq S, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m q_{ri} X_i \leq k_r \quad (r = 1, 2, \dots, l), \quad (2)$$

т. е. сумма потребностей в дефицитном виде сырья, необходимого для выпуска различных химических волокон, не может превосходить общее количество ресурсов, выделенных для этой отрасли;

$$X_i \geq P_i \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (3)$$

т. е. производство  $i$ -го продукта должно быть не меньше заданной нижней границы.

Ограничения на потребление:

$$m_{ij} \leq X_{ij} \leq M_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n), \quad (4)$$

т. е. потребление  $i$ -го волокна не должно быть меньше нижней и больше верхней границы потребления  $j$ -й отрасли;

$$Y_j = \sum_{i=1}^n c_{ij} X_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (5)$$

т. е. суммарное потребление  $j$ -й отрасли всех химических волокон должно быть равно количеству потребленной продукции, выраженной в условном, либо в основном продукте;

$$m_j \leq Y_j \leq M_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

т. е. суммарное потребление  $j$ -й отрасли всех химических волокон не должно быть меньше нижней границы отраслевого потребления и больше верхней границы:

$$\frac{X_{i_1 j}}{\lambda_{i_1 j}} = \frac{X_{i_2 j}}{\lambda_{i_2 j}} \dots \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (7)$$

т. е. по некоторым химическим волокнам, потребляемым в  $j$ -й отрасли, должна соблюдаться строгая комплектность.

Балансовое соотношение производства и потребления:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq X_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (8)$$

т. е. общее количество химического волокна  $i$ -го вида, потребляемое во всех отраслях-потребителях, не может превосходить произведенного количества данного продукта.

Определим *критерий оптимальности модели*. Сумма экономии от применения химических волокон во всех отраслях народного хозяйства должна быть максимальной:

$$\sum_{i,j}^{m,n} a_{ij} X_{ij} \rightarrow \max.$$

*Необходима следующая информация.*  $b_i$  — удельная капиталоемкость на единицу химического волокна, включая затраты сырья, энергии, топлива; определяется она на прирост тонны годовой мощности по производству волокна.

Затраты устанавливаются по нескольким степеням сопряжения, определяющим в основном капиталовложения по данному продукту. Так, при определении удельных капитальных вложений на производство ацетатного волокна учитываются затраты на производство ацетилцеллюлозы, искусного ангидрида и уксусной кислоты, ацетилена или этилена, целлюлозы и сырья для них. Кроме того, учитываются затраты на создание соответствующих энергетических мощностей и добычу топлива для производства волокна и всю сырьевую цепочку. Для штапельных волокон учитываются также капитальные вложения на переработку их в пряжу.

$q_{ri}$  — удельный расход дефицитных видов сырья на 1 т химического волокна. Такими видами сырья для производства химических волокон до 1970 г. будут бензол и параксилон. Первый используется в производстве

мономеров, являющихся полупродуктами для выработки целого ряда полиамидных волокон (капрон, анид), а также в производстве каучуков, пластмасс и синтетических смол, моющих средств, красителей и т. д. Второй — параксилон — расходуется в качестве исходного сырья в производстве полиэфирных волокон различного назначения (лавсан, штапельное волокно, шелк, волокно для технических целей и корда), а также синтетических смол для пленок и лаков. Производство бензола и параксилон ограничено до 1970 г. главным образом из-за низкого уровня объема их производства в настоящее время, относительно короткого планового периода (1966—1970 гг.), чрезвычайно быстрого развития потребляющих отраслей и сравнительно небольшого содержания этих веществ или исходных для них в продуктах переработки угля, нефти, сланцев. Так как параксилон почти полностью перерабатывается в диметилтерефталат, то вместо удельного расхода параксилон при расчетах используются ограничения и коэффициенты по диметилтерефталату.

$S$  — суммарные капиталовложения в производство химических волокон и сопряженных отраслей, выделяемые для развития этих производств.

При определении ограничения по сумме капитальных вложений в эту сумму не включаются капитальные затраты на:

задельные объекты, вводимые в эксплуатацию за пределами 1970 г.;

объекты, мощности по которым вводятся в действие в период до 1970 г., но выпуск продукции планируется за пределами этого периода;

объекты, начатые строительством в период до 1966 г.; реконструкцию предприятий, не дающих увеличения объема производства\*;

введенную, но не освоенную в 1970 г. часть мощности.

Таким образом, в сумму ограничения по капитальным вложениям войдет, по ориентировочным расчетам, лишь 20—30% всех капитальных вложений, которые могут быть распределены. Безусловно, расчет статической модели применительно к 1975 г. позволил бы резко повысить этот процент в период 1966—1970 гг. и сделать работу практически более ценной.

$k_r$  — суммарные ресурсы дефицитного сырья, выделяемого для производства химических волокон (бензол, диметилтерефталат); их определяют, исходя из балансов производства и распределения этих продуктов по проекту плана развития химической промышленности и других отраслей. Например, ограничения по ресурсам бензола устанавливаются следующим образом. Определяется потребность на 1970 г. в бензоле для всех видов полупродуктов, которые получаются на основе или с применением бензола, используются для выпуска химических волокон и в соответствующей доле относятся на его выпуск. Это количество бензола является, конечно, только одним из вариантов ограничения по этому виду сырья.

$c_{ij}$  — коэффициент перевода химического волокна, используемого в определенной области в основное волокно; его рассчитывает отрасль-потребитель, исходя из расходных коэффициентов на производство эквивалентных изделий с применением основного волокна и волокна-заменителя, а также срока службы этих изделий. Для товаров широкого потребления, для которых физический срок службы больше морального (определяемого модой и другими факторами) при расчете коэффициента замены принимается моральный срок службы.

$a_{ij}$  — величина экономического эффекта от использования единицы (тонны) химического волокна в определенной области и объекте; определяется отраслью-потребителем по народнохозяйственным перспективным

\* Если капиталовложения имеют цель возобновить физически и морально изношенное производство, то они включаются в общую сумму, но при этом нижний предел объема производства на 1970 г. определяется без выпуска продукции на этих предприятиях.

приведенным затратам в результате сопоставления затрат на производство и эксплуатацию одинаковых или близких по назначению изделий с использованием традиционных и химических материалов, а также традиционных и химических методов переработки.

$P_i$  — нижний предел производства каждого из видов химических волокон в 1970 г.; определяется как максимально возможный объем производства на мощностях, действующих в настоящее время и вводимых на объектах, начатых строительством до 1966 г. без учета увеличения объема производства, которое может быть достигнуто в 1970 г. за счет дополнительных капитальных вложений, направленных после 1966 г. на их расширение или возобновление.

$m_{ij}$  — нижний предел потребления  $i$ -го вида волокна в  $j$ -й отрасли; определяется потребность этого волокна для изделий, которые без него не могут быть изготовлены. Например, синтетический корд для авиационных шин практически незаменим, так как его применение обуславливает безопасность эксплуатации современных самолетов. Кроме того, нижнюю границу в использовании определенных видов волокон можно установить, исходя из мощности действующих и строящихся объектов по их переработке, если эти объекты не могут быть использованы для переработки других волокон или требуют для этого значительных дополнительных затрат.

$M_{ij}$  — максимальная потребность в определенном виде химического волокна  $j$ -й отрасли; определяется как сумма потребности в этом виде волокна на все виды продукции, где оно может быть использовано при наибольшем содержании в изделиях во всех случаях, когда его применение экономически эффективно. Конечно, на этот показатель влияет техническая подготовленность отрасли-потребителя к использованию продукта.

Например, в шинной промышленности почти все виды шин можно изготовить с использованием капронового корда. В ценах 1970 г. все такие шины будут экономически выгодны по сравнению с шинами на хлопчатобумажном корде. Таким образом, максимальной потребностью шинной промышленности в капроновом корде является потребность в нем для всех выпускаемых в 1970 г. шин. Максимальная потребность для ряда взаимозаменяемых химических волокон, используемых в определенной отрасли или изделия, определяется только для одного вида волокна — основного. Основным волокном является волокно, которое при использовании его в этой области дает наибольший экономический эффект. Максимальная потребность в других (не основных) видах взаимозаменяемых волокон всегда может быть определена, исходя из максимальной потребности основного волокна и коэффициента замены  $l_{ij}$ .

Критерием оптимальности данной модели принят максимальный экономический эффект от применения химических волокон в народном хозяйстве, исчисляемый как экономия по текущим затратам плюс 20% от экономии по единовременным затратам

$$[\varepsilon = (C_1 + \varepsilon K_1) - (C_2 + \varepsilon K_2)],$$

где  $\varepsilon$  — величина экономического эффекта,  $C_1$  и  $K_1$  — текущие и капитальные затраты варианта без применения химических волокон,  $C_2$  и  $K_2$  — текущие и капитальные затраты варианта с использованием химических волокон,  $\varepsilon$  — нормативный коэффициент. Перспективные затраты сопоставляются в сфере производства волокон и изделий из них, а также в областях эксплуатации изделий.

Конечно, кроме приведенных затрат, в качестве критерия эффективности могут быть использованы отдельно такие показатели, как снижение себестоимости, капитальных затрат, трудоемкости. Однако приведенные затраты являются более объективным показателем, связывающим текущие

и капитальные затраты. Математически критерий оптимальности был представлен выше.

Вариант объема производства химических волокон на 1970 г. и его внутренней структуры, удовлетворяющий определенную потребность народного хозяйства, не превосходящий заданных ограничений по ассигнованиям на капитальное строительство и расходу ограниченных видов сырья при достижении максимальной экономики текущих и одновременных затрат, будет вариантом, близким к оптимальному.

Естественно, что ограничения по капитальным вложениям в развитие химической промышленности на период 1966—1970 гг. в какой-то мере носят волевой характер, в связи с чем целесообразно оптимизировать несколько вариантов развития промышленности химических волокон до 1970 г. с различными ограничениями по капитальным вложениям и дефицитным видам сырья.

Нельзя не отметить, что в задаче на оптимизацию темпов и пропорций развития промышленности химических волокон (статическая модель) на перспективу (в случае принятия всех зависимостей с элементом условности как линейных) математическая и вычислительная часть менее сложны, чем формирование достоверных экономических данных, особенно в части экономической эффективности различных вариантов применения химических волокон и потребности в них по верхним и нижним пределам. Разработанные Научным советом по экономическим проблемам химизации народного хозяйства Академии наук и НИИТЭХИМом методические указания к работе «Экономические проблемы химизации народного хозяйства» оставляют еще много неясных и спорных методических вопросов, которые требуют дополнительного изучения. Их решение позволит в дальнейшем значительно улучшить постановку и решение задачи.

Попытаемся сформулировать задачу математического программирования для оптимизации структуры производства и потребления химических волокон. Выпишем все соотношения модели в одном месте (за исключением соотношений комплектности (7)), отметив прежние переменные и некоторые постоянные штрихом:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m b_i X'_i &\leq S', \\ \sum_{i=1}^m q_{ri} X'_i &\leq k'_r \quad (r = 1, 2, \dots, l), \\ X_i &\geq P_i > 0, \\ \sum_{j=1}^n X'_{ij} &\leq X'_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \\ m'_j &\leq \sum_{i=1}^m c_{ij} X'_{ij} \leq M'_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), \\ 0 &\leq m'_{ij} \leq X'_{ij} \leq M'_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, n), \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} X'_{ij} &= \max \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n). \end{aligned}$$

Теперь перейдем к эквивалентной формулировке, для чего введем новые переменные:  $X_i = X'_i - P_i \geq 0$ ,  $X_{ij} = X'_{ij} - m'_{ij} \geq 0$ .



Ясно видны блочность данной матрицы и многочисленность нулей в блоках. Это обстоятельство можно использовать при счете.

Обратимся к конкретному расчету оптимального плана. При проведении экспериментального расчета оптимального плана из всех соотношений модели были оставлены три ограничения: по лимитирующим ресурсам (1), (2), ограничения снизу на выпуск — (3); суммарные ограничения на потребление — (6); балансовое соотношение (8).

Кроме того, задача первоначально решалась без условий комплектности (7), которые по необходимости учитывались на последней итерации.

Относительно метода решения данной задачи можно заметить следующее. Предположим сначала, что величины выпуска  $X_i$  у нас известны. Тогда мы имеем задачу, обладающую следующими свойствами. Во-первых, она представляет собой так называемую обобщенную транспортную или распределительную задачу. Во-вторых, это — открытая задача транспортного типа. В-третьих, имеются запреты на часть переменных  $X_{ij}$ , т. е. эти переменные должны равняться нулю.

Однако величины  $x_i$  суть неизвестные переменные, которые сами должны удовлетворять определенным неравенствам. Именно это обстоятельство самым существенным образом усложняет решение всей проблемы, хотя структура задачи остается специального вида.

Можно указать следующие возможные переходы к использованию известных методов. Первое — это применение принципа разложения Данцига-Вульфа [1]. Второе — использование метода Гольштейна [2], предложенного им для решения задач простой структуры, усложненных одним ограничением общего вида.

Так как оптимальное решение распределительной задачи зависит от величины  $X_i$ , то можно воспользоваться приемом, аналогичным описанному в работе [3].

Оптимальное значение общей эффективности использования волокон  $Z^0 = \sum_{i,j} a_{ij} X_{ij}^0$  можно рассматривать как функцию выпуска, т. е.

$$Z^0 = Z^0(X_1, X_2, \dots, X_m). \quad (9)$$

Поэтому несколько условно можно записать нашу задачу так:

$$\begin{aligned} Z^0(X_1, X_2, \dots, X_m) &= \max, \\ \sum q_n X_i &\leq K_n; \quad X_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m). \end{aligned} \quad (10)$$

После этого будем решать задачу методом, аналогичным методу Эрроу-Гурвица [4]. В задаче (2) всего три неравенства, так что необходимо будет найти три множителя Лагранжа, представляющие собой о.о. оценки ограниченных ресурсов. Хотя вид функции  $Z^0(X_1, \dots, X_m)$  остается неизвестным, задача может решаться, так как о частных производных функции  $Z^0$  по переменным  $X_i$  можно судить по потенциалам распределительной задачи. Для расчетов по улучшению некоторого плана можно положить:

$$\delta Z^0 / \delta X_i = u_i. \quad (11)$$

Конечно, эта формула, да и сам градиентный метод Эрроу-Гурвица применительно к нашей задаче не гарантируют сходимость к оптимуму,

так как частные производные справа и слева ( $\delta Z^0 / \delta X_i^+$ ,  $\delta Z^0 / \delta X_i^-$ ) не совпадают. Однако конкретный расчет показывает, что пользоваться ими можно.

Проведенные расчеты позволили значительно улучшить первоначальный план.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. G. B. Dantzig and P. Wolfe. Decomposition principle for linear programs. Oper Res. 1960, v. 8, N 1.
2. Е. Г. Гольштейн. О возможности расширения применимости частных методов линейного программирования. В сб. Планирование и экономико-математические методы. М., «Наука», 1964.
3. Ю. Н. Гаврилец. Учет влияния вариации коэффициентов матрицы условий на решение некоторых экономико-математических задач. Экономико-математические тетради, вып. V (ротапонт).
4. К. Дж. Эрроу, Л. Гурвиц, Х. Удзава. Исследования по линейному и нелинейному программированию. М., Изд-во иностр. лит., 1962.

Поступила в редакцию  
16 III 1965