МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ПЕРСПЕКТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ В ВНР*

ПРЕДПОСЫЛКИ

В практике перспективного планирования в Венгрии можно выделить два этапа. Работы, связанные с пятнадцатилетним плановым периодом (1971—1985 гг.), начались еще в 1968 г. и продолжались по 1972 г.; затем, к концу 1975 г. сложилась в первоначальном виде определенная концепция на 1976—1990 гг. В настоящее время она дополняется новыми элементами.

В условиях социалистических производственных отношений впервые становится возможным и одновременно необходимым сознательное регулирование совокупного экономического процесса, подчиненное общественным интересам, согласованное развитие отдельных сфер народного хозяйства. Поэтому центральной методологической проблемой планирования является синтез частей в единое целое, при котором полученное целое оказывало бы активное обратное влияние на его составные части. Это не просто обобщение, тем более — не суммирование частных плановых показателей, а, наоборот, выявление желательных с точки зрения общества и согласованных в пределах всей системы взаимосвязей экономики, направлений ее развития.

Роль синтеза в процессе народнохозяйственного планирования двойственна. С одной стороны, он формирует макроэкономическую концепцию темпов роста и главных экономических пропорций, удовлетворяющих общественным требованиям. С другой, именно на этой базе синтез должен оказывать обратное влияние на частные решения, на наиболее важные конкретные проблемы. Подобный подход может быть осуществлен только в том случае, если сама макроэкономическая концепция рождается не изолированно, а отталкивается от прогнозов и альтернатив развития важнейших звеньев народного хозяйства, опирается на них, находится с ними в органическом единстве и взаимосвязи.

В процессе синтеза необходимо разработать не один, а несколько внутренние согласованных вариантов экономической политики для того, чтобы определить степени свободы действий и решений, наметить объективно возможные направления роста, оценить их преимущества и недостатки, обоснованно подготовить социально-экономические решения.

С развитием экономики система взаимосвязей народного хозяйства становится все более сложной, все менее обозримой с помощью простых средств. Поэтому для методического и технологического обеспечения синтеза нужно использовать математические модели. Если мы создадим прочное ядро «синтетических» плановых моделей, экономическую, логическую и счетно-вычислительную схему количественного определения

* Статья подготовлена коллективом авторов — сотрудников Госплана ВНР и работников венгерских научно-исследовательских учреждений — в составе: Аугустинович М., Ач М., Банхиди Ф., Бод П., Бода Д., Фаир Т., Хараси К., Креконе И., Пехартз Ф., Секель Б.

наиболее важных народнохозяйственных взаимосвязей, то на этой основе постепенно будут складываться и увязанные с таким ядром локальные модели. Моделирование отдельных звеньев народного хозяйства сможет опираться на прочную макроэкономическую базу, обогащая и дополняя ее*.

В ходе перспективного планирования следует заниматься в первую очередь теми экономическими процессами, которые развиваются на протяжении длительного времени и поддаются сознательному общественному воздействию лишь в долгосрочной перспективе. К их числу относятся, например, взаимосвязь между экономическим развитием, с одной стороны, социальными процессами и окружающей естественной средой, с другой. Эти действующие в течение длительного периода тенденции, однако, существуют не сами по себе, а в повседневной экономической деятельности: они проявляются в изменениях структуры производства, потребления, внешней торговли, зависят от сбалансированности, темпов роста и рассматриваемой в широком смысле эффективности этой структуры. Именно поэтому система экономических категорий и показателей перспективного и краткосрочного планирования имеет общую принципиальную основу.

Применяя экономико-математические модели в перспективном планировании, мы опирались на конкретные результаты по: составлению плановых межотраслевых балансов (начиная с 1958 г.); практическим расчетам с помощью относительно больших макромоделей линейного программирования; системе расчетов народнохозяйственных балансов, которую мы могли в готовом виде использовать в качестве основы макроэкономической информации. Учитывались также достижения и опыт, в частности СССР и ГДР, освещенный в научной литературе. Однако не было математических моделей, отвечающих требованиям продолжительного (15—20 лет) временного горизонта планирования, а также единой системы планирования с применением ЭВМ, которая включала бы и математические модели, и так называемые традиционные плановые расчеты. Их разработка, практическое построение и использование в рабочем режиме реального планового процесса осуществлялись в нашей стране впервые.

По своим основным свойствам созданные нами оптимизационные модели очень похожи друг на друга. Все они — многопериодные, т. е. трактуют переменные, представляющие отдельные виды деятельности, и условия сбалансированности совокупного процесса в рамках не одного, а нескольких последовательных отрезков времени. Пятнадцатилетний плановый период обычно разбивается на три пятилетних, а в одной из наших моделей он разделен на пятнадцать годовых. Коэффициенты затрат, как правило, изменяются от периода к периоду. Все модели содержат межпериодные временные взаимосвязи, в том числе связь между капитальными вложениями и производством**.

Во всех этих моделях инвестиции являются эндогенными; уровень капитальных вложений в отдельные интервалы времени формируется под влиянием всей системы взаимосвязей и не ограничен извне. В них имеются так называемые «пределы выравнивания», отражающие неявные временные взаимозависимости: отдельные виды деятельности не могут развиваться в данный период медленнее или быстрее заданного извне предела.

* На втором этапе перспективного планирования мы уже поставили на повестку дня разработку нескольких таких «ответвлений».

** Конкретная форма этой связи в каждой из моделей различна, и в этом проявляются их специфические отличия.

Каждая из моделей допускает использование различных целевых функций. Когда необходимо проанализировать роль не самой целевой установки, а прочих факторов, то обычно максимизируется потребление населения, включающее и потребление услуг, так как в длительной перспективе само по себе увеличение производства, рост капитальных вложений, внешней торговли едва ли можно считать целью. Что же касается различных аспектов экономического равновесия, то они предписываются самими условиями моделей. Следует, вместе с тем, отметить, что в наших моделях недостаточно полно отражены социальные аспекты экономического развития: чрезмерно агрегированы потребление и трудовые ресурсы, не учитываются взаимозависимости между доходами и возможным уровнем вовлечения рабочей силы в общественное производство. Мы не знаем, какое влияние оказывает на производительность труда развитие образования, культуры и здравоохранения.

Все наши оптимизационные модели являются моделями линейного программирования (отчасти, со смешанными переменными). В настоящее время это единственно пригодная методика для оптимизации систем большой размерности с точки зрения практических возможностей и вычислительной техники. При этом линейная форма не исключает возможности учета таких нелинейных взаимосвязей, которые мы способны экономически сформулировать и количественно определить. Практически подобная нелинейность принимается во внимание при разработке нескольких вариантов развития производства по отраслям и формирования будущего потребления, отличающихся друг от друга направлениями развития и изменений структуры затрат и потребления.

Если переменные величины модели линейного программирования представляют именно такие варианты, то в ходе их отбора или комбинирования в модели отражается тот факт, что различным вариантам соответствуют разные коэффициенты. Следовательно, несмотря на линейную форму, модель оперирует не константами, а удельными параметрами, зависящими от уровня производства (потребления), от динамики роста или от какого-либо другого фактора, который учитывается при выработке вариантов.

Специально для работы с такими вариантами нами были созданы две модели — ХОВА* и динамическая. Первая из них включает балансы производства и распределения продукции, трудовых ресурсов, ограничения на объем внешнеторгового оборота и описание условий сальдо товарообмена и изменения валютных ресурсов; вторая — логические условия (характеризующие варианты инвестиционной политики), балансы мощностей и продукции.

Основанные на единой плановой концепции, эти две модели отличаются друг от друга, в первую очередь, подходом к отражению связи между производством и капитальными вложениями. В модели ХОВА степень реализации отобранного для осуществления варианта может свободно колебаться в заданном (первоначально в узких пределах) интервале и описывается непрерывной переменной. Внутри интервала сдвиг производства и капитальных вложений по сравнению с первоначальными происходил одновременно и одинаково; так, в зависимости от величины сдвига изменялись объемы производства и капитальных вложений, но постоянным было соотношение между ними (так же, как и все остальные удельные затраты, относящиеся к выбранному варианту). В динамической модели намеченные в отобранном варианте капитальные вложения осуществлялись точно в соответствии с первоначально запланированными

* Сокращение из первых букв венгерских слов «долгосрочная отборочная»; в то же время слово «хова» в переводе на русский означает «куда».

ными масштабами и сроками; уровень производства на основе созданных таким образом мощностей мог быть ниже или даже (в ограниченной степени) выше первоначально предполагавшегося, при этом исходные удельные текущие затраты должны были оставаться неизменными.

Число заранее разработанных вариантов было небольшим, лишь в незначительном числе случаев они отражали принципиальные альтернативы, а в целом различались уровнями и темпами и менее существенно — структурой затрат.

В ходе практических плановых расчетов по модели ХОВА на первой стадии нам пришлось основательно расширить интервал возможных значений непрерывных переменных, соответствующих вариантам отдельных отраслей для того, чтобы можно было получить хоть какое-то допустимое решение. Однако линейный сдвиг варианта в одном определенном направлении на протяжении всего пятнадцатилетнего периода приводил к трудно поддающейся интерпретации динамике роста. Особенно нерезко высокими или низкими по сравнению с базисным интервалом оказались уровни для первого планового периода.

На второй стадии для каждой отрасли были разработаны один верхний и один нижний предельные варианты, которые, отправляясь из одной базисной точки, образовывали вокруг первоначального варианта зону, напоминающую по форме воронку. При этом форма динамики первоначального варианта сохраняла свои характерные черты, т. е. замедленный или ускоренный рост на протяжении всего планового горизонта, но внутри него степень ее свободы в первый период являлась более низкой, а затем постепенно возрастала, причем конкретный характер роста на всем плановом интервале выбирался моделью. Движение, не выходящее за пределы «воронки», обеспечивалось для каждой отрасли одним условием — решение должно было представлять собой выпуклую линейную комбинацию верхнего и нижнего предельных вариантов, которым соответствовали различные технологические коэффициенты затрат, благодаря чему в каждом конкретном решении формировались зависящие от темпа роста удельные величины затрат. Практически мы изменяли только удельные потребности в капитальных вложениях, остальные удельные величины затрат были взяты неизменными на уровне первоначального варианта.

В описанной форме модель ХОВА отражает ситуацию «одна отрасль — один вариант», которая оказалась неприемлемой для синтеза. Определенные набором таких моновариантов, в ряде случаев противоречащие друг другу направления развития и изменения эффективности образовали необычайно узкую область для осуществления социальных и экономических целей. Поэтому на третьей стадии для многих отраслей в модели ХОВА были введены относящиеся к отдельным отрезкам пятнадцатилетнего планового периода переменные (не обязательно положительные), модифицирующие динамику производства и тем самым создающие условия для отклонения от определенной «воронкой» траектории развития (замедление вместо ускорения или наоборот). Новым переменным величинам соответствуют отличные от первоначальных удельные величины затрат. При этом на модель возложена задача распределения капитальных вложений между отраслями, благодаря чему стало возможным формирование альтернатив эффективности.

Расширенная модель ХОВА послужила основой для народнохозяйственных расчетов на втором этапе перспективного планирования. Мы оперировали, главным образом, сериями параметров целевых функций, но в некоторых случаях и показателями пределов. Помимо этого, на ЭВМ Госплана ВНР мы начали проводить эксперименты с помощью сепара-

бельного программирования и в результате получили опытную, но уже работающую модель СЕПИ, являющуюся вариацией ХОВА, в которой предпринята попытка использовать сепарабельное программирование для нелинейного регулирования внешнеторговой структуры.

В динамической модели целочисленные переменные были сохранены для изучения возможных последствий выбора между отдельными вариантами. Однако и здесь немного ослаблена связанность в отношении динамики — модель «получила право» на изменение соответствующей варианному варианту развития инвестиционной программы и сроков ее осуществления в рамках планового периода. Эти исследования носят экспериментальный характер, модель работает с более широким набором вариантов развития каждой отрасли. Тем не менее, полученные результаты оказались интересными.

На первом этапе перспективного планирования применялась также многотехнологическая модель. Она была создана на базе плановой модели четвертой пятилетки и охватывала три пятилетних периода. Эта модель исходила не из альтернатив роста отраслей, а из трех заданных технологий производства — основанного на уже существующих, реконструированных и новых мощностях — и, таким образом, сама «вырабатывала стратегию» отраслевого развития. Отдельным технологиям соответствовали постоянные удельные величины затрат; их изменение во времени формировалось в модели в зависимости от веса каждой из трех технологий в том или ином периоде.

На втором этапе перспективного планирования впервые была использована запаздывающая модель, которая отличается от всех остальных способом отражения временных взаимосвязей и динамики роста. Эта модель определяет уровень различных видов деятельности не только по пятилеткам, но и по годам при изменяющихся от одного к другому удельных величинах затрат. Она отражает различия во времени (запаздывания) осуществления капитальных вложений в отдельных отраслях, вследствие чего предполагает наличие взаимосвязи между уровнями производства пяти-шести следующих друг за другом лет. Обработка пятнадцати-двадцати периодов вместо трех-четырёх, естественно, значительно увеличивает размеры модели, поэтому для каждой из отраслей она принимает во внимание только одну альтернативу, которая определяется извне на основе предварительного анализа.

Между моделями сложилось определенное «разделение труда». Центральное место занимает ХОВА. Остальные модели или служили исходными для получения новых методологических выводов благодаря своеобразной структуре, или обеспечивали возможность более глубокого дополнительного исследования отдельных решений, полученных в результате расчетов с применением модели ХОВА.

ПРОГНОЗНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

В начале каждого этапа перспективного планирования необходимо обеспечить макроэкономической информацией разработку отдельных вариантов, опираясь на изучение прошлого развития и на прогнозы. На первом этапе мы использовали метод построения трендов. Предполагалось, что посредством распространения на будущее основных тенденций прошлого удастся создать настолько явно искаженную картину направлений перспективного развития, что, тем самым, станет совершенно очевидным требование изменения некоторых определяющих тенденций. Мы отыскивали базирующиеся на различных гипотезах тренды временных

рядов макроэкономических показателей, из которых можно составить баланс национального дохода. Практически применялись три типа функций, выражающие три отличительные черты формирования во времени исследуемых характеристик: линейные, показательные, а также (в том случае, если это не приводило к экономически абсурдному результату) параболические второй степени.

На втором этапе мы располагали уже лучшими возможностями: в нашем распоряжении имелись численные результаты синтеза первого этапа до 1985 г. Для проведения предварительных макроэкономических расчетов была разработана небольшая по размерам, но охватывающая длительный период времени модель МАКРО. С ее помощью можно изучать в длительной перспективе зависимость роста потребления от уровня и отраслевой структуры занятости, а также от эффективности в главных отраслях, которую в модели выражают показатели производительности труда, оснащенности основными средствами и их соотношения с оборотными, нормы брака, времени осуществления капитальных вложений, а также показатели «гибкости» экспорта и импорта. Эти факторы совместно определяют величину валового отечественного продукта, а также накопления, экспорта и импорта. Для каждого года модель содержит одно уравнение, которое неявно описывает баланс валового отечественного продукта; оно решается относительно потребления. На годовое накопление вследствие запаздывания капитальных вложений влияют величины производства в предыдущем и в нескольких последующих годах, поэтому эти уравнения нельзя решать рекуррентно. Вся система, тем не менее, может быть решена с помощью последовательных расчетов, переходя от фактора к фактору: сначала для всего рассматриваемого периода определяется временной ряд показателей производства, затем рассчитываются временные ряды внешней торговли и основных производственных фондов, далее — накопления и, наконец — как результат всей системы — долгосрочный временной ряд потребления. Модель была решена для сорокалетнего периода, охватывающего 1950—1990 гг. Таким образом, экономические процессы прошлого рассмотрены в такой же системе взаимосвязей, в какой мы изучаем будущее.

На двух предыдущих этапах перспективного планирования за разработкой отправной макроэкономической концепции следовали построения частных вариантов, а затем исходя из этого с использованием плановых оптимизационных моделей производились серии центральных расчетов. Выявленные с помощью расчетов по моделям отдельные точки области развития (например, крайние, признанные пограничными, или располагающиеся внутри области) требуют более глубокого экономического анализа. Этот анализ — в противоположность отправному макроэкономическому — теперь уже имеет своей целью вскрыть будущее влияние альтернативных стратегий решений, изучить формирующуюся в результате их возможной реализации будущую экономическую структуру. Полезными для ее исследования оказались модели «затраты — выпуск» в их различных формах.

Как частные, так и макроварианты, рассчитываемые с применением плановых оптимизационных моделей, подготавливаются на основе неизменных внутренних цен*. Однако необходимо изучать изменение стоимостных соотношений в плановом периоде и обосновать перспективную концепцию ценообразования. Для этой цели мы разработали балансовую

* Естественно, мы принимаем во внимание прогнозируемое изменение цен мирового рынка.

модель цен. В отличие от традиционных расчетов мы используем не открытую, а закрытую модель «затраты-выпуск», в которой затраты на заработную плату связаны с потреблением, объем производственных фондов — с накоплением, импорт — с экспортом. Тем самым, все производственные затраты с учетом их взаимозависимости «встраиваются» в цены. Математически это — задача вычисления собственного вектора.

Для анализа перспективных изменений стоимостных отношений применялись двухканальные, пропорциональные затратам, системы цен, которые определяются так, чтобы пропорциональный заработной плате чистый доход равнялся остающейся после ее вычета части фонда потребления, а пропорциональный стоимости средств производства чистый доход — фонду накопления. В то же время мы рассчитали цены развития, или самофинансирования, в которых чистый доход, служащий целям обеспечения накопления, не пропорционален стоимости средств производства, а для каждой из отраслей равен «текущим» затратам на накопление. Модель была использована и для расчета трехканальных двухступенчатых систем цен; в этом случае большая часть потребления, превышающего заработную плату, финансировалась за счет налога с оборота.

Каждое отдельное решение модели цен имеет своим результатом различные их системы, соответствующие данным варианту объема, плановому периоду и типу цен*. Полученные системы позволяют определять перспективные макроварианты, отличающиеся от предыдущих не объемами, а ценами. С помощью анализа таких вариантов мы изучали соотношения динамики структуры затрат и структуры цен в долгосрочной плановой перспективе и их связь с пропорциями накопления и потребления.

Для анализа применялась также открытая статическая модель «затраты-выпуск». Расчеты изменяющихся в зависимости от макроварианта и от планового периода показателей полных затрат (в том числе труда и капитальных вложений) позволяют уточнить картину формирования показателей эффективности (производительность, потребность в средствах производства и т. д.), а отношение полных трудоемкости и капиталоемкости к импорту и экспорту дает обобщенную характеристику линий изменения внешнеторговой структуры. Здесь использовался и метод международных сопоставлений, поскольку в нашем распоряжении имелись статистически сопоставимые межотраслевые балансы восьми европейских стран и США. С помощью сильно упрощенного варианта нашей ценовой модели для рассматриваемых стран были определены их собственные двухканальные пропорциональные затратам цены и проведено сравнение полученных результатов.

ПЛАНИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Если пытаться автоматизировать решения плановых задач, не независимых друг от друга, а связанных (когда результаты одной или нескольких задач используются в качестве выходных данных для других) и если это осуществлять на основе единой системы экономических показателей и единого технико-вычислительного процесса, то такие задачи в своей совокупности могут образовать систему планирования, основанную на применении ЭВМ.

* Под ценой здесь, как и в других подобных расчетах, следует понимать индекс цен, поскольку модель оперирует не конкретными видами продукции, а отраслями (число которых равняется 31).

Первую группу объединенных в систему задач составляют те, которые необходимо решить в начале каждого нового этапа перспективного планирования. Обобщенно мы называем их отправными для данного этапа. В первую группу входят подготовка, систематизация охватывающих длительный период временных рядов и базисных данных, и представление их в распоряжение отраслевых плановых органов. Сюда же относится сбор и систематизация вторичной информации (например, сопоставимых международных показателей), а также получение результатов отправного макроэкономического анализа, рассмотренного в предыдущем разделе.

Вторая группа задач включает исследование и расчеты вариантов развития отраслей, уровня жизни и внешней торговли, или (обобщенно) частных вариантов. Их первичные данные заносятся на машинные носители; затем они дополняются показателями, которые могут быть получены автоматически из первичных, характеризующих возможные альтернативы; исчисляются необходимые для сравнительного анализа частных вариантов индексы, темпы, удельные и другие относительные величины.

Третья группа образует центральное ядро всей системы — построение охватывающих народное хозяйство в целом макровариантов. В качестве подготовительного шага из их числа для каждой отрасли отбирается один, все его параметры обобщаются и принимаются неизменными по отношению ко всему народному хозяйству. Этот метод, по сути дела, играет ту же роль, что и первый шаг традиционного процесса плановой координации, с той разницей, что он осуществляется с применением ЭВМ путем анализа большого числа комбинаций отраслевых вариантов, которые, однако, обычно оказываются несогласованными друг с другом. Цель этой процедуры заключается во взаимном информировании участников плановой работы об их замыслах и о совместном влиянии их плановых наметок на народное хозяйство. В то же время процедура дает оценку несбалансированности, которую предстоит разрешить в ходе расчетов по модели. Для составления сбалансированных макровариантов используются описывающие все народное хозяйство многопериодные модели линейного программирования, упомянутые выше.

Наконец, четвертая группа задач состоит из расчетов, которые обеспечивают возможность быстрой и эффективной оценки большого числа макровариантов, в том числе с помощью системы таблиц, которая в форме обычных балансов и показателей содержит их сопоставимые результаты.

Сведенные в систему задачи планирования кратко перечислены здесь в логической последовательности. В действительности же плановая работа, как и указанные расчеты, производились не непрерывно, а с использованием большого числа повторяющихся шагов. Анализ некоторых макровариантов всегда выдвигает требование разработки новых, в том числе и частных*.

Эта система на обоих этапах перспективного планирования на основе серий многосторонних расчетов всего за несколько месяцев позволила добиться экономически приемлемых результатов. Сравнительный анализ полученных макроэкономических вариантов вскрыл несколько важных с точки зрения нашего будущего экономического развития взаимосвязей, например, между структурой производства, потребления, внешней торговли и темпом роста. Полученные содержательные экономические выводы послужили основой формирования макроэкономической концепции.

* Возвращение к построению новых частных вариантов мы пока осуществляем один раз в ходе каждого этапа перспективного планирования.

ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ *

Для каждой модели вначале дается общая блок-схема, в которой группы переменных и группы ограничений изображаются как векторы, обозначенные большими буквами. Совокупности коэффициентов, располагающихся на пересечении некоторых ограничений и группы переменных, представляют собой матрицы, записываемые в виде пары соответствующих букв. Перечень этих символов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Наиболее важные символы

Группа переменных (ограничений)	Вид модели		
	ХОВА	динамическая	запазды- вающая
<i>Переменные</i>			
Интенсивности (целочисленные) комплексных вариантов	Z		
Интенсивности (целочисленные) отраслевых вариантов		Z	
Интенсивности отраслевых вариантов	U		
Интенсивности внешнеэкономических вариантов	Y		
Интенсивности вариантов потребления	F	F	
Интенсивности вариантов развития		W	
Производство		X	X
Потребление			
Неиспользованные мощности		V	F
Фонд запасов		N	
Изменение валютных ресурсов	D	D	
Экспорт	J	J	J
Импорт	I	I	I
<i>Группы ограничений</i>			
Логические условия	L	L	
Отраслевые балансы	G	G	G
Балансы трудовых ресурсов	M	M	M
Балансы внешней торговли	P	P	P
Ограничения на темпы роста	T	T	T
Валютные балансы	D	D	
Ограничения на объемы экспорта и импорта по главным товарным группам	H	H	
Натуральные балансы продукции	N		
Балансы мощностей		Q	
Балансы основных фондов			C
Ограничение на долю экспорта в производстве	R	R	
Ограничение на натуральную долю импорта	S		
<i>Нижние и верхние ограничения</i>	K	K	K
<i>Целевые функции</i>	Ф	Ф	Ф

В дальнейшем при рассмотрении отдельных частей каждой модели в случае необходимости дается более подробное описание и определение встречающихся впервые векторов и относящихся только к этой части символов, объясняются наиболее важные уравнения и неравенства.

* При подготовке статьи к печати в принятые авторами обозначения и соотношения модели внесены некоторые модификации в целях придания большей компактности форме ее записи (Прим. ред.).

Таблица 2

Общая схема модели ХОВА

Ограничения и условия	Обозначения ограничений и условий	Переменные						Потребление	Характер ограничения	Правая часть	
		Отбор альтернативных вариантов	Отраслевые варианты	Внешняя торговля							
				(Z)	U	Y	D				J
Логические условия	L	(LZ)	(LU) LU	(LY)					(LF)	$\geq$	(L') L'
Отраслевые балансы	G		GU			GJ	GI	GF		$\geq$	0
Балансы продуктов	N		NU			NJ	NI	NF		$\geq$	0
Балансы трудовых ресурсов	M		MU							$\leq$	M'
Ограничения на долю экспорта	R		RU			RJ				$\leq$	0
Ограничения на натуральную долю импорта	S						SI			$\leq$	0
Балансы внешней торговли	P				PD	PJ	PI			=	0
Валютные балансы	D			DY	DD					$\leq$	0
Ограничения на объемы экспорта и импорта по главным товарным группам	H			HY		HJ	HI			$\leq$	0
Ограничения на темпы роста	T					TJ	TI			$\leq$	T'
Верхние и нижние ограничения	K		KU	KY			KI	KF			
Целевые функции	Φ		ΦU		ΦD			ΦF			

Общими для всех моделей множествами индексов являются: AGAZ — отрасли (всего — 34) VAR(*i*) — варианты отрасли *i*; NATU — виды продукции (77 продуктов); KULG — внешнеэкономические варианты; RELA — внешнеторговые регионы (1 — социалистический; 2 — несоциалистический); ARUF — главные товарные группы внешней торговли (6 групп); DEVI — виды изменений валютных ресурсов (1 — актива, 2 — пассива); ELET — варианты жизненного уровня; FOGY — типы потребления (1 — платные материальные блага, 2 — платные услуги, 3 — блага натурального вознаграждения, 4 — блага собственного производства, 5 — общественное потребление); TERV — плановые периоды (1 — 1976—1980 гг.; 2 — 1981—1985 гг.; 3 — 1986—1990 гг.). Векторы записываются в круглых скобках, матрицы — в квадратных. Диагональная матрица обозначается знаком $\hat{}$, транспонированная — *, правые части — штрихом,

единичный вектор — e ; единичная матрица — E ; логическое произведение — $\otimes (A \otimes B = (a_{ij}b_{ij}))$.

Модель ХОВА. В описании (табл. 2) рассматривается как первоначальная модель (отбирающая варианты), так и расширенная вариантами изменения производства и пограничными. Первая из них применялась в экспериментальных расчетах, связанные только с ней варианты и условия приведены в скобках.

1. Первоначальная модель. Для ее записи введем обозначения: z_{Uij} — интенсивность (целочисленная) варианта j отрасли i , $Z_U = (z_{Uij})$; z_{Yk} — интенсивность (целочисленная) внешнеэкономического варианта k , $Z_Y = (z_{Yk})$; z_{Fm} — интенсивность (целочисленная) варианта потребления m , $Z_F = (z_{Fm})$; $z_{Uij}, z_{Yk}, z_{Fm} \in (0, 1)$; $Z = (Z_U, Z_Y, Z_F)^*$, $Z_U = (Z_{Uij})$; u_{Eij} — интенсивность варианта j (первоначального) отрасли i , $U_{Ei} = (u_{Eij})$; u_{Ai} — интенсивность нижнего пограничного варианта отрасли i , $U_A = (u_{Ai})$; u_{Bi} — интенсивность верхнего пограничного варианта отрасли i , $U_B = (u_{Bi})$; $u_{Mi}^{(t)}$ — интенсивность изменения производства в отрасли i в периоде t , $U_M^{(t)} = (u_{Mi}^{(t)})$; $U = (U_E, U_A, U_B, U_M)^*$, $U_E = (U_{Ei})$, $U_M = (U_M^{(t)})$; y_k — интенсивность внешнеэкономического варианта k , $Y = (y_k)$; $f_{mp}^{(t)}$ — интенсивность варианта m , потребления типа p в периоде t , $F_m^{(t)} = (f_{mp}^{(t)})$, $F^{(t)} = (F_m^{(t)})$, $F = (F^{(t)})$; k_{Uij}^B, k_{Uij}^A — соответственно верхнее и нижнее ограничения на интенсивность варианта j отрасли i , $K_U^B = [\hat{k}_{Uij}^B]$, $K_U^A = [\hat{k}_{Uij}^A]$; k_{Yk}^B, k_{Yk}^A — соответственно верхнее и нижнее ограничения на интенсивность внешнеэкономического варианта k , $K_Y^B = [\hat{k}_{Yk}^B]$, $K_Y^A = [\hat{k}_{Yk}^A]$; $k_{Fm}^{A(t)}$ — нижнее ограничение на интенсивность варианта m потребления в периоде t , $K_F^{A(t)} = [\hat{k}_{Fm}^{A(t)}]$; $i \in \text{AGAZ}$, $j \in \text{VAR}(i)$, $k \in \text{KULG}$, $m \in \text{ELET}$, $p \in \text{FOGY}$, $t \in \text{TERV}$.

С учетом этих обозначений получаем систему соотношений для вариантов

$$e^* Z_U = 1, \quad (1)$$

$$e^* Z_Y = 1, \quad (2)$$

$$e^* Z_F = 1, \quad (3)$$

$$K_U^A Z_U \leq U_E \leq K_U^B Z_U, \quad (4)$$

$$K_Y^A Z_Y \leq Y \leq K_Y^B Z_Y, \quad (5)$$

$$K_F^{A(t)} Z_F \leq F^{(t)}, \quad (6)$$

$$U_A = U_B = U_M = 0. \quad (7)$$

2. Расширенная модель. В ней нет отбора вариантов, поэтому взаимосвязи (1) — (7) не имеют места. Взамен первоначальных в каждой из отраслей для одного заранее выделенного варианта (E) определяются верхний (B) и нижний (A) пограничные, причем таким образом, чтобы выполнялось соотношение: $0,5k_{Ai} + 0,5k_{Bi} = k_{Ei}$, где k_{Ai} , k_{Bi} и k_{Ei} — коэффициенты соответствующих вариантов. Для корректировки направления динамики E для каждого периода времени выявляется интенсивность возможного изменения производства ($U_M^{(t)}$), но так, чтобы для каждой отрасли после такого изменения фондоемкость производства находилась в пре-

делах экзогенно установленных пределов. Для соблюдения этого условия в модель вводятся коэффициенты $c_{Aj}^{(t)}$, $C_A^{(t)} = [\widehat{c}_{Aj}^{(t)}]$ и $c_{Bj}^{(t)}$, $C_B^{(t)} = [\widehat{c}_{Bj}^{(t)}]$, $j \in \text{AGAZ}$.

Для дальнейшего описания модели нет необходимости в различении первоначального, пограничного и модифицирующего вариантов, поэтому будем пользоваться множеством индексов $\text{AGV}(i)$, которое содержит все варианты. В случаях с вариантами потребления и внешней торговли в ходе каждого расчета заранее намечается тот, который будет применен.

Для рассматриваемой модификации модели имеют место соотношения

$$Z=0, \quad (8)$$

$$U_E=0, \quad (9)$$

$$U_A+U_B=e, \quad (10)$$

$$U_M^{(t)} \leq C_A^{(t)} U_A + C_B^{(t)} U_B. \quad (11)$$

3. Отраслевые балансы, балансы продукции и трудовых ресурсов. Для их записи введем следующие обозначения: $j_{ij}^{(t)}$ — экспорт продукции отрасли j в регион i в периоде t (в инвалютных флорингах в ценах 1972 г.), $J_i^{(t)} = (j_{ij}^{(t)})$, $J^{(t)} = (J_i^{(t)})$, $J = (J^{(t)})$; $i_{ij}^{(t)}$ — дополняющий импорт продукции отрасли j из региона i в периоде t (в инвалютных флорингах в ценах 1972 г.), $I_i^{(t)} = (i_{ij}^{(t)})$, $I^{(t)} = (I_i^{(t)})$; $i_{im}^{(t)}$ — импорт продукта m из региона i в периоде t (в натуральном выражении), $\bar{I}_i^{(t)} = (i_{im}^{(t)})$, $\bar{I}^{(t)} = (\bar{I}_i^{(t)})$, $I = (I^{(t)}, \bar{I}^{(t)})$; $p_{jkv}^{(t)}$ — производство продукции отрасли j в соответствии с вариантом v в периоде t , $j=k$ (при $j \neq k$ эта величина равна нулю), $P^{(t)} = [p_{jkv}^{(t)}]$; $a_{jkv}^{(t)}$ — текущее производственное потребление продукции отрасли j в отрасли k по варианту v в периоде t , $A^{(t)} = [a_{jkv}^{(t)}]$; $b_{jkv}^{(t)}$ — капитальные затраты продукции отрасли j в отрасли k согласно варианту v в периоде t , $B^{(t)} = [b_{jkv}^{(t)}]$; $k_{jkv}^{(t)}$ — изменение запасов продукции отрасли j , предназначенных для использования отраслью k , в соответствии с вариантом v в периоде t , $K^{(t)} = [k_{jkv}^{(t)}]$; $\bar{p}_{mkv}^{(t)}$ — производство продукта m по варианту v в периоде t , $m \in k$ (если $m \notin k$, то эта величина равна нулю), $\bar{P}^{(t)} = [\bar{p}_{mkv}^{(t)}]$; $\bar{a}_{mkv}^{(t)}$ — потребление отраслью k продукта m по варианту v в периоде t , $\bar{A}^{(t)} = [\bar{a}_{mkv}^{(t)}]$; $r_{ij}^{(t)}$, $s_{ij}^{(t)}$ — соответственно экспортный и импортный коэффициенты (отношение внутренней цены к инвальной 1972 г.) по продукции отрасли j и региону i в периоде t ; $R_i^{(t)} = [\widehat{r}_{ij}^{(t)}]$, $R^{(t)} = [R_i^{(t)}]$, $S_i^{(t)} = [\widehat{s}_{ij}^{(t)}]$, $S^{(t)} = [S_i^{(t)}]$; $\bar{r}_{imj}^{(t)}$ — доля продукта m в общем экспорте продукции отрасли j в регион i в периоде t , $\bar{R}^{(t)} = [\bar{r}_{imj}^{(t)}]$; $c_{njp}^{(t)}$, $c_{nmp}^{(t)}$ — объем потребления по типу p продукции отрас-

ли j и продукта m по варианту n жизненного уровня в периоде

$$t \quad C_n^{(t)} = [c_{njp}^{(t)}], \quad C^{(t)} = [C_n^{(t)}], \quad \bar{C}_n^{(t)} = [c_{nmp}^{(t)}], \quad \bar{C}^{(t)} = [\bar{C}_n^{(t)}]; \quad m_{jv}^{(t)} -$$

потребность отрасли j в трудовых ресурсах по варианту v в периоде t , $M_j^{(t)} = (m_{jv}^{(t)})$, $M^{(t)} = (M_j^{(t)})$; $\lambda^{(t)}$ — объем трудовых ресурсов в периоде t ; $i \in \text{RELA}$, $j, k \in \text{AGAZ}$, $m \in \text{NATU}$, $t \in \text{TERV}$, $n \in \text{ELET}$, $p \in \text{FOGY}$, $v \in \text{AGV}(k)$.

Тогда

$$Q^{(t)}U - R^{(t)}J^{(t)} + S^{(t)}I^{(t)} - C^{(t)}F^{(t)} \geq 0, \quad (12)$$

$$Q^{(t)} = P^{(t)} - (A^{(t)} + B^{(t)} + K^{(t)}),$$

$$\bar{Q}^{(t)}U - \bar{R}^{(t)}J^{(t)} + \bar{I}^{(t)} - \bar{C}^{(t)}F^{(t)} \geq 0, \quad (13)$$

$$\bar{Q}^{(t)} = \bar{P}^{(t)} - \bar{A}^{(t)},$$

$$M^{(t)} \cdot U \leq \lambda^{(t)}. \quad (14)$$

4. Ограничения на оборот внешней торговли. Они формируются с помощью следующих обозначений: $k_{ijm}^{A(t)}$, $k_{ijm}^{B(t)}$ — нижнее и верхнее ограничения на экспорт продукции товарной группы j в регион i в соответствии с внешнеэкономическим вариантом m в периоде t , $K_i^{A(t)} = [k_{ijm}^{A(t)}]$, $K_i^{B(t)} = [k_{ijm}^{B(t)}]$; $c_{ijm}^{A(t)}$, $c_{ijm}^{B(t)}$ — аналогичные ограничения на импорт, $C_i^{A(t)} = [c_{ijm}^{A(t)}]$, $C_i^{B(t)} = [c_{ijm}^{B(t)}]$; $d_{ijk}^{(t)}$, $g_{ijk}^{(t)}$ — доля товарной группы j в экспорте и импорте продукции отрасли k для региона i в периоде t , $D_i^{(t)} = [d_{ijk}^{(t)}]$, $G_i^{(t)} = [g_{ijk}^{(t)}]$; $o_k^{(t)}$ — максимально допустимая доля экспорта в продукции отрасли k в периоде t , $O^{(t)} = [\hat{o}_{k_g}^{(t)}]$; $s_{ilk}^{(t)}$ — прогнозная валютная цена импорта продукта l из региона i в периоде t , $l \in k$ (если $l \notin k$, то данная величина равна нулю), $\bar{S}_i^{(t)} = [s_{ilk}^{(t)}]$; $s_{il}^{(t)}$ — прогнозная валютная цена импорта продукта l из региона i в периоде t , $\bar{S}_i^{(t)} = [\hat{s}_{il}^{(t)}]$; $i \in \text{RELA}$, $j \in \text{ARUF}$, $m \in \text{KULG}$, $k \in \text{AGAZ}$, $l \in \text{NATU}$, $v \in \text{AGV}(k)$, $t \in \text{TERV}$. Внешнеторговые ограничения имеют вид

$$K_i^{A(t)}Y \leq D_i^{(t)}J_i^{(t)} \leq K_i^{B(t)}Y, \quad (15)$$

$$C_i^{A(t)}Y \leq G_i^{(t)}I_i^{(t)} \leq C_i^{B(t)}Y, \quad (16)$$

$$\sum_{i \in \text{RELA}} R_i^{(t)}J_i^{(t)} \leq O^{(t)}P^{(t)}U, \quad (17)$$

$$\bar{S}_i^{(t)}\bar{I}_i^{(t)} \leq \bar{S}_i^{(t)}I_i^{(t)}. \quad (18)$$

5. Ограничения на динамику внешнеторгового оборота. Для их записи вводятся обозначения: $g_{ij}^{A(t)}$ — допустимое относительное снижение экспорта продукции отрасли j в регион i в периоде t по сравнению с периодом $t-1$, $G_i^{A(t)} = [\hat{g}_{ij}^{A(t)}]$, $G_i^{A(t)} = [G_i^{A(t)}]$; $g_{ij}^{B(t)}$ — аналогичная величина допустимого относительного повышения экспорта,

$$G_i^{B(t)} = [\hat{g}_{ij}^{B(t)}], \quad G^{B(t)} = [G_i^{B(t)}]; \quad i \in \text{RELA}, \quad j \in \text{AGAZ}, \quad t \in \text{TERV}. \quad \text{Следовательно,}$$

$$G^{A(t)} J^{(t-1)} \leq J^{(t)} \leq G^{B(t)} J^{(t-1)}. \quad (19)$$

6. Ограничения на сальдо товарообмена и изменение валютных ресурсов. Они формируются с помощью обозначений: $d_{ik}^{(t)}$ — изменение валютных ресурсов вида k по региону i в периоде t , $\bar{D}_i^{(t)} = (d_{ik}^{(t)})$; k_{ikm}^A, k_{ikm}^B — верхнее и нижнее ограничения на изменение валютных ресурсов вида k по региону i в соответствии с внешнеторговым вариантом m в периоде t , $\bar{K}_i^{A(t)} = [k_{ikm}^A]$, $\bar{K}_i^{B(t)} = [k_{ikm}^B]$; $r_{ij}^{(t)}$ — прогнозная валютная цена экспорта продукции отрасли j в регион i в периоде t , $\bar{R}_i^{(t)} = (r_{ij}^{(t)})$; $m_{ik} = 1$, если изменение валютных ресурсов вида k повышает запасы валюты, $m_{ik} = -1$ — в противном случае, $M_i = (m_{ik})$; $i \in \text{RELA}$, $k \in \text{DEVI}$, $m \in \text{KULG}$, $j \in \text{AGAZ}$. С учетом этих обозначений имеем

$$\bar{K}_i^{A(t)} Y \leq \bar{C}_i^{(t)} \bar{D}_i^{(t)} \leq \bar{K}_i^{B(t)} Y, \quad (20)$$

$$\bar{R}_i^{(t)} \cdot J_i^{(t)} - \bar{S}_i^{(t)} \cdot I_i^{(t)} + M_i \cdot \bar{D}_i^{(t)} = 0^*. \quad (21)$$

Динамическая модель. В ней (см. табл. 3) содержание баланса трудовых ресурсов и внешней торговли такое же, как и в модели ХОВА. Формальное отличие заключается в том, что в динамической модели нет внешнеэкономических вариантов, поэтому границы изменения валютных ресурсов и ограничения на внешнеторговый оборот в разрезе главных товарных групп учтены в правых частях неравенств и уравнений. Здесь мы рассмотрим более подробно только специфические переменные и ограничения динамической модели.

1. Логические условия и балансы мощностей. Они формируются с помощью следующих обозначений: z_{ik} — интенсивность (целочисленная) варианта k капитальных вложений в отрасль i , $Z_i = (z_{ik})$, $Z = (Z_i)$, $z_{ik} \in (0, 1)$; $w_{ik}^{(t)}$ — интенсивность реализации варианта k капитальных вложений в отрасль i , приходящаяся на период t ; $w_{ik}^{(t)} \geq 0$, $W_i^{(t)} = (w_{ik}^{(t)})$, $W^{(t)} = (W_i^{(t)})$, $W = (W^{(t)})$; $v_{ik}^{(t)}$ — неиспользованные мощности отрасли i в периоде t в соответствии с вариантом k , $v_{ik}^{(t)} \geq 0$, $V_i^{(t)} = (v_{ik}^{(t)})$, $V^{(t)} = (V_i^{(t)})$, $V = (V^{(t)})$; $x_{ik}^{(t)}$ — производство продукции отрасли i в периоде t по варианту k , $x_{ik}^{(t)} \geq 0$, $X_i^{(t)} = (x_{ik}^{(t)})$, $X^{(t)} = (X_i^{(t)})$, $X = (X^{(t)})$; $u_{ik}^{(t)}$ — мощности, создаваемые в периоде t в отрасли i в результате реализации варианта k , $U_i^{(t)} = (u_{ik}^{(t)})$; k_{ik}^A, k_{ik}^B — верхние

* В данном случае $\bar{S}_i^{(t)}$ представляет собой вектор.

и нижние ограничения на значение переменной $w_{ik}^{(t)}$; $i \in \text{AGAZ}$, $k \in \text{VAR}(i)$, $t \in \text{TERV}$. Указанные соотношения записываются как

$$e^* Z_i = 1, \quad (22)$$

$$\sum_{t=1}^T w_{ik}^{(t)} = T z_{ik}, \quad (23)$$

$$k_{ik}^{A(t)} \leq w_{ik}^{(t)} \leq k_{ik}^{B(t)}, \quad (24)$$

$$[\hat{U}_i^{(t)}] W_i^{(t)} = V_i^{(t)} + X_i^{(t)}. \quad (25)$$

2. Отраслевые балансы. Они имеют вид

$$N^{(t-1)} + P X^{(t)} + S^{(t)} I^{(t)} - R^{(t)} J^{(t)} - A^{(t)} X^{(t)} - B^{(t)} W^{(t)} - C^{(t)} F^{(t)} - N^{(t)} \geq 0, \quad (26)$$

где $N^{(t)} = (n_h^{(t)})$, $n_h^{(t)}$ — запасы продукции отрасли h на конец периода t , $n_h^{(t)} \geq 0$; $P = [p_{hvk}]$, $p_{hvk} = 1$ при $h=v$, $p_{hvk} = 0$ при $h \neq v$; $h, v \in \text{AGAZ}$, $k \in \text{VAR}(h)$, $t \in \text{TERV}$.

Таблица 4

Общая схема запаздывающей модели

Ограничения и условия	Обозначения ограничений и условий	Производство	Импорт	Экспорт	Потребление	Характер ограничений	Правая часть
		X	I	J	F		
Балансы продукции отраслей	G	GX	GI	GJ	GF	$\geq$	G'
Балансы основных фондов	C	CX				$\leq$	C'
Балансы трудовых ресурсов	M	MX				$\leq$	M'
Внешнеторговые балансы	P		PI	PJ		$\leq$	P'
Ограничения на темпы роста	T				TF	$\geq$	T'
Верхние и нижние ограничения	K		KI	KJ	KF		
Целевая функция	φ				φF		

Запаздывающая модель (табл. 4). Все ее переменные и условия детализированы по годам. В соответствии с этим плановый период представляет собой множество временных индексов $\text{EVEK} = \{1976, \dots, 1990\}$. Модель учитывает запаздывающую связь между производством, с одной стороны, и затратами на капитальные вложения, с другой. Множество лет запаздывания $\text{KESL} = \{0, 1, \dots, 5\}$.

Вследствие запаздывания балансы продукции должны быть в определенной степени распространены на предшествующие плановому периоду базисные годы, множество которых $\text{TENV} = \{1971, \dots, 1975\}$.

Модель представляет производство, затраты и потребление в отраслевом разрезе; множество индексов отраслей (AGAZ) и внешнеторговых регионов (RELA) совпадает с другими моделями. Что касается типов потребления, то в запаздывающей модели первоначально определенное множество индексов (FOGY) разделено на две части: индексы типов потребления $\text{FOG1} = \{1, 2, 3\}$, играющих роль переменных; индексы типов потребления $\text{FOG2} = \{4, 5\}$, задаваемых в ограничениях.

Переменными запаздывающей модели являются: x_j^t — производство продукции отрасли j в году t , $X^t = (x_j^t)$; i_m^t — импорт из региона m в году t , $I^t = (i_m^t)$; j_m^t — экспорт в регион m в году t , $J^t = (j_m^t)$; f_n^t — объем потребления типа n в году t , $F^t = (f_n^t)$. Параметры модели: a_{ij}^t — удельные расход и формирование запасов продукции отрасли i при производстве продукции отрасли j в году t , $A^t = [a_{ij}^t]$; z_{ij}^t — удельная потребность в основных фондах, создаваемых в отрасли i , при производстве продукции отрасли j в году t , $Z^t = [z_{ij}^t]$; s_{ij}^t — удельное выбытие основных фондов вида i в отрасли j , $S^t = [s_{ij}^t]$; r_{kij}^t — доля осуществленных k лет назад капитальных вложений продукции отрасли i в производственные мощности отрасли j , вводимые в действие в году t , $R_k^t = [r_{kij}^t]$; γ_{im}^t — доля продукции отрасли i в импорте из региона m в году t , $\Gamma^t = [\gamma_{im}^t]$; θ_{im}^t — доля продукции отрасли i в экспорте в регион m в году t , $\Theta^t = [\theta_{im}^t]$; ω_{in}^t — доля продукции отрасли i в общем объеме потребления типа n в году t , $\Omega^t = [\omega_{in}^t]$; h_i^t — капитальные вложения года t , которые завершатся вводом в действие в послеплановом периоде (либо осуществлены до начала планового периода), $H^0 = (-h_i^t)$; $t \in \text{TENY}$, $i \in \text{AGAZ}$.

1. Балансы продукции отраслей

$$\sum_k B_k^t X^{t+k} \geq H^0, \quad t \in \text{TENY}, \quad (t+k) \in \text{EVEK}, \quad (27)$$

где $B_k^t = R_{k-1}^{t+k-1} \otimes Z^{t+k} - R_k^{t+k} Z^{t+k} + R_k^{t+k} \otimes S^{t+k}$, $0 < k < K$, $t \in \text{EVEK}$, $k \in \text{KESL}$,

$$K = \max(k) + 1; \quad B_0^t = -R_0^t \otimes Z^t + R_0^t \otimes S^t; \quad B_k^t = R_{k-1}^{t+k-1} \otimes Z^{t+k},$$

$$X^t - A^t X^t - \sum_n B_n^t X^{t+k} + \Gamma^t I^t - \Theta^t J^t - \Omega^t F^t \geq G^t, \quad t \in \text{EVEK}, \quad (t+k) \in \text{EVEK}, \quad (28)$$

где

$$G^t = (g_i^t), \quad g_i^t = \sum_n \omega_{in}^t f_n^t, \quad (t+k) \in \text{EVEK},$$

$$g_i^t = \sum_n \omega_{in}^t f_n^t + h_i^t, \quad (t+k) \in \text{EVEK}, \quad n \in \text{FOG2}, \quad i \in \text{AGAZ}.$$

2. Балансы основных фондов отраслей

$$C_1^t X^t \geq \bar{C}^t, \quad t = \min t, \quad (29)$$

$$C_1^t X^t - C_0^{t-1} X^{t-1} \geq \bar{C}^t, \quad t > \min t, \quad (30)$$

где

$$C_0^t = [\hat{Z}_0^t], \quad Z_0^t = \left(\sum_i (z_{ij}^t - s_{ij}^t) \right); \quad C_1^t = [\hat{Z}_1^t], \quad Z_1^t = \left(\sum_i z_{ij}^t \right);$$

$\bar{C}^t = (c_i^t)$, $c_i^t = 0$ при $t > \min t$, $c_i^t = z_i$ при $t = \min t$, z_i — наличие основных фондов в отрасли i на начало первого года планового периода.

3. Балансы трудовых ресурсов

$$M^{t*} X^t \leq m^t, \quad (31)$$

где $M^t = (m_j^t)$, m_j^t — удельная трудоемкость продукции отрасли j в году t ; m^t — численность трудовых ресурсов в году t .

4. Внешнеторговые балансы

$$D^t I^t - D^t J^t \leq D^t, \quad (32)$$

где

$$D^t = [\hat{p}^{It}], \quad P^{It} = \left(\sum_i p_{im}^{It} \gamma_{im}^t \right);$$

$$D^t J^t = [\hat{p}^{Jt}], \quad P^{Jt} = \left(\sum_i p_{im}^{Jt} \theta_{im}^t \right);$$

p_{im}^{It} , p_{im}^{Jt} — прогнозные индексы соответственно валютных цен импорта и экспорта по продукции отрасли i и региону m ; $D^t = (d_m^t)$, d_m^t — ограничение сверху на прирост импорта из региона m в году t .

5. Ограничения на динамику потребления

$$EF^t \geq \bar{A}^t, \quad t = \min t, \quad (33)$$

$$EF^t - T_0^{t-1} F^{t-1} \geq \bar{A}^t, \quad t > \min t, \quad (34)$$

где $\bar{A}^t = (a_n^t)$, $a_n^t = 0$ при $t > \min t$, $a_n^t = f_n$ при $t = \min t$, f_n — объем потребления типа n в последнем году предпланового периода; $T_0^t = [\bar{A}_0^t]$, $\bar{A}_0^t = (1 + \alpha_n^t)$, α_n^t — минимально допустимый темп прироста объема потребления типа n в году t по сравнению с годом $t-1$.

Естественным требованием модели является неотрицательность компонент векторов X^t , I^t , J^t и F^t .

Поступила в редакцию
22 V 1980