

Бандман М. К. Территориально-производственные комплексы: теория и практика предплановых исследований.— Новосибирск: Наука, 1980. 256 с.

Дается анализ ТПК как формы пространственной организации производительных сил, предпосылок и условий их формирования. Обсуждаются вопросы места ТПК в системе предплановых исследований и перспективного планирования. Большое внимание уделяется изложению подхода и инструмента предплановых исследований ТПК, разработанного в Институте экономики и организации промышленного производства СО АН СССР. Дано описание основных черт ТПК как объектов моделирования, сформулирована общая задача оптимизации структуры комплексов и задачи отдельных этапов ее решения.

Книга рассчитана на географов и экономистов, специализирующихся в области исследования территориальных систем и перспективного планирования. Она может быть использована работниками плановых органов, научно-исследовательских и проектных институтов, преподавателями и студентами географических и экономических факультетов вузов.



Б $\frac{10803 - 815}{042(02) - 80}$ 314.79.0604020102.

© Издательство «Наука», 1980.

Полная электронная копия издания расположена по адресу:

http://lib.ieie.su/docs/2000before/Bandman1980Territorialno_proizvodstvennye_kompleksy_teoriya_i_praktika.pdf

ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТПК

1. ГРУППА МОДЕЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТПК

Выбор инструмента и требования к моделям. Вначале предполагалось создать одну экономико-математическую модель для решения всех основных вопросов формирования ТПК. Постепенно выяснилось, что оптимизация развития ТПК с помощью одной модели невозможна, поскольку делалась попытка одновременно решить вопросы разного уровня планирования, каждый из которых требует учета различного набора факторов и разной степени дифференциации. Анализ показал, что отдельные вопросы формирования ТПК имеют неодинаковую природу, характер и глубину взаимосвязей. Для их решения необходимо рассматривать не только различный набор факторов, но и применение разных форм их учета. Чтобы правильно решить отдельные вопросы, нужны различные постановки задач и методы их решения на ЭВМ. Все это, с одной стороны, позволяет сгруппировать вопросы, а с другой — требует индивидуального подхода к постановке и решению задач для каждой группы. Таким образом можно подробно исследовать объекты и связи, полно отображать свойства объектов, условия их создания и функционирования.

Постепенно сложилось представление о ТПК как объекте моделирования, наметились логическая схема изучения комплексов, подход и инструмент исследования — группа экономико-математических моделей оптимизации формирования ТПК. Можно выделить три основных этапа становления подхода и разработки инструмента оптимизации формирования ТПК в ИЭиОПП СО АН СССР: 1) 1964—1968 гг. — поиск путей решения задачи с помощью отдельных моделей; 2) 1968—1971 гг. — переход на использование нескольких моделей, выявление специального типа моделей и разработка основных моделей группы; 3) 1971—1978 гг. — переход на широкое использование подхода и моделей для решения практических задач, расширение состава группы, разработка ряда модификаций отдельных моделей, в том числе с учетом динамики, неопределенности и т. д., углубление анализа результатов решений.

Использование группы моделей обусловлено спецификой организации предплановых исследований, спецификой объекта исследования и условиями реализации решения задачи на ЭВМ.

В стране сложилась и вполне оправдала себя система поэтапной подготовки предплановых документов и привлечения для этой цели значительного количества научных, проектных и других организаций различного профиля. ТПК не является исключением в этом отношении. Опыт разработки гипотез, концепций, схем и других пока еще разрозненных документов по перспективам формирования ТПК Сибири свидетельствует о необходимости создания инструмента, который позволил бы отразить этапность исследований, допускал обмен информации и обеспечивал получение результативных данных для значительного числа различных по профилю потребителей. Реализовать все перечисленные требования при использовании одной глобальной модели практически невозможно.

В рамках одной модели трудно отобразить не только сложность структуры ТПК, но и специфические черты, свойства и закономерности формирования и функционирования отдельных элементов комплекса. Между тем, без этого нельзя исследовать ТПК как систему, объединяющую значительное число сильно отличающихся друг от друга взаимодействующих составных частей.

Сложна и реализация задачи большой размерности и сложной структуры на ЭВМ. При этом главное препятствие заключается не в подготовке информации, технике самого решения, затратах машинного времени и анализе полученных результатов, а в том, что ни одна практически реализуемая отдельно взятая модель не даст возможности адекватно отобразить всю гамму связей и зависимостей, которые возникают как внутри, так и между взаимодействующими элементами ТПК в процессе их формирования. И, что самое главное, использование единой модели практически исключает возможность оптимизировать очень важную составную часть затрат — затраты, которые зависят не только от общих заданий, но и во многом определяются организацией самого процесса создания ТПК.

Все это послужило основанием для отказа от попытки создания единой модели (1964—1965 гг.) и идти по пути разработки группы взаимосвязанных моделей. Состав группы и структура моделей определялись содержанием общей задачи оптимизации формирования ТПК, задач каждого из пяти выделенных этапов ее решения и различий условий формирования и оптимизации затрат по отдельным элементам ТПК, положением моделей ТПК в предполагаемой системе и вычислительными возможностями уже освоенных программ для ЭВМ. Этими же условиями определялись и основные требования как к группе моделей в целом, так и к отдельным моделям.

Важнейшим требованием к группе моделей является возможность правильного отображения свойств и черт ТПК как социально-экономической системы определенного типа и ранга, одного из элементов народного хозяйства страны, места конкретного комплекса в решении крупных народнохозяйственных проблем и в тер-

риториальном разделении труда, условий формирования и функционирования как ТПК в целом, так и отдельных его элементов. Это обусловило необходимость отображения двух основных путей минимизации затрат в процессе решения общей задачи оптимизации формирования ТПК. Первый путь — минимизация затрат за счет оптимизации состава, взаимодействия и размещения объектов, использования ресурсов ТПК в целом как системы. Для этой цели предусмотрены задачи регионального типа, в которых рассматриваются система ТПК, отдельные ТПК и промышленные узлы. Эти задачи названы основными. Второй путь — минимизация затрат за счет оптимизации самого процесса формирования и функционирования отдельных элементов ТПК как составной части комплекса в целом. Это в первую очередь относится к элементам инфраструктуры, вариант процесса создания которых может быть оптимизирован, а затраты уточнены с учетом локальных условий. Для этой цели в рамках общей задачи оптимизации ТПК предусмотрено решение дополнительных задач, а в составе группы — соответствующие модели.

Модели группы предназначены прежде всего для решения практических задач. Этим определяется второе требование — допустимость использования реально существующей базы исходной информации, использование стандартных пакетов математического обеспечения и реализации решения задачи в удобные для заказчика сроки.

Важными критериями для оценки предлагаемого подхода и моделей является трудоемкость всего цикла работы и практическая реализуемость решения на ЭВМ. При определении трудоемкости важно учитывать затраты труда не только организаций, осуществляющих решение задач на ЭВМ, но и организаций, занятых подготовкой исходной информации.

Та же практическая направленность обусловила и такое жесткое требование, как оперативность использования предлагаемых моделей, т. е. реальную возможность получения решений в ограниченные сроки, установленные научным и проектным организациями при подготовке предплановых документов. Таким образом, структура и размерность задач должны быть согласованы с производительностью ЭВМ и программным обеспечением, которые бы гарантировали получение результатов в заданный срок и с необходимой точностью. Так, одним из основных препятствий постановки и реализации задач по ТПК в динамической постановке являлась трудность их решения на ЭВМ.

Большое разнообразие условий формирования отдельных элементов ТПК и практическая направленность отдельных решений обусловили третье требование — гибкость структуры и схемы использования как отдельных моделей, так и группы в целом. Практически это находит выражение в обеспечении возможности частичного изменения структуры в результате перегруппировки объектов моделирования, изменения уровня детализации и способов представления объектов.

И, наконец, разбиение общей задачи на составные части и вынос решения части вопросов в дополнительные задачи обусловило четвертое требование — согласуемость всех решений как внутри группы, так и со смежными задачами, решаемыми в остальных блоках системы моделей. Применение принципа декомпозиции общей задачи по вертикали и по горизонтали обусловило необходимость использования моделей, предназначенных для анализа условий формирования ТПК (система ТПК района, ТПК, промышленные узлы) в целом — назовем эти модели региональными — и для анализа условий формирования отдельных элементов хозяйства или воспроизводства ресурсов — отраслевые модели.

Решения, полученные с помощью региональных моделей, в данной работе рассматриваются в качестве основных, а с помощью отраслевых — в качестве дополнительных.

В данной работе распределение нагрузки между моделями группы уточнялось постепенно, по мере накопления опыта решения задач по различным ТПК Сибири. Так, принято целесообразным в региональные модели включать все те элементы, прямые и особенно обратные связи которых определяют условия формирования и функционирования ТПК, осуществлять строгую дифференциацию представления условий формирования и функционирования отдельных элементов ТПК в региональных моделях, выделять группу объектов, детальное представление которых обязательно, и группу объектов, которые могут быть представлены в региональных моделях только выходными или взаимодействующими частями с другими элементами ТПК, вычлнять из основных задач в дополнительные все элементы ТПК, требующие детального анализа условий их формирования и функционирования, который может осуществляться при заданных показателях взаимодействия с остальными объектами моделирования. Таковы общие исходные позиции распределения нагрузки между моделями группы при решении общей задачи оптимизации формирования ТПК.

Состав группы моделей оптимизации формирования ТПК. Многообразие условий формирования ТПК и различие целей решения задач вызвали необходимость модификации сложившихся моделей и постепенного создания новых с целью большего учета спроса практики, учета специфических условий формирования ТПК, совершенствования приемов отображения факторов времени и пространства, условий целочисленности и нелинейности и облегчения процесса реализации решения задач на ЭВМ.

Первыми (по времени создания в ИЭиОПН СО АН СССР) моделями для исследования проблем формирования ТПК были модель ТПК с отраслевыми блоками, модели системы ТПК района и динамическая модель отдельного ТПК¹ (схема 4.1). Работа над моделью ТПК с отраслевыми блоками не получила дальнейшего

¹ Оптимальное территориально-производственное планирование. Новосибирск, «Наука», 1969, с. 204—240.

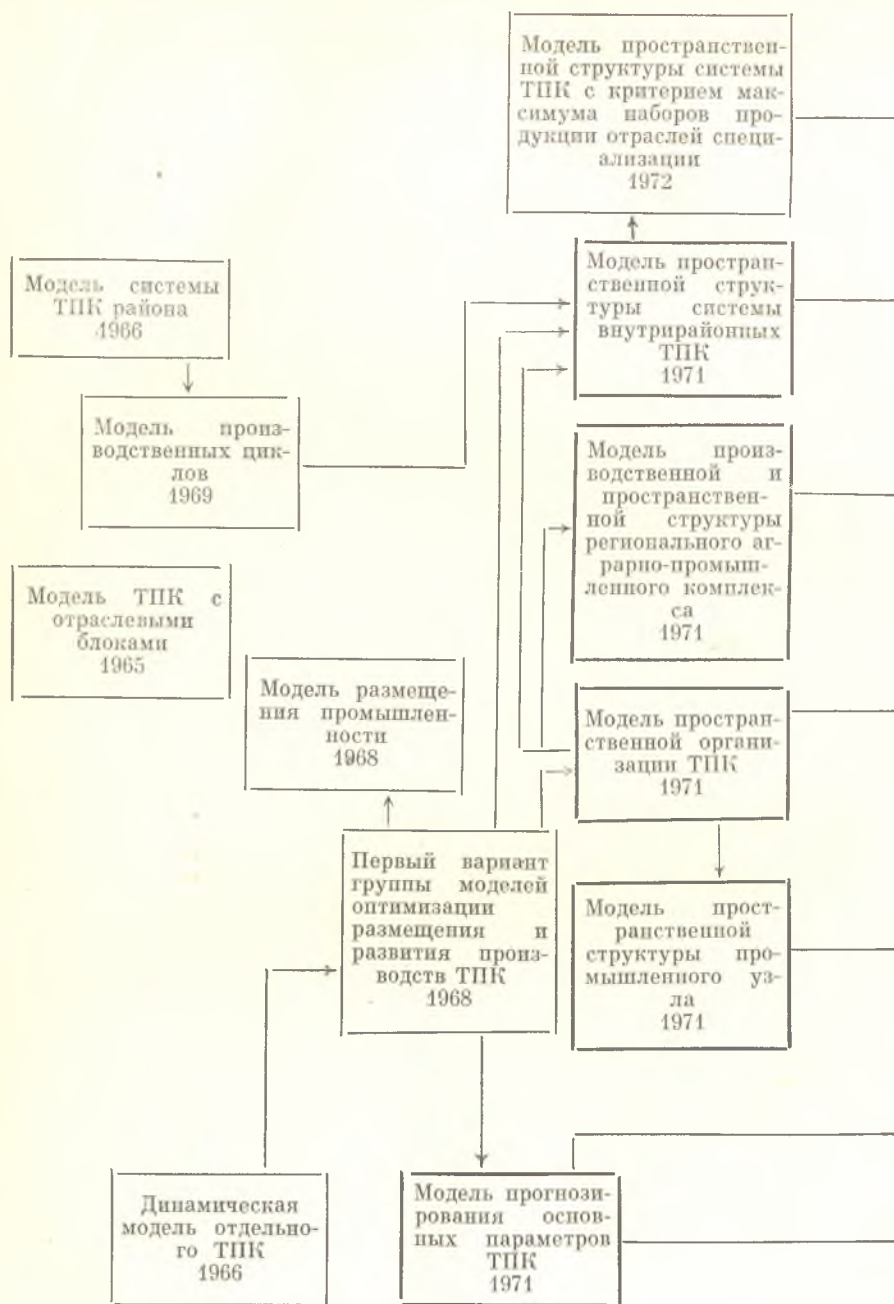
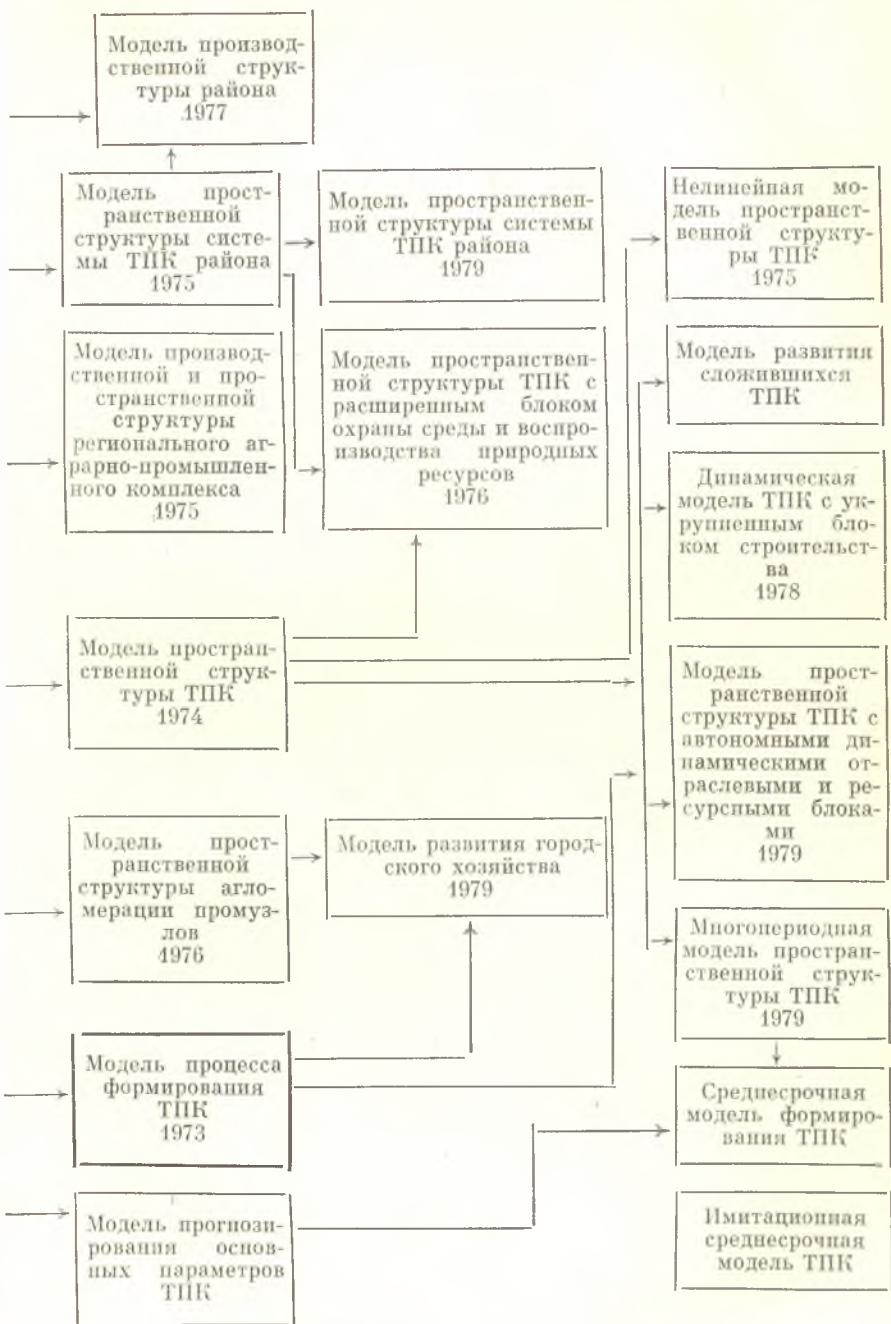


Схема 4.1. Эволюция группы моделей



оптимизации формирования ТПК

развития. Исследования проблем прогнозирования формирования комплексов с использованием динамической модели отдельного ТПК привели к разработке схемы подсистемы производственных моделей экономического района и первого варианта группы моделей оптимизации размещения и развития производств ТПК². В состав группы вошли динамическая модель, которая после ряда преобразований, особенно изменения критерия, стала моделью прогнозирования основных параметров ТПК³ и статическая модель размещения промышленности ТПК, ставшая затем моделью пространственной организации ТПК⁴. Кроме того, в составе группы началась работа над моделью размещения промышленности⁵ и моделью производственной и пространственной структуры регионального аграрно-промышленного комплекса⁶. Модель системы ТПК района была преобразована сначала в модель производственных циклов⁷ путем детализации производственного блока, а затем, после введения территориальных блоков — в модель пространственной структуры системы внутрирайонных ТПК⁸. Таким образом, к 1971 г. сложилась основа современной группы моделей оптимизации формирования ТПК.

Принятые при создании перечисленных выше моделей представления о ТПК как объектах исследования и моделирования, приемы отражения основных черт комплексов, критерий и логика решения задач легли в основу формирования всех остальных региональных моделей группы.

Модификации подверглась модель пространственной структуры системы ТПК района. Несмотря на это, в последнее время выяснилась целесообразность разгрузить эту модель за счет сжатия подблоков локальных ресурсов и производственной инфраструктуры и одновременно ввести в модель условия формирования пригородных зон и перераспределения части трудовых ресурсов между отдельными элементами хозяйства. Подробное описание модели

² Бандман М. К., Зверев В. С., Ларина Н. И., Малиновская М. А., Савинова В. Д. Моделирование развития ТПК в системе моделей народного хозяйства. — «Изв. СО АН СССР», 1968, № 1, сер. обществ. наук, вып. 3, с. 45—54.

³ Ларина Н. И. Модель прогнозирования основных параметров ТПК. — В кн.: Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, 1971, с. 155—174.

⁴ Зверев В. С., Малиновская М. А. Модель пространственной организации ТПК. — В кн.: Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, 1971, с. 175—209.

⁵ Езерский В. И. Модель размещения промышленности. — Там же, с. 235—247.

⁶ Семенова В. А. Модель формирования агрокомплекса. — Там же, с. 210—234.

⁷ Методические положения оптимального отраслевого планирования в промышленности. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 211—225.

⁸ Бандман М. К., Воробьева В. В., Мырнин И. В. Модель специализации системы внутрирайонных ТПК. — В кн.: Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, 1971, с. 130—154.

с указанием изменений по сравнению с вариантами 1971 г. и 1975—1976 гг. дано ниже (§ 3, гл. 4). Интересно отметить, что модель системы ТПК явилась исходной базой для статической модели оптимизации производственной структуры района в целом⁹, т. е. задачи первой стадии исследования, о чем свидетельствует сравнительный анализ моделей, проведенный М. Ю. Черевкиной¹⁰.

Совершенствование способов отражения динамических черт ТПК как системы явилось одним из важных направлений совершенствования инструмента исследования. Динамической была одна из первых моделей ТПК. Однако реализовать принятый при ее разработке критерий — максимум совокупной экономии в народном хозяйстве от создания данного ТПК (по сравнению с получением аналогичной продукции в соответствующем замыкающем районе) — оказалось практически невозможно. В модели прогнозирования основных параметров ТПК было сохранено представление формирования объектов ТПК во времени, но в качестве критерия принят минимум суммарной величины дисконтированных текущих и капитальных затрат на строительство и эксплуатацию набора предприятий отраслей специализации и развитие комплексующих производств и инфраструктуры за рассматриваемый период. С таким критерием модель была использована при решении экспериментальных задач. Имеется две модификации этой модели, которые отличаются представлением характеристики базисного периода. В настоящее время на основе модели прогнозирования основных параметров ТПК и многопериодной модели пространственной структуры комплекса начата разработка среднесрочной модели формирования ТПК.

Однако модель прогнозирования основных параметров ТПК является точечной и это значительно сужает круг вопросов, которые поддаются анализу при ее использовании. Экспериментальные расчеты показали, что для исследования проблем формирования ТПК некоторые вопросы необходимо рассматривать одновременно во времени и в пространстве. В связи с этим принципиальное значение имела разработка динамической пространственной модели оптимизации структуры ТПК. Позднее она получила название модели процесса формирования ТПК и вошла в число основных моделей группы¹¹. Базой создания ее явились модели пространственной структуры и прогнозирования основных параметров ТПК. Сочетание в одной модели большого числа задач ис-

⁹ Зверев В. С., Черевкина М. Ю. Оптимизация производственной структуры экономического района.— В кн.: Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1979, с. 197—212.

¹⁰ Черевкина М. Ю. Сопоставление моделей оптимизации производственной и пространственной структуры экономического района.— Там же, с. 212—228.

¹¹ Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1976, с. 204—225.

следования и детального их рассмотрения, придание модели некоторой универсальности как с точки зрения продолжительности рассматриваемого планового периода, так и цели исследования, привело, по нашему мнению, к чрезмерному усложнению структуры и увеличению размерности задач. Это, в свою очередь, повлекло большие трудности с подготовкой информации и решением задачи на ЭВМ. Модель имеет два варианта: в одном схема размещения объектов отраслей специализации считается заданной, в другом она выявляется в процессе решения. В полном объеме модель реализована еще не была. Это объясняется недостатком исходных данных и спецификой содержания практических задач, для решения которых она использовалась — исследования Средне-Обского и Южно-Якутского ТПК. Опыт этих работ позволил сформировать облегченный, но отвечающий запросам практики вариант модели. Модификация ее началась, как следовало ожидать, со значительного агрегирования условий формирования населения и распределения трудовых ресурсов.

Работа над моделью процесса формирования ТПК имела не только практическое, но и теоретическое значение. Впервые применены для моделей ТПК оригинальные приемы отражения отдельных условий, особенно формирования и функционирования инфраструктуры и населения, подготовки информационной базы и др. Многие из них были использованы при разработке упрощенной динамической модели с укрупненным блоком строительства¹² и модификации модели пространственной структуры ТПК путем использования различных приемов учета фактора времени: многопериодной модели пространственной структуры ТПК¹³, модели пространственной структуры ТПК с автономными динамическими отраслевыми и ресурсными блоками. Уровень отработки этих модификаций модели пространственной структуры ТПК различный. В основном они находятся на уровне экспериментальной проверки. Пока еще трудно сказать, какая или какие из динамических моделей группы станут действительно рабочим инструментом предплановых исследований и планирования ТПК.

Основой разработки значительного числа модификаций стала модель пространственной структуры ТПК, что обусловлено большим вниманием к данному типу задач, наличием хорошего полигона исследования — Саянского ТПК и решением серии практических задач по нему. В результате был накоплен опыт постановки и реализации решения подобных задач, с одной стороны, и выявлены пути совершенствования как подхода, так и моделей — с другой.

¹² Малов В. Ю. Анализ формирования пространственной структуры территориально-производственного комплекса. Автореферат канд. дис. Новосибирск, 1978. 18 с.

¹³ Ларина Н. И. Многопериодная модель пространственной структуры ТПК. — В кн.: Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1979, с. 184—196.

Постепенно сложился основной рабочий вариант модели¹⁴. Кроме того, саянские задачи были использованы для поисков путей отражения фактора времени и условий нелинейности¹⁵.

Важным направлением совершенствования модели пространственной структуры ТПК и моделей уровня промышленного узла является разработка способов детального представления условий охраны среды, воспроизводства природных ресурсов и включения их в подблок локальных ресурсов соответствующих моделей¹⁶. Работа начиналась на базе модели системы ТПК, но наиболее эффективно подробное рассмотрение этих вопросов на уровне отдельных ТПК и их частей.

Модель пространственной структуры ТПК явилась основой и для разработки модели пространственной структуры промышленного узла, в которой основное внимание уделялось зонированию территории, размещению объектов сферы производства и укрупненно рассматривались вопросы расселения¹⁷. Позднее была поставлена задача по модели агломерации промышленных узлов, где основное внимание, в отличие от предыдущей задачи, было уделено вопросам расселения и развития сферы обслуживания межселенного и внутриселенного значения¹⁸. Схема размещения основных объектов сферы производства считалась заданной. И, наконец, опыт работы с моделями агломерации промышленных узлов и процесса формирования ТПК позволил перейти к моделям развития городского хозяйства¹⁹.

Не нашли практического применения модификации моделей, в которых предлагалась максимизация народнохозяйственного эффекта от функционирования объектов отраслей специализа-

¹⁴ Бандман М. К., Малиновская М. А., Малов В. Ю. Производственная и пространственная структура Саянского ТПК.— В кн.: Экономико-географические проблемы формирования территориально-производственных комплексов Сибири. Вып. VI, ч. 2. Новосибирск, 1974, с. 26—105.

¹⁵ Система моделей оптимального планирования. М., «Наука», 1975, с. 349—366; Арушанян И. И., Бандман М. К., Беленький В. З., Малов В. Ю., Михальченко Л. И. Нелинейная модель оптимизации пространственной структуры ТПК.— «Изв. СО АН СССР», 1976, № 1, сер. обществ. наук, вып. 1, с. 62—72.

¹⁶ Бурматова О. П. Учет требований охраны природной среды и воспроизводство ресурсов в моделях формирования ТПК.— В кн.: Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1979, с. 282—296.

¹⁷ Зверев В. С. Модель пространственной организации промышленного узла.— В кн.: Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, 1971, с. 248—277.

¹⁸ Севастьянов Л. И., Архангельская Ж. К. Оптимизация расселения в ТПК (на примере Абакано-Минусинской зоны Саянского ТПК).— В кн.: Оптимизация социально-экономического развития на производственно-территориальных комплексах в социалистического стопанство. София, 1976, с. 123—141.

¹⁹ Севастьянов Л. И., Клисторин В. П. Модель развития территориальной системы — город.— В кн.: Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1979, с. 296—308.

ции—модель основных параметров ТПК—и максимизация производства продукции отраслей специализации района в заданном ассортименте — модель специализации системы ТПК²⁰. Это объясняется тем, что в условиях принятого подхода легче вписываются модели с критерием минимума затрат. Критерий максимума продукции в заданном ассортименте используется, например, в модели пространственной структуры района.

Новой для моделей группы ТПК и безусловно интересной оказалась постановка задач, ориентированных на использование двух критериев. Она была предложена Л. И. Севастьяновым при разработке модели процесса формирования ТПК и реализована при решении задачи по модели агломерации промышленных узлов. В качестве критериев использовались минимум приведенных затрат на создание и функционирование объектов социальной инфраструктуры и минимум затрат времени населением на трудовые поездки и культурно-бытовые передвижения. При этом предполагается получение компромиссного плана, обеспечивающего минимум отклонений от планов, полученных по каждому из двух указанных критериев. Вероятно, подобная постановка представляет особенно большой интерес для задач уровня промышленных узлов и для ТПК с очень специфическими условиями освоения территории (например, Средне-Обский комплекс, где широко используется вахтовая и экспедиционная формы организации труда).

Отмеченная выше работа по совершенствованию инструмента исследования касалась до последнего времени в основном одного типа ТПК и одного режима планирования. В настоящее время назрела практическая необходимость разработки вариантов моделей, предназначенных для предплановых исследований программно-целевых ТПК в режиме среднесрочного планирования и традиционных комплексов или программно-целевых ТПК, вступивших в стадию стационарного функционирования в режиме долгосрочного планирования.

Таким образом, по мере становления подхода, накопления опыта решения задач и совершенствования математического обеспечения происходило уточнение состава группы, содержания задач отдельных этапов, структуры моделей и создание новых моделей. В результате возможности инструмента исследования значительно расширились.

Все изменения, которые были сделаны в составе группы между 1971—1975 гг. и их мотив изложены в монографии 1976 г.²¹ После 1975 г. изменения не вносились. Однако сейчас в связи с возрастающим значением вопросов охраны природной среды для прогнози-

²⁰ Черевикина М. Ю. Опыт экономико-математического анализа региональной модели.— В кн.: Экономико-географические проблемы территориально-производственных комплексов Сибири. Вып. IV. Новосибирск, 1972, с. 125—150.

²¹ Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1976. 338 с.

рования развития производительных сил в пределах отдельных регионов, необходимостью разработки комплексных мероприятий по различным сочетаниям элементов природной среды с целью повышения эффективности использования или воспроизводства ресурсов, накоплением опыта моделирования проблем охраны среды, разработкой кадастровой и другой директивной документации по отдельным видам ресурсов и повышением научной и информационной обеспеченности данного типа работ в состав группы целесообразно включить модель природопользования.

Природная среда (в виде локальных ресурсов) с самого начала разработки нашего подхода и инструмента рассматривалась в качестве самостоятельного объекта исследования, а отдельные ее элементы — в качестве объекта моделирования. Природная среда рассматривалась не только в качестве источника сырьевых, топливных ресурсов, условий жизни и труда населения, но и в качестве элемента ТПК, требующего финансовых, трудовых и других ресурсов на освоение, охрану и воспроизводство. Постепенно условия функционирования природной среды были расширены и выделены в самостоятельный блок, в котором анализируются три группы вопросов: 1) обеспечения всех элементов комплекса локальными природными ресурсами, 2) нейтрализации вредного воздействия элементов ТПК на окружающую среду, 3) воспроизводства ресурсов. Перечисленные вопросы рассматриваются с учетом взаимодействия всех элементов ТПК как единой системы²².

Однако введение расширенного блока природопользования в модель ТПК оказывается еще не достаточным для разработки конкретных мероприятий по охране среды и воспроизводству естественных ресурсов. Эти вопросы требуют более детального специального исследования. Оно может рассматриваться в качестве дополнительной задачи и потребует, вероятно, разработки моделей как по отдельным проблемам охраны среды, так и сводной модели природопользования для ТПК в целом или отдельных его частей. Таким образом, модель природопользования рассматривается нами как потенциально новый элемент группы моделей оптимизации формирования ТПК. Положение ее и характер связей с остальными моделями будут аналогичными положению модели формирования трудовых ресурсов ТПК среди моделей ТПК и экономического района в целом.

Таким образом, в качестве составных элементов группы моделей оптимизации формирования ТПК (схема 4.2) рассматриваются следующие модели:

- пространственной структуры системы ТПК района;
- прогнозирования основных параметров ТПК;
- пространственной структуры ТПК;

²² Бурматова О. И. Охрана и воспроизводство природной среды в моделях ТПК.— «Изв. СО АН СССР», 1977, № 1. Сер. обществ. наук, вып. 1, с. 33—40.

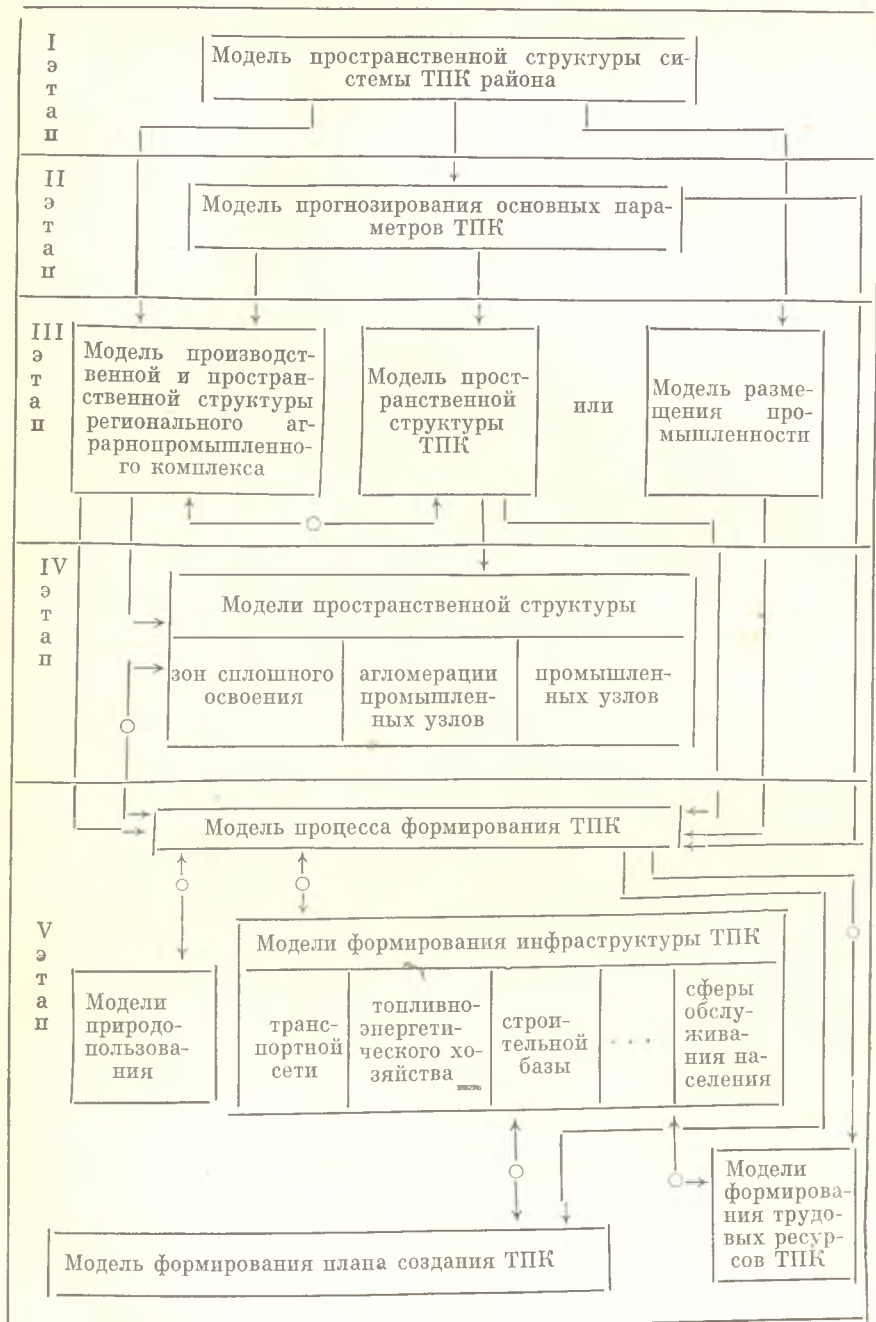


Схема 4.2. Группа моделей оптимизации формирования ТПК

производственной и пространственной структуры регионального аграрно-промышленного комплекса;
размещения промышленности;
пространственной структуры промышленного узла (агломерации узлов, зоны сплошного освоения);
процесса формирования ТПК;
формирования инфраструктуры ТПК (транспортной сети, топливно-энергетического хозяйства, строительной базы, сферы обслуживания и др.);
формирования трудовых ресурсов ТПК;
природопользования;
формирования плана создания ТПК.

Каждая из моделей группы предназначена для решения задач определенного этапа и круга вопросов. В связи с этим они отличаются структурой, уровнем агрегирования и способами отображения условий формирования и функционирования объектов, пространства и времени (схема 4.3).

Модели группы аналитические. Они предназначены для предплановых исследований на всех стадиях долгосрочного режима планирования, т. е. для разработки концепции, основных направлений и проектов планов. Исключение, вероятно, составит модель формирования плана создания ТПК, которая должна стать инструментом не столько предплановой подготовки, сколько самого процесса планирования.

В составе группы есть укрупненные модели, в которых рассматриваются самые основные элементы хозяйства района или комплекса, детализированные, где представлены отдельные внутрикомплексные промузлы или элементы инфраструктуры, и, наконец, модели, которые хоть и предназначены для подробного исследования, но уже не отдельных частей, а всего ТПК. Лишь модель прогнозирования основных параметров ТПК является точечной. Остальные модели — пространственные, т. е. территория в них представлена не одной точкой, а совокупностью территориальных таксономических единиц.

Практическое использование получили модели, разработанные в непрерывной и смешанной постановках. Дискретная постановка оказалась менее удобной. Она была использована при создании модели размещения промышленности Причулымья. Однако отсутствие целочисленных программ для решения данного типа задач на ЭВМ и трудоемкость работы по формированию вариантов на стадии подготовки информации обусловили переход на непрерывную и смешанную постановку задач.

Все модели группы линейные. Первый опыт использования нелинейной модели дал обнадеживающий результат. В настоящее время эта работа продолжается, но уже с ориентацией на использование специального пакета программного обеспечения машин серии ЕС. Пока нелинейность некоторых функций учитывается с помощью аппроксимации кусочно-линейными функциями. Иногда

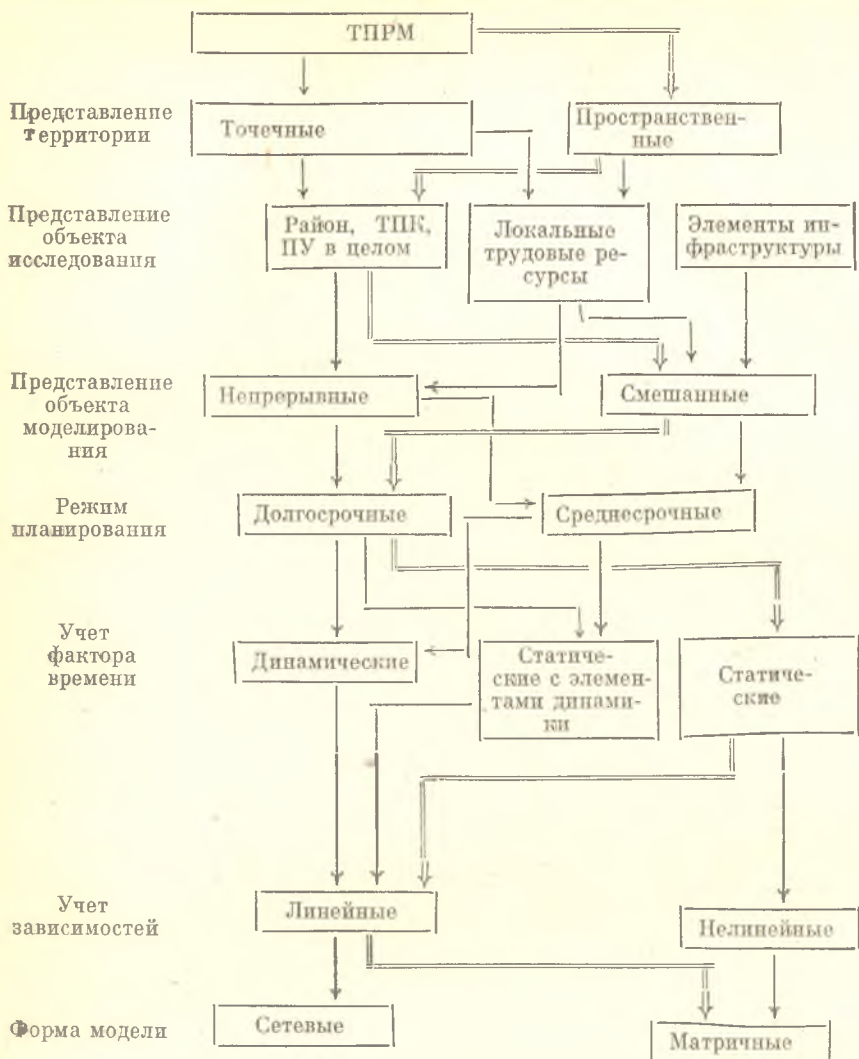


Схема 4.3. Характеристика элементов группы моделей оптимизации формирования ТПК

⇒ — основное направление исследований в секторе ТПК.

решаются дополнительные задачи с более детальным отображением специфических условий формирования отдельных элементов ТПК, а затем результаты решений передаются в основную задачу. Проблема отображения нелинейности для задач формирования ТПК не решена. Трудности состоят не только в моделировании или реализации решений на ЭВМ, но и в создании соответствующей исходной информации. Последнее определяется не столь

ко трудоемкостью работы, сколько отсутствием теоретических проработок, необходимых для правильного учета технического прогресса, специфических черт отдельных элементов хозяйства в будущем и условий освоения отдельных регионов для разработки количественных показателей изменения связей, затрат и других характеристик формирования и функционирования различных сочетаний отдельных элементов ТПК. Это особенно важно, так как выявление эффекта сочетаний, агломерации, территориальной концентрации и распределения ресурсов является одной из важнейших составных частей задачи оптимизации формирования ТПК.

В настоящее время динамическими в составе группы являются модели прогнозирования основных параметров ТПК и модель процесса формирования комплекса. Модели пространственной структуры системы ТПК, аграрно-промышленного комплекса, промышленного узла и размещения промышленности являются статическими. Однако исследования показали, что имеются различные пути учета фактора времени и в этих задачах. Так, для оптимизации пространственной структуры ТПК разрабатываются многопериодная модель и статическая модель с автономными динамическими отраслевыми и ресурсными блоками. Для этой же цели уже используется в облегченном варианте модель процесса формирования ТПК (задача по Средне-Обскому и Южно-Якутскому ТПК).

Все модели группы, предназначенные для решения основных задач, разработаны в матричной форме. Сетевые модели пока нашли применения для отражения условий формирования некоторых элементов инфраструктуры. Вероятно, сетевой будет и модель формирования плана создания ТПК.

Уровень отработки, степень готовности к практическому использованию отдельных моделей группы различны, различны и задачи дальнейших исследований. Осуществлена разработка и апробация модели пространственной структуры системы ТПК района путем решения практических задач большой размерности по системе ТПК Ангаро-Енисейского региона, Красноярского края и Иркутской области, модели пространственной структуры ТПК — по Саянскому ТПК, модели размещения промышленности — по Причудлымскому промрайону.

Схемы развития и размещения основных элементов хозяйства исследуемых территорий были положены в основу соответствующих схем районных планировок, выполненных Гипрогором и Красноярскгражданпроектом, и использовались при подготовке предложений по перспективам развития Сибири. Серьезную проверку проходит модель процесса формирования ТПК путем решения задачи по Южно-Якутскому комплексу. Модели прогнозирования основных параметров ТПК, пространственной структуры промышленного узла и агломерации промышленных узлов проверены на больших экспериментальных задачах по Саянскому

ТПК, Абакано-Минусинской зоне Саянского комплекса и Абаканскому промышленному узлу. Разработана модель производственной и пространственной структуры регионального аграрно-промышленного комплекса, по которой решена практическая задача большой размерности по материалам Саянского ТПК²³.

Не ставилась задача разработки всех моделей группы. Это относится прежде всего к моделям элементов инфраструктуры, трудовых ресурсов, природопользования, т. е. моделей для решения дополнительных задач в общем процессе оптимизации формирования ТПК. Предполагается поиск уже готовых моделей, соответствующих принятому нами подходу, и увязка их с остальными моделями группы. Тем более, что многие вопросы формирования инфраструктуры и трудовых ресурсов должны решаться прежде всего в масштабе района. Поэтому модели по инфраструктурным отраслям ТПК, очевидно, войдут в состав группы моделей I стадии исследований — оптимизации формирования внутрирайонных комплексных программ, а на уровне отдельного ТПК будут разработаны их аналоги с более детальным анализом исследуемых вопросов.

Уже есть оригинальные предложения по оптимизации формирования единой энергетической и транспортной системы района, прогнозирования населения, проблем природопользования, развития сферы услуг и других с использованием отдельных моделей и их систем, которые близки по замыслу принятому нами подходу. Очевидно, после некоторой работы часть из них войдет в состав регионального блока системы моделей ИЭиОПП СО АН СССР и будет использована для решения задач как первой, так и второй стадии оптимизации структуры района. Ведутся серьезные исследования вопросов формирования различного ранга региональных строительных баз. В результате практически будет снята не-

²³ Постановка указанных задач, фактически использованные модели и краткое описание результатов опубликованы (см. Бандман М. К., Зверев В. С., Ионова В. Д., Ларина Н. И., Малиновская М. А. Формирование производственной и пространственной организации Саянского ТПК. — В кн.: Моделирование формирования ТПК. Новосибирск, 1971, с. 279—309; Бандман М. К., Езерский В. И. Разработка схемы территориальной организации хозяйства Причудымского промышленного района. — Там же, с. 310—323; Бандман М. К., Воробьева В. В., Гафт А. И., Ионова В. Д., Перцик Е. Н., Шацко Е. С. Оптимизация основных элементов схемы районной планировки Иркутской области. — В кн.: Экономико-географические проблемы формирования ТПК Сибири. Вып. III, ч. 2. Новосибирск, 1971, с. 26—64; Зверев В. С., Малов В. Ю. Постановка задачи и экспериментальные расчеты по модели пространственной организации промузла. — «Изв. СО АН СССР», 1972, № 1, сер. обществ. наук, вып. 1, с. 109—115; Формирование территориально-производственных комплексов Ангаро-Енисейского региона. Новосибирск, «Наука», 1975. 176 с.; Севастьянов Л. И., Чурашев В. И. Постановка задачи и модель оптимизации формирования Южно-Якутского ТПК. — В кн.: Методы анализа и модели структуры ТПК. Новосибирск, «Наука», 1979, с. 172—184; Бандман М. К., Воробьева В. В., Ионова В. Д. Пространственная структура системы ТПК Ангаро-Енисейского региона. — Там же, с. 152—171).

обходимость разработки каких-либо специальных моделей строительных баз для группы моделей оптимизации формирования ТПК. Вероятно, аналогичное положение сложится и в отношении модели формирования трудовых ресурсов. Эти вопросы также детально изучаются в других секторах института.

Таким образом, из всех моделей группы менее определенной остается модель формирования плана создания ТПК. Работа над ней пока не велась, однако есть исследования по моделированию процесса реализации программ создания Нижневартовского и Богучанского промышленных узлов, Саянского ТПК и других ТПК Сибири, исследования по выбору варианта программы ведения строительства БАМ²⁴, результаты которых помогут в создании модели формирования плана создания программно-целевых ТПК. Необходимым условием выполнения этой работы является официальное оформление статуса ТПК, определение его места в системе предплановых исследований и планирования, решение вопросов управления процессом создания комплексов и распределения функций между организациями, связанными с созданием ТПК.

Использование группы моделей дает большое преимущество по сравнению с применением отдельных разрозненных моделей: возможен контроль за соблюдением глобального (народнохозяйственного) критерия оптимальности в процессе всего исследования, формирование значительной части исходной информации в результате решения оптимизационных задач, осуществление более детальных исследований при тех же параметрах задач и программах для ЭВМ.

Для нашей группы моделей принят поэтапный (последовательный) учет параметров свободы решений и неформализованный переход от одного этапа решения к другому (от одной модели к другой). Благодаря этому удается провести более глубокий анализ каждого решения, расширять от этапа к этапу число учитываемых условий и факторов, контролировать ход решения, последовательно отрабатывать отдельные модели с тем, чтобы быстрее внедрять их в практику перспективного территориально-производственного планирования. Принятая схема декомпозиции общей задачи, четкая функциональная нагрузка и соподчиненность моделей группы, использование единой системы показателей и большая наследственность (переход значительной части ограничений, которые не корректируются на последующем этапе решения) значительно облегчают решение проблемы согласования результатов расчетов. Каждая модель может работать как в груп-

²⁴ Алексеев А. М., Белоногова А. Е., Кисельников А. А., Крючков В. Н., Мятницкая Ю. М., Соболев Ю. А. Вопросы увязки планов развития отраслей, участвующих в выполнении региональных программ. — В кн.: Моделирование внутренних и внешних связей отраслевых систем. Новосибирск, «Наука», 1978, с. 161—179.

це, так и автономно. Одна и та же модель пригодна для подготовки различных предплановых документов (см. табл. 3.2).

Координация работы моделей, согласование и взаимоувязка результатов решений. Использование моделей группы как в автономном режиме, так и в различных сочетаниях потребовало принятия определенной схемы координации их работы. Есть немало разработок и формальных методов согласования решений многоуровневых систем при декомпозиции задач по производственному, функциональному, территориальному и другим признакам и при детерминированных условиях, и с учетом неопределенности информации²⁵. Однако эти работы и методы касаются в основном однородных систем с четко выраженным главным объектом исследования — производством.

В региональных системах проблема согласования, по нашему мнению, много сложнее. Можно отметить как минимум три черты региональных систем, которые отличают их от отраслевых и усложняют процесс согласования: 1) разнородность состава, 2) типологическое и содержательное изменение показателей при переходе от одного ранга системы к другому, 3) отсутствие по многим типам и рангам региональных систем сложившейся системы управления, в том числе и планирования.

Рассматриваемые в региональных системах и, соответственно, моделях в качестве равнозначных объектов элементы трех глобальных систем: хозяйство, человек и природная среда — резко различаются не только функциями в системе, но и закономерностями формирования и функционирования. Это приводит к значительному расширению состава показателей, характеризующих систему. Кроме того, при переходе решений от одного ранга региональных (даже однотипных) систем к другому изменяется состав учитываемых факторов, условий и объектов исследования, возможно изменение форм их представления, меняется состав учитываемых связей. В результате сопоставимость как отдельных показателей, так и результатов решений в целом по региональным системам различных уровней становится сложной. Мало того, взаимодействие многих элементов системы приводит к усреднению выходной информации, в результате возможно получение близких количественных характеристик систем при различных схемах пространственной структуры хозяйства и наоборот. Иными словами, «может существовать много допустимых векторов, которым соответствует одно и то же экстремальное значение оптимизируемой функции»²⁶.

²⁵ Моделирование внутренних и внешних связей отраслевых систем. Новосибирск, «Наука», 1978. 230 с.; Методы и модели согласования иерархических решений. Новосибирск, «Наука», 1979. 240 с.; Алексеев А. М. Многоуровневые системы планирования промышленного производства. Новосибирск, «Наука», 1975. 212 с.; Многоуровневые модели перспективного планирования. М., «Экономика», 1978. 224 с.

²⁶ Полтерович В. М. Неединственность оптимальных решений и комплексность ресурсов. — В кн.: Экономико-математические исследования затрат и результатов. М., «Наука», 1976, с. 184.

Результаты решений по региональным системам сложно согласовывать не только между собой, но и с другими, в частности отраслевыми, решениями. Последнее объясняется существенным различием нагрузки, содержанием многих одноименных показателей, которые используются и формируются в результате решения. Остается пока очень сложно реализуемой процедура одновременного согласования решений региональной задачи с несколькими задачами по формированию отдельных отраслей инфраструктуры и воспроизводству трудовых и других видов ресурсов. А эта проблема является типичной в задачах не только по ТПК, но и по любой другой региональной системе.

Что касается согласования решений по региональным системам ранга экономического района и его частей, то, по нашему мнению, проблема сегодня не только в методах и алгоритме реализации процедуры согласования на ЭВМ, но и в нерешенности многих принципиальных вопросов. Так, нет пока ответов на вопросы о том, какие решения системы региональных задач можно считать согласованными, т. е. какая совокупность показателей, в каких сочетаниях (именно сочетаниях, а не отдельно взятых) и с какой точностью должна быть согласована с учетом режима планирования, цели конкретного исследования и области неопределенности исходной информации, вероятности внешних ситуаций и внутрикомплексных условий формирования отдельных ТПК.

Вопросы согласования отраслевых и региональных задач на уровне экономических районов и их частей давно привлекают внимание исследователей. Интересный математический аппарат согласования был предложен М. М. Албеговым, Ю. И. Солодиловым и другими сотрудниками СОПСа при Госплане СССР²⁷. Однако исходные позиции постановки задачи внутрирайонного размещения производства принципиально отличаются от наших и это исключает возможность использования предлагаемой схемы согласования. В работах СОПСа утверждается возможность «...на уровне анализа экономики отдельного района принять правильное (с общегосударственных позиций) решение о том, какие из промышленных производств оставить в рассматриваемом районе и от каких отказаться. Такого рода решение может быть принято, если использовать результаты параметрических решений задач оптимизации развития и размещения отдельных отраслей»²⁸. Эти же исходные позиции позднее были приняты и при разработке модели ТПК²⁹. В нашей работе, как это уже неоднократно

²⁷ Албегов М. М., Сирмай И. А. Динамическая модель промышленного комплекса. — В кн.: Модели размещения производства. М., «Наука», 1975, с. 132—153.

²⁸ Албегов М. М., Голубицкая М. В., Петухов Д. Г. Оптимизация внутрирайонного размещения промышленного производства. — Там же, с. 103.

²⁹ Албегов М. М., Голубицкая М. В., Сирмай И. А. Моделирование формирования и развития ТПК. — В кн.: Моделирование размещения производительных сил. М., 1977, с. 5.

по отмечалось, мы не считаем, что при принятии такого решения необходим лишь метод для отсева «лишних» производств, что такие решения могут приниматься не на уровне ТПК, а выше, где есть возможность проследить всю цепочку влияния исключения «лишнего» объекта отраслей специализации из состава ТПК.

Большой интерес для нашей работы представляет исследование, которое ведется в ИЭиОПП СО АН СССР под руководством Д. М. Казакевича. Предполагается разработка схемы и аппарата согласования решений по ТПК с решением по отраслям специализации комплекса. К настоящему времени проведены первые экспериментальные расчеты по согласованию решения по Южно-Якутскому ТПК с решением союзной задачи по угольной промышленности.

Можно предполагать, что большие трудности ожидают исследователей, когда они перейдут к согласованию решений по ТПК с решениями по нескольким отраслям специализации. Во всяком случае, после завершения данного цикла работ будет сделан еще один шаг для строгого доказательства путей ввода группы моделей оптимизации формирования ТПК в систему моделей перспективного народнохозяйственного планирования.

Группа моделей оптимизации формирования ТПК создавалась как элемент системы, при ее формировании предполагался определенный обмен информацией и допускалась возможность различного уровня проработки отдельных элементов системы в целом. Учитывалось сформулированное Л. В. Канторовичем требование, «...чтобы структура каждой отдельной модели предусматривала возможность ее подключения к комплексу, имела необходимые свободные параметры входов и выходов»³⁰. Предусматривался как односторонний обмен информацией, при котором осуществляется односторонняя связь и требуется достижение только соответствия форм и содержания входов и выходов поставщиков и получателей информации, так и многосторонний, когда происходит не простая передача информации, а взаимная корректировка многих показателей и результатов решений, т. е. происходит взаимодействие моделей и требуется не только соответствие входов и выходов, но и координация работы моделей.

На стадии предплановых исследований комплексов с использованием группы моделей оптимизации формирования ТПК возникают несколько задач координации результатов решений. Внутри группы наибольшие трудности представляет согласование решений основных задач каждого этапа, т. е. решений, полученных по региональным моделям (системы ТПК района, отдельного ТПК, промышленного узла и процесса формирования комплекса). Наряду с этим внутри группы необходимо согласование решений

³⁰ Канторович Л. В. Математические оптимальные модели планирования развития отрасли и технической политики. — «Вопросы экономики», 1967, № 10, с. 109.

основных и дополнительных задач. И, наконец, решения по моделям группы должны быть согласованы с результатами решений по остальным моделям регионального блока и решениями союзных отраслевых задач.

В данной работе выделяется два типа координации моделей внутри группы и моделей группы с остальными моделями регионального блока системы (см. схемы 3.3 и 4.3): согласование и взаимоувязка результатов решений.

Согласование призвано обеспечить процесс решения общей задачи — выполнение ограничений и соблюдение критерия, а взаимоувязка — уточнение, корректировку расходных и затратных показателей (коэффициентов матрицы и функционала). Целью согласования является обеспечение условий решения общей задачи оптимизации формирования ТПК в рамках принятого критерия и ограничений. Согласование осуществляется, как правило, между однотипными задачами двух смежных этапов решения.

В пределах группы от этапа к этапу (сверху вниз, как это показано на схемах 3.3 и 4.2) передается информация — осуществляются прямые связи. На последующий этап решения передается информация о месте следующего по рангу ТПС в территориальном разделении труда, о полученном варианте структуры его хозяйства и использования ресурсов, а также об условиях, в которых предполагается формирование исследуемого ТПС. Часть поступающей информации является обязательной для последующего решения, непосредственно включается в модель нижнего уровня в качестве жестких ограничений и изменению не подлежит. Это задания по развитию объектов отраслей специализации, элементов инфраструктуры, значение которых выходит за рамки исследуемого ТПС, лимиты на использование дефицитных ресурсов и др.

Вторая часть поступающей сверху информации содержит характеристику отдельных объектов, вариантов использования ресурсов, размещения и другие данные, которые используются при формировании способов, коэффициентов матрицы и функционала, определении отдельных ограничений для задачи по исследуемому ТПС. Значительная доля этой информации в процессе решения уточняется: показатели использования локальных и трудовых ресурсов, потребности в ресурсах других ТПК, затрат на создание и функционирование всех объектов или реализацию мероприятий, связанных с охраной природной среды и др.

Наконец, есть третья часть информации, которая не используется непосредственно при решении задачи нижнего уровня, но необходима для оценки полученных результатов решений. К числу такой информации относятся, например, данные о затратах, при которых была определена специализация данного ТПК в процессе решения задачи предыдущего уровня. Обратные связи, связи снизу вверх, несут уточненную информацию о раз

мещении объектов, о использовании ресурсов, о затратах ³¹.

Целью взаимоувязки результатов решений является уточнение показателей распределения ресурсов (например, воды, территории, трудовых ресурсов между сельским хозяйством и остальными элементами хозяйства ТПК), масштабов и времени развития отдельных элементов хозяйства, использования (вовлечения в эксплуатацию) источников природных ресурсов, воспроизводства трудовых ресурсов и др. В связи с этим наиболее типичной является процедура взаимоувязки решений региональных задач с задачами развития отдельных элементов инфраструктуры и между одноименными задачами первой и второй стадий оптимизации структуры хозяйства экономического района в целом (см. схему 3.3).

В отличие от согласования, которое осуществляется в основном при вертикальной декомпозиции общей задачи между этапами решения, взаимоувязка может осуществляться и при вертикальной и при горизонтальной декомпозиции между моделями одного и различных этапов. Реализация взаимоувязки осуществляется, как и согласование, посредством прямых и обратных связей, но прямые связи обязательно идут сверху вниз, как при согласовании. Они могут осуществляться между моделями одного уровня (этапа) и отличаются от обратных тем, что, как и при согласовании, несут обязательную информацию об основных параметрах развития тех элементов системы, которые исследуются в тех моделях, куда они направлены. Обратные связи выполняют ту же роль, что и при согласовании.

Пока в отношении строгой координации решений сделаны только первые шаги. Проведена серия расчетов по согласованию решений двух этапов (уровней) региональных задач: оптимизации пространственной структуры системы ТПК и отдельного ТПК. Опыт показал, что для этой цели может быть использован метод итеративного агрегирования и что переход от двух- к трем (и более) уровневым системам принципиальных изменений в процедуре согласования не вызовет ³².

Много проще оказались вопросы согласования решений основных и дополнительных задач внутри группы. Предложено две схемы такого согласования: схема парного согласования результатов решений сетевой динамической задачи по комплексу с за-

³¹ Подробно состав, направления и механизм информационного взаимодействия моделей группы см.: Ларина Н. И. Обмен информацией в районном звене пространственных моделей. — Изв. СО АН СССР, 1974, № 1, сер. обществ. наук, вып. 1, с. 52—62; Ждан Г. В., Ларина Н. И. Информационные взаимосвязи моделей ТПК и отраслей. — В кн.: Моделирование внутренних и внешних связей отраслевых систем. Новосибирск, «Наука», 1978, с. 179—190.

³² Ждан Г. В. Вариант схемы согласования решений по ТПК разных иерархических уровней. — В кн.: Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1979, с. 269—281.

дачей по одной из инфраструктурных отраслей (ОСКАР)³³ и схема, использующая метод итеративного агрегирования (МИТАГ)³⁴. В обеих схемах рассматриваются двухуровневые иерархические системы и для согласования используются объективно обусловленные оценки системы нижнего уровня. В ОСКАР объекты нижнего уровня представлены в неявном виде, процесс согласования осуществляется автоматически, схема прошла большую проверку. Схема МИТАГ не автоматизирована и не прошла еще стадии экспериментальных расчетов. Однако представление объектов нижнего уровня в явном виде в модели верхнего уровня имеет принципиальное значение и значительно расширяет возможности схемы МИТАГ. Предполагается, что она станет инструментом для согласования решений не только разных этапов, но и нескольких дополнительных задач, т. е. для согласования не только дополнительных решений с основным, но и дополнительных между собой.

В настоящее время согласование результатов решений практических задач осуществляется путем обычного экономического анализа, сопоставления результатов решений и проведения серии вариантных расчетов. Однако изучение вероятностных свойств результатов решений показало возможность использования для этой цели области свободы корректировки оптимального решения³⁵. При этом под областью корректировки понимается совокупность интервалов изменения экономических показателей задачи, каждому из которых соответствует своя структура плана, оптимальная только в пределах этого интервала. Получение области корректировки дает возможность выявить набор предполагаемых стратегий функционирования исследуемой системы, соответствующих изменениям исходных показателей по отдельным элементам ее в заданных интервалах. Таким образом, выявленная совокупность стратегий позволяет определить не только направления корректировки оптимального решения задачи, но и количественные выражения ее, отвечающие изменениям экономических показателей.

Экспериментальные расчеты по материалам ТПК Иркутской области показали, что возможно определение области изменений показателей, которые не вызывают принципиальных изменений в результатах решений вышестоящих этапов. И пока нет строгих ме-

³³ Алексеев А. М., Долинина Э. Н., Крючков В. Н. Использование автоматизированного расчета для формирования строительной программы ТПК. — В кн.: Экономика-географические проблемы формирования территориально-производственных комплексов Сибири. Вып. III, ч. 1. Новосибирск, 1971, с. 102—117.

³⁴ Малов В. Ю., Сусницын С. А. Применение методов итеративного агрегирования для согласования решений в группе моделей формирования ТПК. — В кн.: Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1979, с. 249—268.

³⁵ Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1976, с. 283—297.

тодов согласования решений региональных задач, этот метод может быть использован для согласования решений. Если полученное решение находится в пределах области свободы корректировки, то можно переходить к следующему этапу решения, если оно вышло за ее границу — необходимо возвращаться к предыдущему этапу.

Такой подход соответствует распространенному как в СССР, так и за рубежом представлению, что в реальной жизни при решении задач по размещению производительных сил необходимо выявить не одну точку оптимума, а набор точек, использование любой из которых не вызывает нарушения всей системы ³⁶.

В основу координации работы группы моделей оптимизации формирования ТПК положен уже апробированный итеративный процесс согласования, состоящий из больших и малых итераций. Принятие и реализация принципа попарной координации работы моделей и неформальной прерывной системы расчетов (человек—машина—человек) значительно облегчили этот процесс. Основная трудность работы переложена на малые итерации. При этом под малыми итерациями понимается координация работы моделей как при вертикальной, так и при горизонтальной декомпозиции общей задачи, т. е. согласование или взаимоувязка решений между парой моделей смежных этапов, одного этапа внутри группы или решений дополнительных задач в группе с соответствующими задачами по району в целом.

Конфликтные ситуации между решениями по основным задачам одного этапа передаются на предыдущий и разрешаются с помощью модели, где конфликтующие стороны рассматриваются вместе и в качестве равноправных (модель системы ТПК — для отдельных ТПК, модель ТПК — для промышленных узлов). В конфликтных ситуациях между решениями по основным и дополнительным задачам решающее слово остается за основными, а между дополнительными задачами группы ТПК и соответствующими задачами по району — за районными. При таком принципе необходимость большой итерации, т. е. повторного счета по всей группе моделей, возникает только в случае, если итоговая выходная информация по основным показателям решений по ТПК выходит за границы зоны допустимой корректировки входной информации предыдущего вышестоящего уровня решения — задачи производственной структуры района или союзных задач по межотраслевым комплексам.

³⁶ Так, проф. Д. Смит в монографии, посвященной теории размещения производства, отмечает, что надо определять зоны «пространственных пределов прибыльности (spatial margins of profitability), определенных порогов или пределов, в границах которых можно размещать производство с дополнительным учетом факторов (Smith D. Industrial Location. Wiley and Sons, 1971. 554 p.).

2. ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ МЕЗОМОДЕЛИ

Тип модели. Основу группы моделей оптимизации формирования ТПК составляют оптимизационные территориально-производственные региональные мезомодели (ТПРМ)³⁷. Прежде всего эти модели

территориальные — основными объектами исследования являются таксономические единицы территориальной системы страны;

производственные — основой образования любого ранга территориальных таксономических единиц принято производство, оптимизация формирования всех элементов хозяйства и использования ресурсов осуществляется при условии обязательного выполнения роли данного региона в территориальном разделении труда;

региональные — рассматривается совокупность всех элементов хозяйства и ресурсов исследуемой территории в их взаимодействии; распределение трудовых и локальных ресурсов, услуг инфраструктуры и продукции комплексующих производств заранее не закрепляется, а оптимизируется в процессе решения задачи с учетом всех видов внешних и внутрикомплексных связей³⁸;

³⁷ Бандман М. К. Вопросы использования региональных мезомоделей в предплановых исследованиях территориальной структуры хозяйства экономических районов. — Изв. СО АН СССР, 1973, № 1, сер. обществ. наук, вып. 1, с. 3—15; Бандман М. К., Воробьева В. В., Зверев В. С., Ионов В. Д., Ларина Н. И., Малиновская М. А., Малов В. Ю., Черевикина М. Ю. Типовая территориально-производственная региональная мезомодель. — В кн.: Экономико-географические проблемы формирования территориально-производственных комплексов Сибири. Вып. V. Новосибирск, 1973, с. 121—123; Черевикина М. Ю. Специфические черты территориально-производственных мезомоделей. — В кн.: Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1976, с. 247—260.

³⁸ В этом мы видим одну из главных особенностей региональных моделей. Они отличаются от моделей других типов не только широтой охвата элементов хозяйства и ресурсов исследуемой территории, но и способом их отображения. Анализ взаимодействия, т. е. обратных связей, которые возникают в процессе формирования и функционирования региональных элементов хозяйства и при использовании ресурсов, является специфической особенностью региональных моделей. Во всех остальных случаях территория остается лишь фоном, характеризующим полигон исследования с точки зрения интересов только конкретной отрасли, но не равноправным объектом изучения. Такая модель не является региональной, независимо от того, рассматривается одна отрасль промышленного производства или несколько, сельское хозяйство или отдельные элементы инфраструктуры, даже если изучается структура населения или вопросы использования какого-либо одного вида ресурсов в пределах ограниченной территории. В этом случае модель является территориальной (в отличие от национальной), но остается отраслевой, демографической и т. д., а не становится комплексной региональной. В принятой нами терминологии термин «территориальная» характеризует объект исследования, а термин «региональная» — содержание задачи. Таким образом, термин «территория» означает пространство на земной поверхности, а «регион» — нагрузку участка территории.

мезомодели — занимают среднее (мезо) положение между макро-(межрайонными межотраслевыми) и микромоделями (моделями промузлов, по терминологии Госстроя, микрорайонов и других частей городов). Основными признаками отличия региональных моделей различных уровней являются

объекты исследования;

содержание решаемых задач и форма представления объектов исследования и условий их формирования и функционирования; целевая функция.

В моделях макроуровня рассматриваются системы государств, государство в целом или взаимодействие его крупных составных частей (зон, регионов и т. д.). На мезоуровне объектом исследования являются отдельные части страны — регионы различного ранга, и, наконец, на микроуровне — отдельные, как правило, небольшие поселения и их части.

Целью постановки региональных задач макроуровня является выявление места каждого заранее выделенного региона в территориальном разделении труда — его специализации, определение основных межрегиональных пропорций формирования народного хозяйства страны и важнейших параметров развития каждого региона. При этом основное внимание уделяется вопросам развития сферы материального производства и анализу межотраслевых связей. Условия формирования и функционирования инфраструктуры (даже производственной), использования локальных ресурсов, формирования и распределения населения учитываются укрупненно, как правило, через систему различных коэффициентов на стадии постановки задачи и подготовки информации. В связи с этим обратные связи между основными производствами и остальными элементами хозяйства на формирование показателей затрат в процессе самого решения влияния не оказывают.

Основной целью постановки региональных задач мезоуровня является определение схемы размещения производительных сил отдельного региона, выбор источников, направлений рационального использования и охраны всех видов ресурсов (промышленного сырья и сельскохозяйственных угодий, топлива, воды и т. д.), обеспечение всех отраслей хозяйства трудовыми ресурсами, обеспечение планируемых условий жизни и определение системы расселения. Производство остается важнейшим объектом исследования, но масштабы развития и связей отраслей специализации predetermined. Важным вопросом задач мезоуровня является оптимизация масштабов, состава, направлений и средств реализации производственно-экономических внутрорегиональных связей. Поэтому объекты сферы производства, инфраструктуры (особенно производственной), многие источники природных ресурсов и населения рассматриваются в качестве самостоятельных объектов моделирования, оптимизация схемы размещения производительных сил осуществляется с учетом не только прямых, но и обратных связей. Многие затратные показатели определяются или кор-

ректируются в процессе самого решения. Регион рассматривается в качестве открытой системы при строго заданных сверху основных параметрах его развития.

При постановке региональных задач микроуровня элементы сферы материального производства, в отличие от двух предыдущих уровней, не являются главным объектом исследования. Основное внимание уделяется вопросам размещения населения, формирования его состава, развития социальной инфраструктуры, охраны окружающей среды и организации хозяйства. По своей структуре задачи микроуровня ближе к задачам мезоуровня, чем макроуровня.

Различны и критерии, которые используются при решении региональных задач трех уровней. Наиболее распространенным критерием задач, решаемых с помощью макромоделей, является максимум конечной продукции в заданном ассортименте или максимум непроизводственного потребления; в региональных моделях мезоуровня — минимум приведенных затрат на выполнение поставленной задачи или минимум какого-либо другого дефицитного ресурса и, наконец, в региональных микромоделах — минимум приведенных затрат, минимум затрат времени населением на передвижение или максимум вне рабочего времени и др.³⁹

Территориально-производственные региональные мезомодели являются

оптимизационными — в качестве основного критерия принят минимум суммарных приведенных затрат;

пространственными — территория представлена не точкой, а совокупностью площадок (ареалов, участков);

многокомпонентными — одновременно рассматривается значительное количество различных элементов ТПК;

многопродуктовыми — не только различные, но и некоторые одноименные производства или другие элементы ТПК осуществляют обмен продукцией, требующей, как правило, дифференцированного отражения связей по направлениям и видам используемого транспорта;

многоступенчатые — анализируется не только выпуск конечной продукции комплекса, но и предшествующие стадии производства продукции или услуг, так как это обычно оказывает влияние на формирование не только производственной, но и пространственной структуры ТПК.

Структура модели. Территориально-производственные региональные мезомодели имеют довольно четко выраженную блочную структуру (схема 4.4). Трем основным типам объектов исследования соответствуют три основных блока модели: функциональный, производственно-транспортных связей и несколько территориальных. Все блоки связаны вектором целевой функции и вектором

³⁹ Более подробную характеристику черт территориально-производственных моделей см.: **Моделирование** формирования территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука», 1976, с. 133—283.

ограничений. В основу построения блоков может быть положен как функциональный, так и пространственный принцип, т. е. каждый блок может содержать условия создания и функционирования отдельных элементов ТПК или условия формирования территориально-производственных сочетаний в целом. Выбор принципа построения блоков, их количество и конкретное содержание отдельных способов, условий, ограничений, коэффициентов матрицы и целевой функции зависит от постановки задачи.

В блоках представлены варианты формирования и функционирования каждого объекта моделирования: в функциональном блоке — производства и линейных элементов инфраструктуры, в блоке производственно-транспортных сетей — обмена и, наконец, в территориальных блоках — точечных элементов инфраструктуры, вариантов использования трудовых и локальных природных ресурсов. Такое разбиение объектов по блокам определяется необходимостью отображения мобильности, взаимосвязей и функций каждого из них. Варианты формирования и функционирования объектов обычно различаются пунктами размещения, концентрацией или возможными масштабами развития (использование ресурса), типами реконструкции, технологическими схемами, связями и сочетаниями в одном пункте различных объектов,

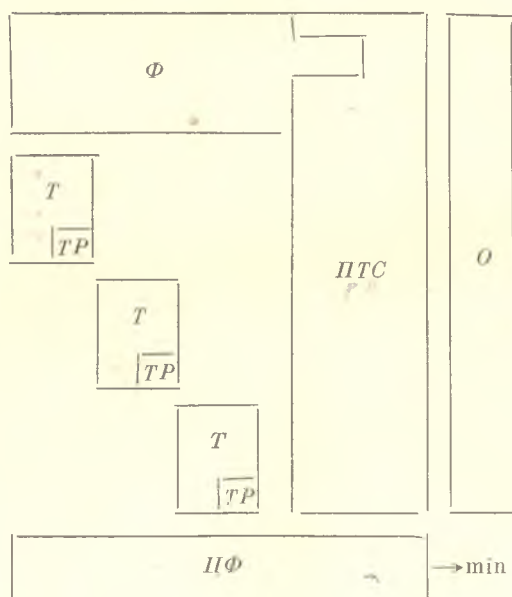


Схема 4.4. Блок-схема территориально-производственной региональной мезомодели (ТПРМ)
 Φ — функциональный блок; $ПТС$ — блок производственно-транспортных связей; T — территориальные блоки; TP — подблок трудовых ресурсов; $ЦФ$ — целевая функция; O — ограничения.

направлениями использования ресурсов и другими характеристиками.

Взаимодействие объектов моделирования всех блоков в процессе решения задачи осуществляется в соответствии с заданными условиями, которые находят отражение в показателях коэффициентов матрицы, ограничений и целевой функции. Структура взаимосвязей объектов и форма их отображения, по существу, определяют структуру моделей, сложность реализации решения на ЭВМ, а точность отражения этих соотношений — содержательную возможность анализа полученных результатов решения⁴⁰.

Состав и содержание показателей коэффициентов матрицы определяются целью работы, специфическими чертами объектов исследования, условиями региона исследования и структурой используемого инструмента и программным обеспечением процесса решения задачи на ЭВМ. Как правило, коэффициенты матрицы отражают потребность исследуемого объекта во всех видах локальных ресурсов, услуг инфраструктуры и трудовых ресурсов, внутриотраслевые и межотраслевые связи, взаимодействие с окружающей средой, условия реализации отдельных ограничений, принятых при постановке задачи. Одноименные коэффициенты матрицы могут иметь различную содержательную нагрузку не только в задачах различных этапов, но и одного этапа решения (например, коэффициент матрицы, характеризующий потребность объекта в электроэнергии, может отражать общую электроемкость производства или потребность в базисной энергии; потребность в трудовых ресурсах может быть показана в целом или с подразделением по полу и т. д.).

В соответствии со структурой коэффициентов матрицы формируются и коэффициенты функционала. Они могут быть более дробными и более обобщенными (например, коэффициент функционала, соответствующий определенному способу производства, может включать затраты, связанные с формированием транспортной сети ТПК или привлечением и обустройством населения, а может не включать, если эти условия в данной модели представлены в качестве самостоятельных объектов моделирования). Кроме того, структура коэффициентов функционала зависит от вида представления (явный и неявный) отдельных объектов исследования. Таким образом, постановка каждой задачи требует индивидуального подхода при соблюдении общих требований к использованию апробированных методов подготовки экономических показателей.

⁴⁰ Детальные схемы территориально-производственных региональных мезомоделей группы см.: *Моделирование формирования территориально-производственных комплексов*. Новосибирск, 1971, с. 52, 57, 63, 65, 69; Бандман М. К., Воробьева В. В., Езерский В. И., Зверев В. С., Ионова В. Д., Ларина Н. И., Малиновская М. А., Мырнин И. В. Оптимизация пространственной организации комплексного освоения ресурсов Сибири. — В кн.: *Географические проблемы Сибири*. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 22—43, схемы 1—6.

Вектор ограничений включает несколько групп показателей: обязательные задания по развитию отраслей специализации и направлениям поставки продукции. Они определяются на вышестоящих уровнях и для ТПК (системы ТПК или промышленного узла) являются обязательными. Задание может быть выражено показателем масштабов конкретного производства (особенно для первого этапа решения) или требованием размещения определенного предприятия с заданными параметрами (особенно, если это касается неделимых объектов);

обязательные задания по развитию объектов инфраструктуры, значение которых выходит за рамки исследуемого ТПК (региона, промузла). Они означают нижний уровень развития объекта, общие масштабы которого выявляются только в процессе решения задачи. Как правило, это ограничения по магистральному наземному и электронному транспорту и отражают требования пропуска транзита. Возможны также задания по стройбазам (особенно сейчас, когда многие крупные строительные организации ведут строительство за пределами своих регионов) и даже по некоторым особенно крупным объектам социальной инфраструктуры; ограничения на поставку лимитируемых ресурсов или продуктов из-за пределов ТПК (региона, промузла);

ограничения на единичную мощность (масштабы развития) отдельных объектов моделирования;

ограничения по использованию локальных природных ресурсов, по условиям охраны среды и воспроизводства ресурсов; ограничения по использованию резерва трудовых ресурсов.

Представление условий формирования и функционирования объектов исследования. Оно определяется целью работы, спецификой региона и возможностями математического обеспечения. Они могут быть представлены в явном и неявном виде. При явном виде представления каждый объект исследования выступает объектом моделирования, т. е. может быть самостоятельно представлен в модели одним или несколькими способами. Объекты, условия формирования и функционирования которых учитываются в неявном виде, в качестве самостоятельных в модели не представлены.

В неявном виде могут рассматриваться объекты всех элементов ТПК, включая даже объекты отраслей специализации. Как правило, это:

объекты, вопрос о размещении или варианте использования которых предрешен и известна потребность их во всех видах ресурсов;

объекты, размещение, масштабы и связи которых определяют однозначно в соответствии с выбором варианта одного из объектов, представленных в явном виде;

объекты, для принятия решений по которым информационная база, используемая на данном этапе исследования, еще недостаточна;

объекты, для которых принятие решения на данном этапе исследования не является обязательным.

Однако, если некоторые объекты исследования не являются объектами моделирования, то это совсем не значит, что они находятся вне решения. Все объекты, представленные в неявном виде, присутствуют при распределении ресурсов и услуг инфраструктуры, определении ограничений или нагрузок на среду и при формировании балансов. Показатели по таким объектам могут быть учтены при формировании ограничений, коэффициентов матрицы и функционала по соответствующим объектам моделирования. Часто объекты, представленные в неявном виде, объединяются в группы, которые выступают уже в качестве самостоятельных объектов моделирования. В этом случае до решения прорабатываются структура или состав этих элементов (например, набор коммунально-бытовых учреждений), нормативные показатели (нормы жилой площади, мест в школах, койко-мест в различного рода медицинских учреждениях и т. д.), показатели затрат на их создание, трудоемкость и потребность в локальных ресурсах, услугах и продуктах других элементов хозяйства ТПК.

Суть задачи по объектам, которые представлены в неявном виде, заключается не в определении варианта размещения и развития того или иного конкретного объекта, а в нахождении необходимого масштаба развития всей совокупности их, необходимого объема материальных, природных и трудовых ресурсов, возможной дополнительной нагрузки на строительные базы, коммуникации и другие элементы инфраструктуры. При этом важнейшим условием является требование не допустить недоучета необходимых ресурсов, т. е. решить задачу так, чтобы при последующем решении детальных задач по каждому виду объектов ресурсов было достаточно.

Принципиальным отличием двух видов представления является то, что показатели по объектам, представленным в явном виде, могут корректироваться (выбираться разные способы) в процессе самого решения, а показатели по объектам, представленным в неявном виде, остаются без изменения и могут быть скорректированы только после окончания решения. Для их использования в уточненном виде необходимо повторное решение. Иными словами, между объектами, представленными в явном виде, в процессе решения имеет место двусторонняя связь, а представленными в неявном виде — односторонняя.

Обычно в задачах, которые решались по сибирским ТПК в ИЭиОПН СО АН СССР, в неявном виде были представлены некоторые вспомогательные и большая часть обслуживающих производств, производство наборов нетранспортабельных сельскохозяйственных продуктов, институциональная и социальная инфраструктура, некоторые мероприятия, связанные с охраной природной среды будущих городов.

Для полноты отображения отдельных условий задачи блоки могут быть подразделены на подблоки и их части. Функциональный блок делится на подблоки: производства с подразделением

на объекты отраслей специализации, вспомогательные, обслуживающие; линейных элементов инфраструктуры с подразделением на группы объектов, по которым есть задание по развитию, и объектов, по которым задания нет. В пределах территориальных блоков выделяются подблоки: точечных элементов инфраструктуры с подразделением на группы объектов, обслуживающих только данную территориальную единицу, и объектов, которые должны дать продукцию другим территориальным единицам ТПК; трудовых ресурсов с разделением на местные и привлекаемые; локальных ресурсов с выделением каждого их вида. И, наконец, в составе блока производственно-транспортных связей выделяются отдельно виды транспорта и участки магистралей.

Так, в подблоке трудовых ресурсов территориального блока рассматриваются проблемы, связанные с человеком. В процессе

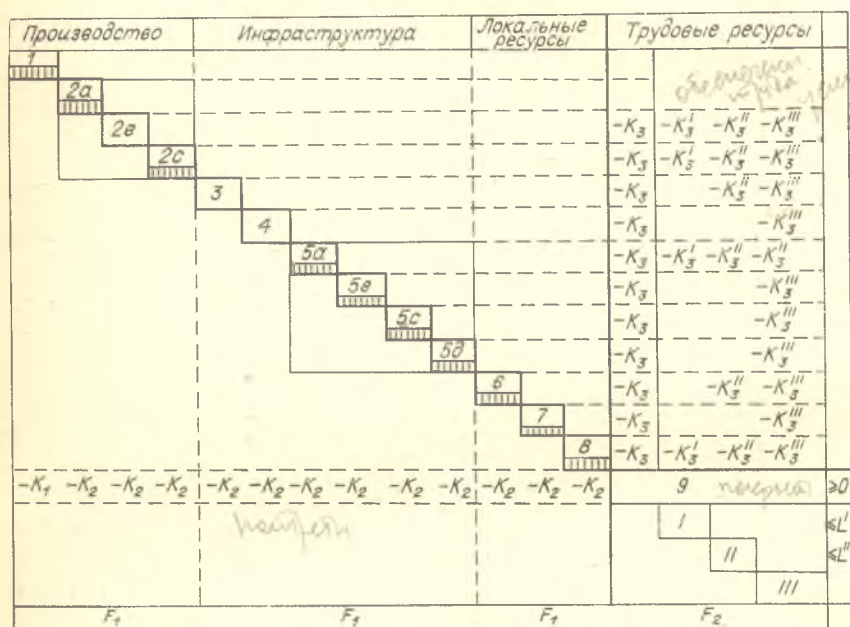


Схема 4.5. Связь блока трудовых ресурсов с остальными элементами модели.

1 — отрасли специализации; 2 — комплексующие производства (2а — вспомогательные, 2в — обслуживающие, 2с — комплексующие нетранспортабельных сельскохозяйственных продуктов); 3 — институциональная инфраструктура; 4 — социальная инфраструктура; 5 — производственная инфраструктура (5а — строительные базы, 5в — наземные транспортные магистрали, 5с — линии электропередач, 5д — прочие инженерные сооружения и коммуникации); 6 — земля (территория); 7 — вода; 8 — мероприятия по охране среды; 9 — формирование населения (I — резерв данной площадки, II — резерв других площадок комплекса, III — привлечение из-за пределов комплекса); F_1 — коэффициенты функционала по блокам: производство, инфраструктура, локальные ресурсы; F_2 — коэффициенты функционала по блоку трудовые ресурсы; K_1 — необходимая численность трудящихся на заданный объем производства; K_2 — удельная трудоемкость; K_3 — удельное потребление продуктов, услуг, ресурсов населением.

решения задачи этот подблок выполняет две функции: 1) участвует в формировании баланса трудовых ресурсов ТПК и 2) участвует в определении состава и масштабов всех видов ресурсов, услуг и продуктов, необходимых для создания заданных условий жизни населения.

Картина формирования баланса трудовых ресурсов по каждой исследуемой площадке представлена способами и уравнениями подблока (схема 4.5). Способы характеризуют возможные пути формирования трудовых ресурсов за счет резерва данной площадки, резервов других площадок комплекса или за счет привлечения из-за пределов комплекса. Условия использования каждого способа находят отражение в коэффициентах функционала (F_2) и ограничениях на масштабы возможного использования резервов площадок (L' , L''). Ограничения на привлечение трудовых ресурсов из-за пределов ТПК обычно не вводится (считается, что выбор технологий, в том числе и с точки зрения трудосбережения уже осуществлен на уровне экономического района)⁴¹. При формировании баланса по трудовым ресурсам принимается во внимание половой состав, экстремальность условий жизни и труда и другие специфические черты каждой площадки. В отдельных случаях допускается неполная занятость отдельных видов трудовых ресурсов.

Для выявления общей потребности комплекса в трудовых ресурсах и их распределения между всеми заинтересованными элементами ТПК в число коэффициентов матрицы включены показатели необходимой численности трудящихся (K_1) или удельной трудоемкости (K_2). При этом учитываются возможные варианты технологий и организации производства, использования мужского и женского труда или их взаимозаменяемость, медико-географические условия труда, приживаемость и другие условия, оказывающие влияние на производительность труда и формирование постоянных кадров.

Интересы человека в модели представлены коэффициентами матрицы (K_3) соответствующих способов освоения площадок под гражданское строительство. По существу, это способы выбора площадок под города и определения их людности. Коэффициенты являются показателями удельной потребности будущего жителя комплекса в электроэнергии, тепле и других видах продукции вспомогательных производств, нетранспортабельных сельскохозяйственных продуктах, мощностях строительных баз, инженерных коммуникаций и других услугах производственной инфраструктуры, во всех видах услуг социальной инфраструктуры, в локальных ресурсах (воде, земле) с учетом норм, обеспечиваю-

⁴¹ В последней модификации модели пространственной структуры системы ТПК района введено ограничение на привлечение населения из-за пределов района, но предусмотрены способы перераспределения трудовых ресурсов между отраслями хозяйства (см. § 3 данной главы).

щих и воспроизводство ресурсов и соблюдение норм санитарного состояния среды.

При формировании коэффициентов K_3 и коэффициентов функционала F_1 принимаются нормы, обеспечивающие достижение намечаемых на расчетный период условий жизни населения данного региона. Таким образом, в неявном виде выполняется условие обязательного создания полного набора объектов социальной инфраструктуры и других услуг, необходимых для жизни человека и решения проблемы создания и закрепления кадров. Через коэффициенты K_3 население участвует в формировании балансов производства и потребления всех видов продуктов, услуг и ресурсов комплекса. Условия соблюдения этих балансов, предусмотренные в модели, гарантируют покрытие намечаемого спроса населения. Здесь надо подчеркнуть, что определение потребности в производстве продуктов и услуг, использовании ресурсов и распределение их осуществляются при одновременном учете всех остальных элементов ТПК.

Коэффициенты матрицы K_1 , K_2 и K_3 играют исключительно большую роль в процессе решения задачи, так как отображают взаимосвязь населения со всеми остальными элементами ТПК. В модели учитываются не просто затраты, связанные с трудовыми ресурсами, и их ограниченность, а трудовые ресурсы (население) выступают равноправным элементом исследуемой системы. Основные интересы человека находят отражение в задании обязательного выполнения ограничений и при формировании коэффициентов матрицы и функционала.

Можно отметить два важных, по нашему мнению, преимущества такого рассмотрения проблем формирования населения ТПК.

Прежде всего появляется возможность учета многочисленных и разнотипных (прямых и обратных, непосредственных и косвенных, одновременных и разновременных) взаимосвязей (схема 3.6) населения со всеми остальными элементами ТПК. Резко сокращается число жестко заданных экзогенных элементов модели и увеличивается число эндогенных. Это не только расширяет область свободы решения и позволяет взаимно корректировать показатели, но и значительно обогащает анализ результатов.

Второе преимущество заключается в способах формирования функционала. Все показатели затрат, связанных с трудовыми ресурсами (населением) ТПК, можно разделить на две группы: 1) затраты, связанные непосредственно с формированием необходимой численности трудовых ресурсов (привлечение внутри комплекса и из-за пределов ТПК), — F_2 и 2) затраты продуктов, услуг и ресурсов ТПК, связанных с созданием намеченных условий жизни населения, — F_1 . Таким образом, полные затраты на формирование населения составляют сумму F_2 и тех частей F_1 , которые обусловлены потребностью населения (при этом учитываются все связи, показанные на схеме 3.6).

При использовании нелинейных программ для решения поставленной задачи оказывается возможным реализовать еще одно преимущество данной постановки — учесть эффект территориальной агломерации и производственной концентрации в процессе оптимизации формирования ТПК.

На примере подблока трудовых ресурсов мы хотели показать, что принятая система формирования коэффициентов матрицы и функционала, ограничений территориально-производственной региональной модели дает большие возможности для анализа результатов решений вообще и по вопросам формирования населения, в частности. С одной стороны, можно исследовать влияние каждого учитываемого фактора или условия на формирование населения как в целом по ТПК, так и по отдельным площадкам. С другой стороны, можно выяснить влияние условий формирования населения на формирование пространственной структуры ТПК в целом, производственной и пространственной структуры отдельных промышленных узлов, развитие и размещение объектов

Таблица 4.1

Учет факторов размещения в территориально-производственных региональных мезомоделях

Факторы	Форма и способ учета					
	в явном виде			в неявном виде		
	коэф- фици- енты матри- цы	коэф- фици- енты функ- циона- ла	огра- ниче- ния	коэф- фици- енты матри- цы	коэф- фици- енты функ- циона- ла	огра- ниче- ния
Экономико-геогра- фическое положе- ние					+	
Географическая сре- да		+	+			
Локальные ресурсы		+	+	+		
Трудовые ресурсы	+	+	+	+	+	
Транспортный . . .	+	+	+	+	+	
Энергетический . . .	+	+	+	+	+	
Достижения науки и технического про- гресса				+		
Инвестиционная по- литика				+	+	+
Форма общественно- го разделения труда				+	+	
Форма территориаль- ного разделения труда				+	+	

всех элементов хозяйства ТПК, масштабы и направление использования ресурсов.

В целом посредством коэффициентов матрицы и целевой функции, а также ограничений в явном или неявном виде с различным уровнем детализации отражается учет основных факторов размещения производительных сил и специфических черт отдельных объектов моделирования при оптимизации формирования территориально-производственных комплексов (табл. 4.1).

3. ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕЗОМОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ТПК ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА ⁴²

Задача оптимизации пространственной структуры системы ТПК формулируется следующим образом: определить вариант размещения объектов отраслей специализации района, комплексирующих производств и элементов производственной инфраструктуры межрайонного и общерайонного значения при условии минимизации суммарных приведенных затрат на формирование и функционирование хозяйства экономического района с учетом намечаемого уровня жизни населения.

Согласно приведенной выше формулировке задачи, соответствующая модель должна учитывать, с одной стороны, различный характер функционирования и взаимосвязей объектов отраслей специализации, комплексирующих производств и элементов производственной инфраструктуры межрайонного и общерайонного значения, а с другой — различия отдельных частей территории района по факторам и условиям размещения. Прежде чем перейти к описанию экономико-математической модели остановимся на экономической постановке задачи.

В качестве основной единицы территории принят ареал, а основными функциональными единицами хозяйства района — агрегированные производства или крупные предприятия отраслей специализации, комплексирующие производства, объекты инфраструктуры межрайонного и общерайонного значения, магистральные участки транспорта, крупные железнодорожные узлы, трудовые ресурсы по зонам тяготения к ареалам, локальные ресурсы по видам и ареалам.

Производственно-транспортные связи представлены потоками по ввозу и вывозу продукции (межареальными перевозками). При этом для учета внешних связей района выделяются приграничные и внутренние ареалы. Внешние связи осуществляются через приграничные ареалы.

⁴² Параграф написан В. В. Воробьевой и В. Д. Ионовой при участии автора.

Решение поставленной задачи требует учета следующих факторов:

места района в территориальном разделении труда;
 специфических особенностей отдельных производств;
 природных условий и ресурсов отдельных ареалов района;
 уровня хозяйственной освоенности территории района и отдельных частей ее;

обеспеченности трудовыми ресурсами отдельных ареалов, условий их привлечения и закрепления.

Влияние перечисленных факторов учитывается через ограничения (задания по производству продукции отраслей специализации, пределы возможного использования отдельных видов ресурсов и т. д.), технологические коэффициенты (показатели расхода сырья, топлива, вспомогательных материалов, продукции других производств и локальных ресурсов) и коэффициенты целевой функции (затраты на производство по вариантам его организации в зависимости от условий размещения, связей и функционирования).

Поставленная таким образом задача должна решить вопрос о выборе ареала размещения и параметров функционирования (создания) каждого из исследуемых объектов (функциональных элементов), т. е. о выборе оптимального варианта пространственной структуры системы ТПК, каждый из которых представляет собой один ареал или их совокупность.

Выбор такого варианта обеспечивают требования выполнения задания по производству продукции отраслей специализации (основная цель района) и технологические связи учитываемых в задаче производств, при этом условия разграничены по ареалам и группам производств.

Для ареалов, через которые осуществляются внешние связи, должны выполняться задания по вывозу из района продуктов, производимых объектами отраслей специализации:

$$\sum_{j \in J_1} A_{ijh} x_{jh} - \sum_{\substack{j \\ \text{при } i \in I_2 \cup I_3}} B_{ijh} x_{jh} + \sum_{k'} \bar{x}_{ik'h} - \sum_{k'} x_{ikhk'} = B_{ih},$$

$$i \in I_1, k \in K_1. \quad (1)$$

Для внутренних ареалов должны выполняться балансы производства и распределения продуктов, производимых объектами отраслей специализации:

$$\sum_{j \in J_1} A_{ijh} x_{jh} - \sum_{\substack{j \\ \text{при } i \in I_2 \cup I_3}} B_{ijh} x_{jh} + \sum_{k'} \bar{x}_{ik'h} - \sum_{k'} x_{ikhk'} = 0,$$

$$i \in I_1, k \in K_2. \quad (2)$$

Для ареалов, через которые осуществляются внешние связи, должны выполняться балансы производства, ввоза и распределе-

ния продуктов комплексующих производств:

$$\sum_{j \in J_2 \cup J_3} A_{ijk} x_{jh} - \sum_{\substack{j \\ \text{при } i \in I_1 \cup I_2 \\ \text{при } i \in I_1 \cup I_3}} B_{ijk} x_{jh} + \sum_{k'} \bar{x}_{ik'h} - \sum_{k'} x_{ikhk'} + \bar{x}_{ih} = 0, \\ i \in I_2 \cup I_3; \quad k \in K_1. \quad (3)$$

Для внутренних ареалов должны выполняться балансы производства и распределения продуктов комплексующих производств:

$$\sum_{j \in J_2 \cup J_3} A_{ijk} x_{jh} - \sum_{\substack{j \\ \text{при } i \in I_1 \cup I_2 \\ \text{при } i \in I_1 \cup I_3}} B_{ijk} x_{jh} + \sum_{k'} \bar{x}_{ik'h} - \sum_{k'} x_{ikhk'} = 0_x \\ i \in I_2 \cup I_3; \quad k \in K_2. \quad (4)$$

Здесь A_{ijk} — объем выпуска i -го продукта j -м производством в ареале k ;

x_{jh} — интенсивность функционирования j -го производства в k -м ареале;

B_{ijk} — объем потребления i -го продукта j -м производством в ареале k ;

$x_{ikhk'}$, $\bar{x}_{ik'h}$ — объем поставки i -го продукта из ареала k в ареал k' и из ареала k' в ареал k ;

B_{ih} — задание на вывоз i -го продукта за пределы района из ареала k ;

I_1 — подмножество продуктов отраслей специализации;

I_2 — подмножество продуктов комплексующих производств;

I_3 — подмножество видов сырья;

J_1 — подмножество производств отраслей специализации;

J_2 — подмножество комплексующих производств;

J_3 — подмножество источников сырья;

K_1 — подмножество приграничных ареалов;

K_2 — подмножество внутренних ареалов.

На размещение новых производств в районе существенное влияние оказывают показатели межрайонных связей (вывоз готовой продукции из района, заданный по направлениям, и ввоз продукции комплексующих производств и сырья), что отражается условиями (1) и (3) для приграничных ареалов, а для внутренних учитывается косвенно через переменные по межареальному обмену продукцией и сырьем $x_{ikhk'}$, $\bar{x}_{ik'h}$ (условия (2) и (4)).

Выделение приграничных и внутренних ареалов необходимо для более правильного отражения взаимного влияния варианта функционирования магистральной транспортной сети и схемы размещения новых производств.

Включение в модель самостоятельных переменных по межареальному обмену продукцией позволяет не задавать способы функционирования производств, отличающиеся связями с поставщи-

ками сырья и материалов. Более того, до решения задачи не фиксируется транспортный маршрут доставки сырья и продукции потребителю. Это целесообразно не только в том случае, когда мы имеем дело со сложной конфигурацией транспортной сети района, но и для более полного отражения транспорта как фактора размещения.

Транспорт задается в модели вариантами пропускной способности каждого участка, возможными перевозками продукции оптимизируемых производств по каждому участку и вариантами пропускной способности каждого железнодорожного узла. Таким образом, в модели учитываются конфигурация транспортной сети, ее техническая оснащенность, требования к локальным ресурсам, потребность в услугах производственной и социальной инфраструктуры. Как отмечалось, описываемая модель не в состоянии решить все вопросы относительно транспорта. Главное ее назначение — определить специализацию системы ТПК при более полном учете факторов размещения. Влияние транспортного фактора на выбор варианта схемы размещения новых производств на территории района учитывается через систему условий.

Пропускная способность каждого участка межареальной транспортной сети должна быть достаточной для обеспечения внутрирайонных перевозок и транзитных грузопотоков:

$$\sum_{r \in R_1} P_{(hk')}^r z_{(hk')}^r - \sum_i x_{ihk'} \geq \Pi_{(hk')} \quad (\text{для всех пар } (kk')); \quad (5)$$

$$\sum_{r \in R_1} P_{(hk')}^r z_{(hk')}^r - \sum_i \bar{x}_{ikh} \geq \bar{\Pi}_{(h'k)} \quad (\text{для всех пар } (k'k)). \quad (6)$$

Пропускная способность каждого железнодорожного узла должна быть достаточной для обеспечения внутрирайонных перевозок и транзитных грузопотоков:

$$\begin{aligned} & \sum_{r \in R_2} \tilde{\Pi}_k^r \tilde{z}_k^r - \sum_{i, n'} x_{ihn'} - \sum_{i, h'} \bar{x}_{ihn} = \\ & = \sum_{k'} (\Pi_{(kk')} + \bar{\Pi}_{(k'h)}) \quad (\text{для всех } (kk')), \end{aligned} \quad (7)$$

$$\sum_{r \in R_1} z_{(hk')}^r \leq 1 \quad \text{при } z_{hk'}^r = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad (\text{для всех } (kk')), \quad (8)$$

$$\sum_{r \in R_1} \tilde{z}_h^r \leq 1 \quad \text{при } \tilde{z}_h^r = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad (\text{для всех } k). \quad (9)$$

Здесь $\Pi_{(hk')}^r$ — пропускная способность участка (kk') при r -м варианте его функционирования;

$z_{hk'}^r$ — интенсивность r -го варианта функционирования участка (kk') межареальной транспортной сети;

$\Pi_{(hk')}$, $\bar{\Pi}_{(h'k)}$ — объемы транзитных перевозок по участку (kk') и $(k'k)$;

R_1 — подмножество вариантов развития и функционирования участков магистральной транспортной сети;

\tilde{P}_k^r — пропускная способность k -го железнодорожного узла при r -м варианте его развития;

\tilde{z}_k^r — интенсивность функционирования k -го железнодорожного узла при r -м варианте его мощности;

R_2 — подмножество вариантов развития железнодорожных узлов.

Введение в модель железнодорожных узлов как самостоятельных объектов исследования дает возможность более полно учесть взаимосвязи транспорта с производством не только при осуществлении производственно-транспортных связей, но и по линии совместного использования отдельных ресурсов (трудовых, земельных, электроэнергии и т. п.).

При решении задач методами линейного программирования условия (8) и (9) в таком виде не реализуются: выполняется только первая часть каждого условия. Более того, для переменных $z_{(kk')}^r$ и \tilde{z}_k^r характерно снижение удельных показателей затрат при переходе к вариантам с большими пропускными способностями. В результате экономическое преимущество последнего варианта постоянно, он при любых ситуациях будет включаться в оптимальный план с интенсивностью от 0 до 1, причем первая часть условий (8) и (9) не нарушается. Этот вывод при минимизации суммарных затрат является следствием вогнутости функции суммарных затрат, выпуклости функции удельных затрат и того, что вторая часть условий (8) и (9) при использовании методов линейного программирования воспринимается как $0 \leq z_{(kk')}^r \leq 1$ и $0 \leq \tilde{z}_k^r \leq 1$. Таким образом, пропускную способность любого искомого варианта можно представить как линейную комбинацию крайних вариантов (один из которых нулевой). В связи с этим при оптимизации выбор того или иного варианта осуществляется при заниженных удельных затратах.

В результате принятия такого варианта к реализации всегда будет иметь место отрицательная разность оптимальных и фактических (при которых вариант должен был включаться в план) суммарных затрат, т. е. возникнет вопрос о дополнительном привлечении средств. Поэтому строгое требование минимизации суммарных затрат на множестве переменных $z_{(kk')}^r$ и \tilde{z}_k^r в неявной форме мы заменяем условием: выбрать такие $r \in R_1, R_2$, при которых $f^0(z_{(kk')}^r) \geq f(z_{(kk')}^r)$ и $f^0(\tilde{z}_k^r) \geq f(\tilde{z}_k^r)$, где $f(z_{(kk')}^r)$ — предполагаемые (необходимые) суммарные затраты при функционировании участка (kk') по варианту r (такой же смысл имеют $f(\tilde{z}_k^r)$ для узла); $f^0(z_{(kk')}^r)$, $f^0(\tilde{z}_k^r)$ — суммарные затраты при функционировании участка (kk') (узла k) по r -му варианту в оптимальном плане.

Чтобы обеспечить необходимое условие выполнения такой ситуации, крайний нулевой вариант должен быть исключен из состава

ва комбинирующих вариантов. Для этого в качестве крайнего введем в модель $z_{(kk')}, \tilde{z}_k$, для которых $\Pi_{(kk')}^1 = \max \Pi_{(kk')}, \bar{\Pi}_{(k'k)}, \bar{\Pi}_k^1 = \sum_{k'} (\Pi_{(kk')} + \bar{\Pi}_{(k'k)})$.

В силу неделимости объекта удельные затраты для такого варианта принимаются на уровне следующего за ним варианта. Теперь, в соответствии с условиями (5)–(7), условия (8) и (9) принимают вид строгих равенств:

$$\sum_{r \in R_1} z_{(kk')}^r = 1 \quad (\text{для всех } (kk')_r \text{ при } k \neq k'), \quad (8a)$$

$$\sum_{r \in R_2} \tilde{z}_k^r = 1 \quad (\text{для всех } k). \quad (9a)$$

Условия (8a) и (9a) при минимизации суммарных затрат обеспечивают включение в план любой переменной $z_{(kk')}^r$ (\tilde{z}_k^r) как линейной комбинации максимального и минимального варианта. Конечно, упомянутая выше разница в затратах сокращается по абсолютной величине, но знак ее сохраняется. В такой ситуации отсутствует гарантия того, что этот вариант отвечает минимуму суммарных затрат в целом.

Значительно упрощается обоснование такого утверждения, когда фактические затраты не больше тех, при которых вариант принадлежит оптимальному плану. Для этого нужны изменения в исходной информации по вариантам и в представлении множества самих вариантов. В модель включаются только крайние варианты каждого из множеств R_1 и R_2 . Остальные в явном виде в модели отсутствуют. Информация по ним используется для корректировки коэффициентов целевой функции учитываемых вариантов.

Покажем это на примере одного объекта. Пусть $A_1, A_2, \dots, \dots, A_p, \dots, A_r$ — мощности одного объекта по вариантам $f(A_1), f(A_2), \dots, f(A_p), \dots, f(A_r)$ — полные затраты, связанные с созданием и функционированием объекта при определенной его мощности. Для этих показателей по вариантам определены следующие соотношения:

$$\begin{aligned} A_1 &< A_2 < \dots < A_p < \dots < A_r; \\ f(A_1) &< f(A_2) < \dots < f(A_p) < \dots < f(A_r); \\ \frac{f(A_1)}{A_1} &> \frac{f(A_2)}{A_2} > \dots > \frac{f(A_p)}{A_p} > \dots > \frac{f(A_r)}{A_r}. \end{aligned}$$

Перед нами стоит задача выбрать вариант, отвечающий минимальным суммарным затратам.

В качестве переменных здесь выступают z_r — интенсивность функционирования объекта при r -м варианте его мощности. В реально моделируемой экономической системе множество $\{A_r\}$ дискретно. Используемый математический аппарат линейного про-

граммирования не позволяет получать целые z_r . Пусть необходимая мощность объекта сложилась в масштабе A^0 , причем $A^0 = A_p$. Рассмотрим, какие затраты сформируются для этой мощности. Согласно проведенным выше рассуждениям, решается довольно простая система уравнений:

$$A_1 z_1 + A_r z_r = A_p; z_1 + z_r = 1,$$

отсюда

$$z_1 = \frac{A_r - A_p}{A_r - A_1}; z_2 = \frac{A_p - A_1}{A_r - A_1}.$$

Тогда прямым пересчетом получаем:

$$f^0(A_p) = \frac{A_r - A_p}{A_r - A_1} f(A_1) + \frac{A_p - A_1}{A_r - A_1} f(A_r).$$

По определению вогнутой функции, для любой мощности объекта A_p имеет место соотношение

$$f(A_p) = f\left(\frac{A_r - A_p}{A_r - A_1} A_1 + \frac{A_p - A_1}{A_r - A_1} A_r\right) > \frac{A_r - A_p}{A_r - A_1} f(A_1) + \frac{A_p - A_1}{A_r - A_1} f(A_r) = f^0(A_p),$$

т. е. $f(A_p) > f^0(A_p)$.

Таким образом, при выборе любого варианта мощности отклонение полученных суммарных затрат от фактических составляет $f(A_p) - f^0(A_p) > 0$, кроме крайних вариантов, для которых оно нулевое. В связи с этим принадлежность этого варианта мощности оптимальному плану сомнительна, а его реализация приведет к увеличению минимальных суммарных затрат. Для того чтобы реализация любого варианта по крайней мере не увеличивала суммарного минимума, достаточно откорректировать затраты по крайним вариантам на величину $\max_r [f(A_r) - f^0(A_r)]$.

Пусть $\max_r [f(A_r) - f^0(A_r)]$ достигается при варианте мощности A_p . Тогда для любого варианта k имеем:

$$f^0(A_k) = \frac{A_r - A_k}{A_r - A_1} \left[f(A_1) + f(A_p) - f^0(A_p) \right] + \frac{A_k - A_1}{A_r - A_1} \left[f(A_k) + f(A_p) - f^0(A_p) \right] = f(A_k) + \left[f(A_p) - f^0(A_p) \right] > f(A_k).$$

Нетрудно доказать, что в случае выбора варианта A_p имеем $f^0(A_p) = f(A_p)$.

Решение, полученное при таком учете крайних вариантов, можно трактовать следующим образом: если вариант принадлежит

оптимальному плану, то снижение затрат по нему не исключает его из плана.

Таким образом, при построении вариантов пропускной способности магистральных участков и узлов в модель включаются только крайние их варианты, а информация по остальным используется для корректировки показателей по первым. Естественно, что это оправдано только из-за отсутствия программ, реализующих экономические задачи большой размерности в целочисленной постановке. Такое представление эффективно только для тех объектов, для которых какой-то исходный вариант мощности очевиден уже на стадии постановки задачи.

Таким образом, влияние транспортного фактора на формирование оптимальной схемы размещения учитывается в модели через систему условий (5)–(9). Выбор варианта пропускной способности участка железнодорожной магистрали и узла определяется соотношениями их показателей (технологических связей) с вариантами других объектов исследования модели, а их интенсивность (при фиксированных транзитных потоках) — переменными $x_{ikh'}$

и $x_{ih'h}$.

Большое влияние на размещение производств в районе оказывает энергетический фактор. При этом важным моментом является сравнение режимов работы источников электроэнергии и потребителей. Специфика электроэнергии как ресурса (момент производства совпадает с моментом потребления, невозможность складирования) и функционирования всех электростанций района как объединенной энергосистемы (возможность передачи электроэнергии на большие расстояния) определила характер учета этого фактора в модели. ОЭС представлена энергоузлами, каждый из которых является объединением электростанций одного или нескольких ареалов. Такие объединения однозначны и фиксируются на стадии постановки задачи. Связь между узлами осуществляется с помощью системы линий электропередач (ЛЭП), причем в данной модели мы имеем дело с магистральными ЛЭП. Для каждой ЛЭП предусматривается возможность обеспечения потоков мощности и электроэнергии в двух направлениях. Взаимосвязь оптимизируемых производств и генерирующих элементов ОЭС (а точнее, энергоузлов) обеспечивается в модели следующими условиями.

Для каждого энергоузла с учетом связей его с другими узлами должно быть обеспечено соответствие генерирующих и потребляющих мощностей:

$$\begin{aligned} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} v_{mqt} - \sum_{h \in K_{\Phi}} \sum_t \sum_j f_{jt} x_{jh} - \sum_{\substack{(hh') \\ \text{при } h \in K_{\Phi}}} \sum_{r \in R_1} \sum_t f_{(hh')}^r z_{(hh')}^r - \\ - \sum_{h \in K_{\Phi}} \sum_t \sum_{r \in R_1} f_{ht}^r z_h^r - \sum_t \sum_{\nu \in K_{\Phi}} \bar{f}_{t\nu} z_{\nu} - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \sum_t \sum_{h \in \bar{K}_\varphi} f_t \gamma (x_h^{\text{п.п}} + x_h^{\text{п.3}} + \bar{x}_h^{\text{п.п}} + \bar{x}_h^{\text{п.3}} + \tilde{x}_h^{\text{п.п}} + \tilde{x}_h^{\text{п.3}}) - \\
& - \sum_t \sum_{h \in \bar{K}_\varphi} \sum_l \sum_{r \in R_s} f_{ihl} \tilde{y}_{hl}^r + \sum_{\varphi'} \bar{w}_{\varphi' \varphi} - \sum_{\varphi'} v_{\varphi \varphi'} w_{\varphi \varphi'} \geq \tilde{N}_\varphi. \quad (10)
\end{aligned}$$

Для каждого энергоузла с учетом его связей количество вырабатываемой суммарной электроэнергии должно определяться в соответствии с потребностями оптимизируемых и неучитываемых объектов производства и инфраструктуры:

$$\begin{aligned}
& \sum_m \sum_t h_t v_{m \varphi t} - \sum_{h \in \bar{K}_\varphi} \sum_j \partial_j x_{ih} - \sum_{(hk')} \sum_{r \in R_1} \partial_{(hk')t} z_{(hk')}^r - \\
& - \sum_{h \in \bar{K}_\varphi} \sum_{r \in R_2} \bar{\partial}_h^r z_h^r - \bar{\partial} \sum_v \sum_{h \in \bar{K}_\varphi} \bar{z}_{vh} - \\
& - \Pi \gamma \sum_{h \in \bar{K}_\varphi} (x_h^{\text{п.п}} + x_h^{\text{п.3}} + \bar{x}_h^{\text{п.п}} + \bar{x}_h^{\text{п.3}} + \tilde{x}_h^{\text{п.п}} + \tilde{x}_h^{\text{п.3}}) - \\
& - \sum_{h \in \bar{K}_\varphi} \sum_l \sum_{r \in R_s} \partial_{ihl} \tilde{y}_{hl}^r + \sum_{\varphi'} \bar{u}_{\varphi' \varphi} - \sum_{\varphi'} v_{\varphi \varphi'} u_{\varphi \varphi'} \geq E_\varphi. \quad (11)
\end{aligned}$$

В объединенной энергосистеме района должен соблюдаться годовой график нагрузки по мощности в пиковом и базисном режимах:

$$\begin{aligned}
& \sum_m \sum_\varphi v_{m \varphi t} - \sum_j \sum_{h \in K} f_{jt} x_{jh} - \sum_{(hk')} \sum_{r \in R_1} f_{(hk')t}^r z_{(hk')}^r - \sum_{h \in K} \sum_{r \in R_2} \tilde{f}_{ht}^r z_h^r - \\
& - \sum_v \sum_{h \in K} \tilde{f}_t \bar{z}_{vh} - \sum_{h \in K} f_t \gamma (x_h^{\text{п.п}} + x_h^{\text{п.3}} + \bar{x}_h^{\text{п.п}} + \bar{x}_h^{\text{п.3}} + \tilde{x}_h^{\text{п.п}} + \tilde{x}_h^{\text{п.3}}) - \\
& - \sum_{h \in K} \sum_l \sum_{r \in R_s} f_{ihl} \tilde{y}_{hl}^r - \sum_n \sum_{r \in R_s} \tilde{f}_{nt}^r y_n^r \geq N_t. \quad (12)
\end{aligned}$$

Здесь $v_{m \varphi t}$ — мощность электростанции m энергоузла φ , функционирующей в режиме t ($t = 1$ — пиковом, $t = 2$ — базисном); h_t — годовое число часов использования мощности энергосточника;

$f_{jt}(\partial_j)$ — показатель электрической мощности, необходимой для j -го производства при t -м режиме его функционирования (то же по суммарной электроэнергии);

$f_{(hk')t}^r(\partial_{(hk')t}^r)$ — показатель электрической мощности (электроэнергии), необходимой для функционирования магистрального транспортного участка (hk') по r -му варианту при t -м режиме электропотребления;

$\tilde{f}_{kt}^r(\tilde{\mathcal{E}}_k^r)$ — показатель электрической мощности (электроэнергии), необходимой для функционирования k -го железнодорожного узла по r -му варианту при t -м режиме электропотребления;

$\tilde{f}_t(\mathcal{E})$ — удельный коэффициент расхода электрической мощности (электроэнергии) в t -м режиме на выполнение строительно-монтажных работ;

\bar{z}_{vk} — объем строительно-монтажных работ, выполняемых базой v в ареале k ;

$f_t(\Pi)$ — удельный коэффициент потребления электрической мощности режима t (электроэнергии) населением;

γ — коэффициент перевода количества трудовых ресурсов в количество населения;

$x_k^{\text{пр}}$ и $x_k^{\text{п.з}}$ — количество местных трудовых ресурсов, вовлекаемых в производство в ареале k ;

$\tilde{x}_k^{\text{пр}}$ и $\tilde{x}_k^{\text{п.з}}$ — количество трудовых ресурсов, привлекаемых в ареал k для обеспечения производств;

$\tilde{x}_k^{\text{пр}}$ и $\tilde{x}_k^{\text{п.з}}$ — количество трудовых ресурсов, высвобождаемых из сельского хозяйства и вовлекаемых в производство в ареале k ;

$f_{kl}^r(\mathcal{E}_{kl}^r)$ — удельный коэффициент расхода электрической мощности режима t (электроэнергии) при производстве продукции пригородной зоны по r -му варианту в ареале k на l -й категории земли;

\tilde{y}_{kl} — объем выпуска продукции пригородной зоны по r -му варианту в ареале k при использовании l -й категории земли;

y_n^r — объем выпуска продукции сельского хозяйства в зоне n по варианту r ;

\tilde{f}_{nt}^r — удельный коэффициент расхода электрической мощности режима t при производстве продукции сельского хозяйства по варианту r в зоне n ;

$w_{\varphi\varphi'}$ ($\bar{w}_{\varphi\varphi'}$), $u_{\varphi\varphi'}$ ($\bar{u}_{\varphi\varphi'}$) — соответственно перетоки мощности (электроэнергии) между энергоузлами φ и φ' ;

$v_{\varphi\varphi'}$ — удельный коэффициент потерь мощности (электроэнергии) при передаче ее по ЛЭП $\varphi\varphi'$;

$\tilde{N}_{\varphi}(E_{\varphi})$ — электрическая мощность (электроэнергия), необходимая для не учитываемых в модели объектов производства и инфраструктуры энергоузла φ ;

N_t — электрическая мощность, необходимая для не учитываемых в модели объектов производства и инфраструктуры при t -м режиме электропитания.

Введение в модель двух видов балансов (по мощности и электроэнергии) для каждого узла позволяет сопоставлять режимы работы электростанций, с одной стороны, и потребителей — с другой (особенно энергоемких), т. е. условия (10)—(12) необходимы

для учета прямых и обратных связей между функционированием и размещением новых производств на территории района ⁴³.

Для каждой электростанции в модели рассматриваются возможные варианты функционирования, различающиеся по годовому числу часов использования ее мощности. Постановкой задачи предполагается, что в оптимальный план может быть включена любая совокупность заданных вариантов по каждой станции в пределах максимально возможной мощности. Такое ограничение устанавливается для существующих тепловых станций и ГЭС. В модели это отражается условием

$$\sum_{\phi} v_{m\phi t} \leq N_{m\phi} \quad (13)$$

где $N_{m\phi}$ — максимально возможная мощность электростанции m энергоузла ϕ .

Для тепловых станций условие (13) не включается, потому что ограничение по мощности для них формируется в процессе реализации модели исходя из требований охраны окружающей среды.

Для отображения технических возможностей функционирования новых ГЭС вводится ограничение по выработке электроэнергии, которое согласуется с показателями стока воды:

$$\sum_{\phi} h_{\phi} v_{m\phi t} \leq M_{m\phi}, \quad m \in Q_{13} \quad (14)$$

где $M_{m\phi}$ — максимально возможная выработка электроэнергии электростанцией m энергоузла ϕ ; Q — подмножество гидроэлектростанций.

Кроме того, для правильного формирования полных затрат по новым ГЭС в функционале линейной модели учитываются условия, обеспечивающие соотношения между пиковой и базисной мощностью,

$$v_{m\phi_1} - \bar{h}_{m\phi} v_{m\phi_2} \leq 0, \quad m \in Q_{13} \quad (15)$$

где $\bar{h}_{m\phi}$ — заданный коэффициент соотношения между пиковой и базисной мощностью электростанций m энергоузла ϕ .

Функционирование всей совокупности генерирующих объектов как объединенной энергосистемы района обеспечивается наличием сети линий электропередач, что отражается в модели следующей системой условий.

⁴³ При использовании описываемой модели для решения практических задач по Красноярскому краю условия (10) и (11) детализировались по режимам: предполагалось построение для каждого энергоузла балансов по пиковым и базисным мощностям и электроэнергии. Однако из анализа выходной информации оптимальных решений выяснилось, что такая детализация не оказывает большого влияния на результаты оптимизации из-за малой дифференциации затрат по режимам при производстве электроэнергии в условиях Объединенной энергосистемы Сибири.

Мощность каждой ЛЭП должна быть достаточной для обеспечения возможных перетоков мощности по ней:

$$w_{\varphi\varphi'} + \bar{w}_{\varphi'\varphi} - U_{\varphi\varphi'} = \bar{N}_{\varphi\varphi'} \quad (\text{для каждой пары } \varphi\varphi'). \quad (16)$$

Пропускная способность каждой ЛЭП должна быть достаточной для обеспечения возможных перетоков электроэнергии по ней:

$$u_{\varphi\varphi'} + \bar{u}_{\varphi'\varphi} - hU_{\varphi\varphi'} \leq \bar{M}_{\varphi\varphi'} \quad (\text{для каждой пары } \varphi\varphi'), \quad (17)$$

где $U_{\varphi\varphi'}$ — мощность ЛЭП ($\varphi\varphi'$); h — коэффициент соотношения пропускной способности ЛЭП по мощности и электроэнергии; $\bar{N}_{\varphi\varphi'}$ ($\bar{M}_{\varphi\varphi'}$) — максимально возможная мощность (пропускная способность) ЛЭП ($\varphi\varphi'$).

Посредством условий (10)—(17) проверяется обеспеченность каждого энергоузла собственной энергией при размещении здесь новых производств, определяется величина дефицита и способы его покрытия.

Большое влияние на выбор варианта пространственной структуры системы ТПК оказывают обеспеченность района трудовыми ресурсами и затраты, связанные с их привлечением и обустройством. Модифицированный вариант модели предполагает изменение учета трудовых затрат, что выражается в детализации той части критерия, который содержит затраты на обустройство и закрепление трудовых ресурсов по ареалам. В состав ее входят затраты на обеспечение населения сельскохозяйственной продукцией. Учет их на стадии подготовки исходной информации требует до решения задачи как-то агрегировано оценить возможности производства в ареале сельскохозяйственной продукции. В этой связи уже до решения задачи необходимо было оценить изъятие земель, пригодных для сельскохозяйственного производства, под промышленное и гражданское строительство. При этом конкуренция участков земли в разрезе их категорий (отношение к сельскохозяйственному производству), с одной стороны, и по целевому использованию — с другой, отражалась только через указанные оценки, что значительно затрудняло и обедняло анализ результатов решения. Кроме того, в модели не оптимизировались способы организации производства сельскохозяйственной продукции, что в конечном счете влияет на дифференциацию полных затрат, относящихся к обустройству населения по ареалам. Это особенно важно для районов Сибири, где наблюдается значительная дифференциация затрат не только по территории, но и в зависимости от способов организации производства.

В этой связи в качестве самостоятельных объектов исследования в модель вводятся производства продуктов питания сельским хозяйством, в том числе отдельно в пригородной зоне. Для формального представления в модели вектор набора, соответствующий

медико-биологическим нормам питания человека, сводится к двум наборам, один из которых (нетранспортабельные продукты) производится пригородной зоной, а другой — собственно сельским хозяйством. Каждый из наборов может быть получен различными технологическими способами (например, трудоемким и капиталоемким) и на землях разного плодородия, поэтому в модели земельные ресурсы ареала представлены категориями. Последний момент обеспечивает свободную «конкуренцию» претендентов на ту или иную категорию земли в ареале. При этом потребности промышленного и гражданского строительства в земельных ресурсах объединены в модели в одну группу. Разница в затратах на подготовку территории для этих целей отражена непосредственно в затратах по производственным способам и трудовым ресурсам, и в процессе оптимизации при целевом распределении земель участвует «чистый» показатель затрат, связанных с изъятием земель из сельского хозяйства. Категории земельных участков каждого ареала различаются, может быть, не столько затратами на подготовку к промышленному и гражданскому строительству, сколько различными показателями своей ценности для пригородной зоны, а отсюда и разным отношением к промышленному и гражданскому освоению.

Что касается сельского хозяйства, то данная модель учитывает лишь затраты, связанные с обеспечением населения (в случае размещения новых производств) сельскохозяйственной продукцией. Модель отвечает на вопрос, что требуется от сельского хозяйства при том или ином варианте пространственной структуры системы ТПК, который, в свою очередь, формировался с учетом дифференцированных по территории района возможностей самого сельского хозяйства. Такой учет сельского хозяйства правомерен в рамках действия группы моделей оптимизации структуры хозяйства района, которая предполагает использование модели производственной и пространственной структуры регионального аграрно-промышленного комплекса.

Создание пригородной зоны рассматривается как обязательное следствие промышленного освоения ареала, и функции ее ограничиваются только потребностями этого ареала. В силу специфики продукции пригородной зоны в модели не предусматривается межареальный обмен.

В отличие от этого, предусматривается, что для обеспечения своей хозяйственной деятельности ареал не обязан иметь развитое сельское хозяйство. Кроме того, на таком уровне вряд ли имеет смысл детализировать учет сельского хозяйства в модели, а именно, представлять варианты его специализации по ареалам, различные возможные соотношения между элементами как самого сельскохозяйственного производства, так и производств, перерабатывающих его продукцию. Важно учесть дифференциацию затрат на производство сельскохозяйственной продукции по району. Поэтому при формализации условий обеспечения населения про-

дукцией сельского хозяйства предполагается деление района на зоны, которые обеспечивают не только нужды района, но и межрайонные связи.

Введение сельского хозяйства в модель как самостоятельного объекта исследования имеет и вторую особенность. В настоящее время эта та отрасль хозяйства, где наиболее чувствителен эффект от внедрения каких-то прогрессивных способов функционирования. Одним из основных компонент этого эффекта является сокращение живого труда, что особенно важно для районов Сибири, где напряженный баланс трудовых ресурсов и обустройство каждого человека требует больших вложений. Отсюда естественное стремление каждого сибирского региона к созданию и рациональному распределению собственного резерва трудовых ресурсов. В модель сельское хозяйство вводится двумя способами функционирования: трудоемким и капиталоемким, причем для последнего предусматривается возможность высвобождения трудовых ресурсов, которые могут быть направлены в промышленность и пригородную зону. Это осуществляется заданием трех источников обеспечения потребности каждого ареала в трудовых ресурсах: из резерва района, за счет ввоза (согласно межрайонному распределению) и за счет высвобождения трудовых ресурсов при переходе сельского хозяйства на капиталоемкий способ функционирования. Потребность ареала в трудовых ресурсах формируется в зависимости от размещаемых здесь производств, объемов транспортных и строительно-монтажных работ, масштабов развития пригородной зоны.

В модели это отражается следующими условиями.

Для каждого ареала должны выполняться условия обеспечения трудовыми ресурсами:

производств и элементов производственной инфраструктуры

$$x_k^{np} + \bar{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{np} - \sum_j T_j x_{jk} - \sum_r T_k^r \tilde{z}_k^r - \sum_v \tilde{T}_k \bar{z}_{vk} \geq 0 \quad (18)$$

пригородной зоны

$$x_k^{п.з} + \bar{x}_k^{п.з} + \tilde{x}_k^{п.з} - \sum_l \sum_{r \in R_s} T_{kl} y_{kl}^r \geq 0, \quad (19)$$

где x_k^{np} ($x_k^{п.з}$) — количество трудовых ресурсов из резерва района, занятых в промышленности (пригородном хозяйстве);

\bar{x}_k^{np} ($\bar{x}_k^{п.з}$) — количество трудовых ресурсов, привлекаемых из-за пределов района для обеспечения промышленности (пригородного хозяйства);

\tilde{x}_k^{np} ($\tilde{x}_k^{п.з}$) — количество трудовых ресурсов, высвобождаемых из сельского хозяйства и направляемых в промышленность (пригородное хозяйство);

T_j — количество трудовых ресурсов, необходимых для функционирования j -го производства;

T_k^r — количество трудовых ресурсов, необходимых для k -го узла при r -м варианте пропускной способности;

\bar{T}_k^r — удельная трудоемкость строительно-монтажных работ;

T_{kl}^r — удельная трудоемкость производства продукции пригородной зоны в ареале k на l -й категории земли при r -м варианте.

Создание пригородного сельского хозяйства в ареале пропорционально количеству населения. В модели же формируются приросты населения за счет размещения здесь новых производств. Поэтому масштабы развития пригородной зоны следует корректировать с учетом всего населения. Это осуществляется обязательным заданием в модели количества наборов продукции пригородного хозяйства для той части населения, которая образуется за счет неучитываемых объектов производства и инфраструктуры B_k .

Для каждого ареала предполагаются условия обязательного обеспечения его населения продукцией пригородного сельского хозяйства:

$$\sum_{r \in R_4} \sum_l y_{kl}^r - \gamma (x_k^{np} + \bar{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{np}) - \alpha \gamma (x_k^{п.з} + \bar{x}_k^{п.з} + \tilde{x}_k^{п.з}) \geq B_k \quad (20)$$

где α — поправочный коэффициент к набору продуктов питания для населения пригородной зоны, учитывающий личное подсобное хозяйство.

По такому же принципу строятся условия обязательного обеспечения населения продукцией сельского хозяйства. В качестве таксономической территориальной единицы при этом выступает зона — совокупность ареалов, достаточно близких по условиям развития сельского хозяйства. Объединение ареалов в зоны осуществляется на стадии подготовки исходной информации.

Для каждой зоны предполагаются условия обязательного обеспечения ее населения продукцией сельского хозяйства:

$$y_n^{сущ} + \sum_{r \in R_4} y_n^r - \gamma \sum_{k \in K_n} (x_k^{np} + \bar{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{np} + x_k^{п.з} + \bar{x}_k^{п.з} + \tilde{x}_k^{п.з}) + \sum_{n'} \bar{y}_{n'n} - \sum_{n'} \tilde{y}_{n'n} \geq \bar{B}_n \quad (21)$$

Сельское хозяйство района должно выполнять поставки в соответствии с межрайонными связями:

$$\sum_n y_n^{сущ} + \sum_n \sum_{r \in R_4} y_n^r - \gamma \sum_k (x_k^{np} + \bar{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{np} + x_k^{п.з} + \bar{x}_k^{п.з} + \tilde{x}_k^{п.з}) \geq \sum_n \bar{B}_n + B \quad (22)$$

Здесь B — задание на вывоз продукции сельского хозяйства из района;

$y_n^{\text{сущ}}$ — количество наборов продуктов, обеспечиваемое сельским хозяйством при существующем уровне развития;

y_n^r — количество наборов продуктов, обеспечиваемое приростом сельскохозяйственного производства по способу r ;

$\bar{y}_{n'n}(\bar{y}_{nn'})$ — поставки сельскохозяйственной продукции из зоны $n'(n)$ в зону $n(n')$;

\bar{B}_n — потребность в продукции сельского хозяйства не рассматриваемого в задаче населения.

Высвобождение трудовых ресурсов в сельском хозяйстве предусматривается за счет перевода последнего на капиталоемкий способ функционирования. Для этого в модель включаются следующие условия:

соответствия масштабов развития сельского хозяйства по существующему варианту и при переводе его на капиталоемкий способ

$$y_n^{\text{сущ}} - y_n \geq 0; \quad (23)$$

соответствия количества трудовых ресурсов, высвобождаемых из сельского хозяйства и вовлекаемых в производство

$$\sum_n a_n y_n - \sum_k (\bar{x}_k^{\text{пр}} + \bar{x}_k^{\text{п.з}}) \geq 0, \quad (24)$$

где y_n — количество наборов продуктов сельского хозяйства, производимых при переводе его на капиталоемкий способ функционирования в зоне n .

Эффективность размещения новых производств по ареалам района в значительной мере определяется наличием территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства, а также затратами на подготовку территории в соответствии с целевым использованием. При этом необходимо оценить изъятие земель, пригодных для сельскохозяйственного производства. В этом случае возникает удорожание сельскохозяйственного производства в ареале за счет перемещения его на худшие земли при снижении затрат на строительство промышленных объектов или наоборот. Эти моменты учитываются в модели посредством следующих условий.

Потребность в земельных ресурсах под промышленное и гражданское строительство должна удовлетворяться в любом из ареалов:

$$\sum_l u_{kl}^3 - \sum_j s_{jk} x_{jk} - \sum_v s_{kv} \bar{z}_{vk} - \bar{s}_k \gamma (\bar{x}_k^{\text{пр}} + \bar{x}_k^{\text{п.з}} + \bar{x}_k^{\text{пр}} + \bar{x}_k^{\text{п.з}} + \bar{x}_k^{\text{п.з}}) \geq 0 \quad (\text{для всех } k), \quad (25)$$

где u_{kl}^3 — количество земельных ресурсов l -й категории, исполь-

зубое в ареале k для промышленного и гражданского строительства;

s_{jk}, s_k, \bar{s}_k — количество земельных ресурсов, необходимое соответственно для строительства j -го производства, создания стройбазы единичной мощности, обустройства одного человека.

На выбор варианта схемы размещения новых производств большое влияние оказывают затраты на выполнение строительно-монтажных работ, осуществляемых различными строительными базами в различных ареалах. Мощности строительных баз, необходимые для обеспечения потребностей производства и населения в строительно-монтажных работах в каждом ареале, определяются через условия

$$\sum_v \bar{z}_{vk} - \sum_j \Pi_{jk} x_{jk} - \sum_{r,l} \Pi_{kl}^r y_{kl}^r - \gamma P_k (x_k^{np} + \bar{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{np} + x_k^{п.з} + \bar{x}_k^{п.з} + \tilde{x}_k^{п.з}) \geq 0 \quad (\text{для всех } k). \quad (26)$$

При этом учитывается конкуренция не только между отдельными потребителями в ареале, но и между ареалами по использованию ими мощностей строительных баз. В связи с этим в модели для каждой строительной базы предусматриваются варианты развития ее по мощности, выбор которых обеспечивается условиями

$$\sum_{r \in R_s} P_v^r z_v^r - \sum_{k \in K_v} \bar{z}_{vk} \geq 0; \quad (27)$$

$$\sum_{r \in R_s} z_v^r \leq 1 \quad \text{при } z_v^r = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}, \quad (28)$$

где $\Pi_{jk}, \Pi_{kl}^r, P_k$ — среднегодовые объемы строительно-монтажных работ, осуществляемых в ареале k , соответственно при создании производства j , пригородной сельскохозяйственной базы на l -й категории земли способом r и при обустройстве одного человека;

P_v^r — объем строительно-монтажных работ, выполняемых v -й базой при r -м варианте ее функционирования;

z_v^r — интенсивность функционирования r -го варианта строительной базы v .

При формализации условий функционирования строительных баз на территории района было принято допущение о равномерном распределении строительных работ на всем промежутке планируемого периода без детального учета сроков строительства всех объектов. Эти допущения оправданы построением линейной модели для решения поставленной задачи, когда результаты соответствуют концу планового периода. В секторе была предпринята попытка учета динамического аспекта создания и функционирования

ния строительных баз⁴⁴. В этом случае формулируется самостоятельная динамическая задача создания и функционирования строительных баз района и посредством итеративных расчетов корректируются в исходной модели затраты на выполнение строительно-монтажных работ в ареале. Тогда условия (26)—(28) исключаются, а соответствующие затраты включаются в производственные способы. При экспериментальных расчетах для одного ТПК такой способ учета дал хорошие результаты, а для системы ТПК требуется дополнительная проверка.

Таким образом, уравнения и неравенства (1)—(28) формализуют условия создания и функционирования системы ТПК экономического района. Выполнение их должно быть подчинено ограничениям, которые присущи любой экономической системе и которые включаются в модель.

Модели размещения производств, как правило, включают ограничения на мощность производственных объектов. В отличие от них, в предлагаемой модели такие ограничения вводятся только для объектов, занятых добычей сырья, развитие которых зависит от технологических возможностей:

$$x_{jk} \leq 1, \quad j \in J_3, \quad k \in K. \quad (29)$$

Для производств отраслей специализации и комплексирующих производств ограничивать концентрацию их мощностей нецелесообразно, поскольку в задаче решается вопрос о выборе ареала для их размещения, а не о конкретной площадке.

Постановка задачи по определению пространственной структуры хозяйства экономического района предполагает возможность ввоза из-за пределов района продукции комплексирующих производств и сырья. При этом объем поставок не должен превышать установленных лимитов:

$$\bar{x}_{ik} \leq d_{ik}, \quad i \in I_2 \cup I_3, \quad k \in K_1. \quad (30)$$

Условия (30) и (3) позволяют выявить эффективность создания комплексирующих производств и использования местных ресурсов в районе.

Конкуренция ареалов при выборе вариантов размещения новых производств на территории района особенно четко проявляется по линии распределения общерайонных ограниченных ресурсов между ними, например трудовых. В модель вводятся ограничения на количество трудовых ресурсов, составляющих резерв района, и ввозимых из-за пределов района:

$$\sum_k (x_k^{np} + x_k^{п.с}) + \sum_n \sum_r b_{nr}^r y_n^r \leq T^*; \quad (31)$$

⁴⁴ См.: Малов В. Ю. Анализ формирования пространственной структуры территориально-производственных комплексов. Автореферат канд. дис. Новосибирск, 1978.

$$\sum_{|k|} (\bar{x}_k^{np} + \bar{x}_k^{p.s}) \leq T, \quad (32)$$

где T^* — количество трудовых ресурсов, составляющих резерв района;

T — количество трудовых ресурсов, которые выделяются району в соответствии с межрайонным распределением.

Таким образом, при наличии условий (31), (32) сравниваются по затратам на привлечение, обустройство и закрепление трудовых ресурсов, с одной стороны, ареалы, а с другой — объекты промышленности, инфраструктуры, пригородной сельскохозяйственной базы в различных ареалах по показателям трудоемкости.

В модели рассматриваются три источника обеспечения новых производств трудовыми ресурсами: из резерва района, за счет ввоза из-за пределов района и за счет высвобождения из сельскохозяйственного производства. Если первые два явно ограничены в модели, то по третьему, для того чтобы правильно отразить факт высвобождения трудовых ресурсов из сельского хозяйства, необходимо ввести ограничение масштабов развития сельского хозяйства по существующему варианту:

$$y_n^{сущ} \leq A_n^{сущ}. \quad (33)$$

Кроме того, по сельскому хозяйству вводятся ограничения по возможному производству сельскохозяйственной продукции в каждой зоне⁴⁵:

$$y_n^{сущ} + \sum_r y_n^r \leq A_n. \quad (34)$$

В отличие от этого, масштабы развития пригородной сельскохозяйственной базы явно не ограничиваются. Ограничивается то количество земельных ресурсов каждой категории, которое используется под промышленное и гражданское строительство и занимает под пригородную зону:

$$u_{kl} + \sum_r s_{kl}^r y_{kl}^r \leq S_{kl}. \quad (35)$$

Условия (25) и (35) отражают конкуренцию потребителей при целевом распределении земельных ресурсов. Кроме того, они описывают некоторые мероприятия по охране окружающей среды при воздушных загрязнениях. Количественные показатели степени воздушных загрязнений при хозяйственной деятельности объекта выражаются через размеры санитарной зоны, необходимой для

⁴⁵ При включении ограничений (34) необходимо на стадии подготовки исходной информации проверять соответствие $\sum_n A_n$ максимально возможной потребности района в целом в наборах сельскохозяйственной продукции.

каждого объекта при конкретном его размещении, причем последние дифференцируются как в отраслевом разрезе, так и по территории в зависимости от климатических условий. В связи с этим размеры территорий, отводимых под санитарную зону, включаются в показатели s_{jh} , s_k и \bar{s}_k , которые формируют потребность в земельных ресурсах под промышленное и гражданское строительство.

Вторым важным моментом учета экологических последствий хозяйственной деятельности в каждом ареале являются водные (промышленные и бытовые) загрязнения. Для этого в модель вводятся два вида ограничений:

$$\sum_j \alpha_{jh} x_{jh} + \sum_v \alpha_h \bar{z}_{vh} + \bar{\alpha}_h \gamma (x_k^{np} + x_k^{n.3} + \bar{x}_k^{np} + \bar{x}_k^{n.3} + \tilde{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{n.3}) + \sum_r \sum_l \alpha_{kl}^r y_{kl}^r \leq W_h \quad (36)$$

— количество воды, используемое на промышленные и бытовые нужды с учетом необходимого по санитарным нормам разбавления, ограничено в каждом ареале;

$$\sum_j \bar{\beta}_j^p x_{jh} + \sum_v \bar{\beta}^p \bar{z}_{vh} + \bar{\beta}^p \gamma (x_k^{np} + x_k^{n.3} + \bar{x}_k^{np} + \bar{x}_k^{n.3} + \tilde{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{n.3}) + \sum_r \sum_l \hat{\beta}_l^{rp} y_{kl}^r \leq \beta_p \quad (37)$$

— показатели загрязнения водоисточника в каждом ареале не должны превышать предельно допустимых коэффициентов; при этом ограничения дифференцируются по видам загрязнений.

Когда группа ареалов обеспечивается водой одной реки, в модель вводятся условия, отражающие ограничения на суммарные накопления вредных веществ. В этом случае коэффициенты $\bar{\beta}_j^p$, $\bar{\beta}_l^p$, $\hat{\beta}_l^{rp}$ дифференцируются по ареалам в зависимости от расположения их относительно течения реки:

$$\sum_{k \in K_i} \left[\bar{\beta}_{jh}^p x_{jh} + \sum_v \bar{\beta}_h^p \bar{z}_{vh} + \hat{\beta}_k^p \gamma (x_k^{np} + x_k^{n.3} + \bar{x}_k^{np} + \bar{x}_k^{n.3} + \tilde{x}_k^{np} + \tilde{x}_k^{n.3}) + \sum_r \sum_l \bar{\beta}_k^{rp} y_{kl}^r \right] \leq \beta_p, \quad (38)$$

где α_{jh} , α_h , $\bar{\alpha}_h$, α_{kl}^r — показатели расхода воды соответственно j -м производством, строительной базой, населением и пригородной зоной в ареале k ;

$\bar{\beta}_j^p$, $\bar{\beta}^p$, $\hat{\beta}_l^{rp}$, $\bar{\beta}_{jh}^p$, $\bar{\beta}_h^p$, $\hat{\beta}_k^p$, $\bar{\beta}_k^{rp}$ — показатели источников загрязнения.

Сейчас в секторе ведутся исследования возможностей более полного учета природной среды в моделях ТПК⁴⁶. И если для од-

⁴⁶ Бурматова О. П. Охрана и воспроизводство природной среды в моделях ТПК. — «Изв. СО АН СССР», 1979, № 1. Сер. обществ. наук, вып. 1, с. 33—40.

ного ТПК подход разработан и решены практические задачи, то для системы ТПК необходимы другие варианты учета как самой природной среды, так и затрат по мероприятиям, направленным на охрану окружающей среды. Это обусловлено прежде всего выбором территориальной таксономической единицы исследования в модели, что не позволяет так же детально, как в модели отдельного ТПК, представить мероприятия по охране природной среды.

Множество вариантов пространственной структуры системы ТПК экономического района, описанное посредством математических уравнений и неравенств (1)—(38), обуславливается возможностями выбора:

- 1) ареала для каждого производства;
- 2) комбинации производств в каждом ареале;
- 3) вариантов обеспечения каждого производства сырьем и продукцией других производств, что сопряжено с выбором варианта пропускной способности каждого участка магистральной транспортной сети и пропускной способности каждого узла этой сети;
- 4) варианта обеспечения каждого ареала трудовыми ресурсами, для которых в свою очередь выбираются варианты обеспечения продукцией сельского хозяйства и пригородной базы;
- 5) варианта связи каждого ареала со строительными базами, для которых в то же время выбирается вариант мощности;
- 6) варианта обеспечения группы ареалов, принадлежащих одному энергоузлу, электроэнергией, что связано с выбором варианта режима работы каждой электростанции, варианта схемы линий электропередач (ЛЭП) и вариантов мощности каждой ЛЭП;
- 7) варианта распределения земельных ресурсов каждого ареала под промышленное и гражданское строительство и под пригородную зону.

Множество вариантов пространственной структуры системы ТПК экономического района определяется ограничениями по локальным ресурсам каждого ареала: земельным и водным; возможностям обеспечения производств сырьем и материалами; трудовым ресурсам района в целом, что выражается через ограничения на резерв трудовых ресурсов, лимиты на ввоз их из-за пределов района;

возможностям обеспечения населения продукцией сельского хозяйства, которые оцениваются по перспективам развития последнего;

- мощностям строительных баз, электростанций и ЛЭП;
- пропускным способностям участков и узлов магистральной транспортной сети;
- возможностям комбинаций производств в соответствии с экологическими требованиями к хозяйственной деятельности на территории каждого ареала.

Любой из вариантов пространственной структуры системы ТПК экономического района должен обеспечить выполнение основной цели района — задания по производству продукции отраслей спе-

циализации в соответствии со всесоюзным территориальным разделением труда и с учетом намечаемого уровня жизни населения. При таком требовании критерий выбора оптимального варианта заключается в минимизации суммарных приведенных затрат на формирование и функционирование всех элементов хозяйства экономического района. Приведем структуру этих затрат:

\bar{c}_{ik} — приведенные затраты на создание и функционирование j -го производства в k -м ареале;

\bar{c}_{ik} — приведенные затраты на производство i -го продукта за пределами района и транспортировку его в k -й приграничный ареал;

$\bar{c}_{ikh'}$, \bar{c}_{ikh} — удельные приведенные затраты на транспортировку i -го продукта из ареала $k(k')$ в ареал $k'(k)$;

$\hat{c}_{(kk')}^r$ — приведенные затраты на обеспечение r -го варианта развития и функционирования (kk') участка транспортной сети;

\bar{c}_k^r — приведенные затраты на обеспечение r -го варианта развития и функционирование k -го узла транспортной сети;

$\bar{c}_{m\phi t}$ — удельные приведенные затраты на создание мощности электростанции m энергоузла ϕ при функционировании ее в режиме t ;

$\bar{c}(c)$ — удельные затраты на переток мощности (на передачу электроэнергии) по ЛЭП;

$\bar{c}_{\phi\phi'}^{\text{нов}}$ — удельные приведенные затраты на создание мощности новой ЛЭП ($\phi\phi'$);

$\bar{c}_k^{\text{пр}}$ ($\bar{c}_k^{\text{п.з}}$) — удельные приведенные затраты на привлечение и обустройство трудовых ресурсов из резерва района и высвобождаемых из сельского хозяйства для промышленности (пригородной зоны);

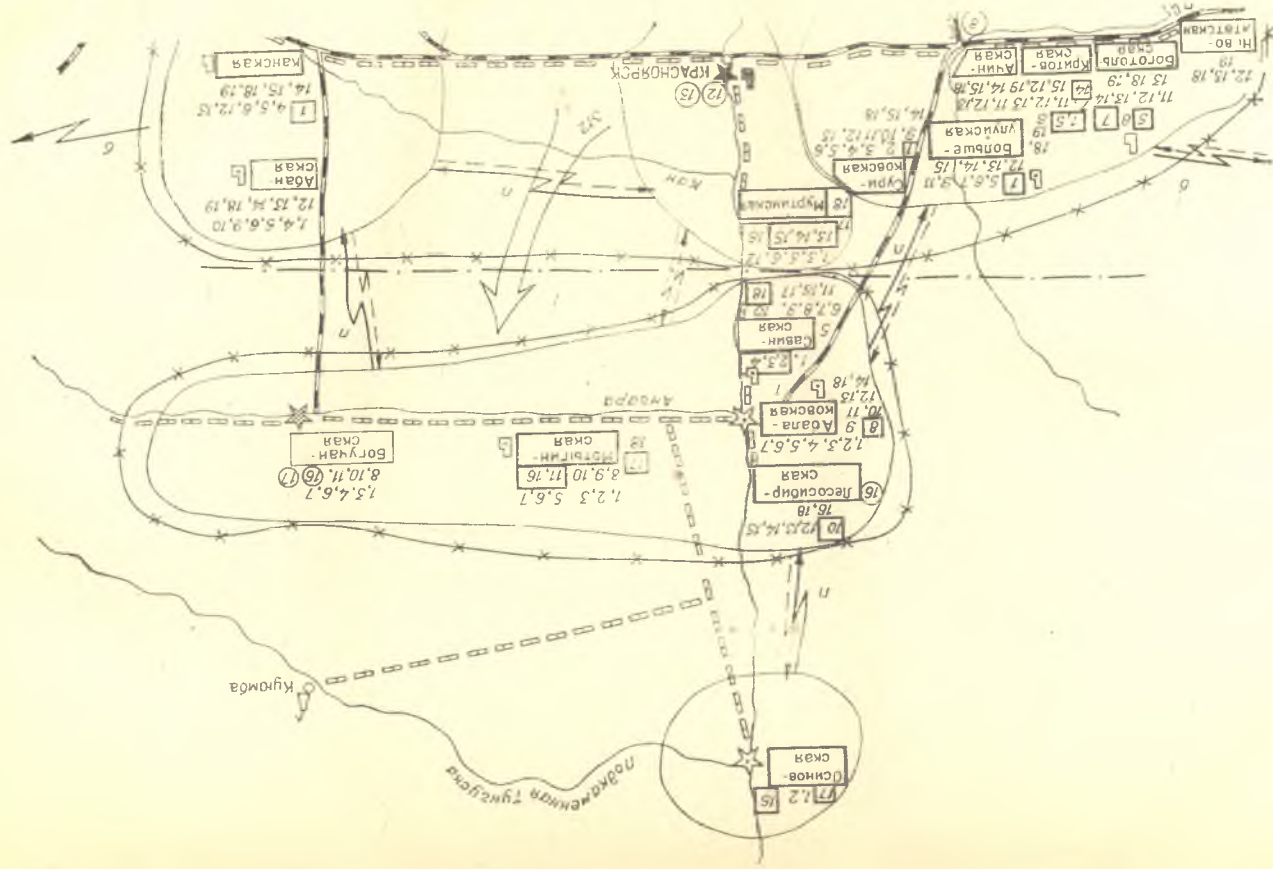
$\bar{c}_k^{\text{пр}}$ ($\bar{c}_k^{\text{п.з}}$) — удельные приведенные затраты на ввоз трудовых ресурсов из-за пределов района и на привлечение их для промышленности (пригородной зоны) и обустройства;

$\hat{c}_{kl}^{\text{п.з}}$ — удельные приведенные затраты на обеспечение одного человека набором продуктов питания, производимых пригородной зоной;

$d_n^{\text{сущ}}$ — удельные затраты на обеспечение одного человека набором продуктов питания, производимых сельским хозяйством в зоне n при существующем способе его функционирования;

d_n^r — удельные приведенные затраты на обеспечение одного человека набором продуктов питания, производимых сельским хозяйством при приросте масштабов его развития в зоне n по варианту r ;

d_n — удельные приведенные затраты на обеспечение одного человека набором продуктов питания, производимых сельским хозяйством в зоне n при переводе его существующего варианта на капиталоемкий способ;



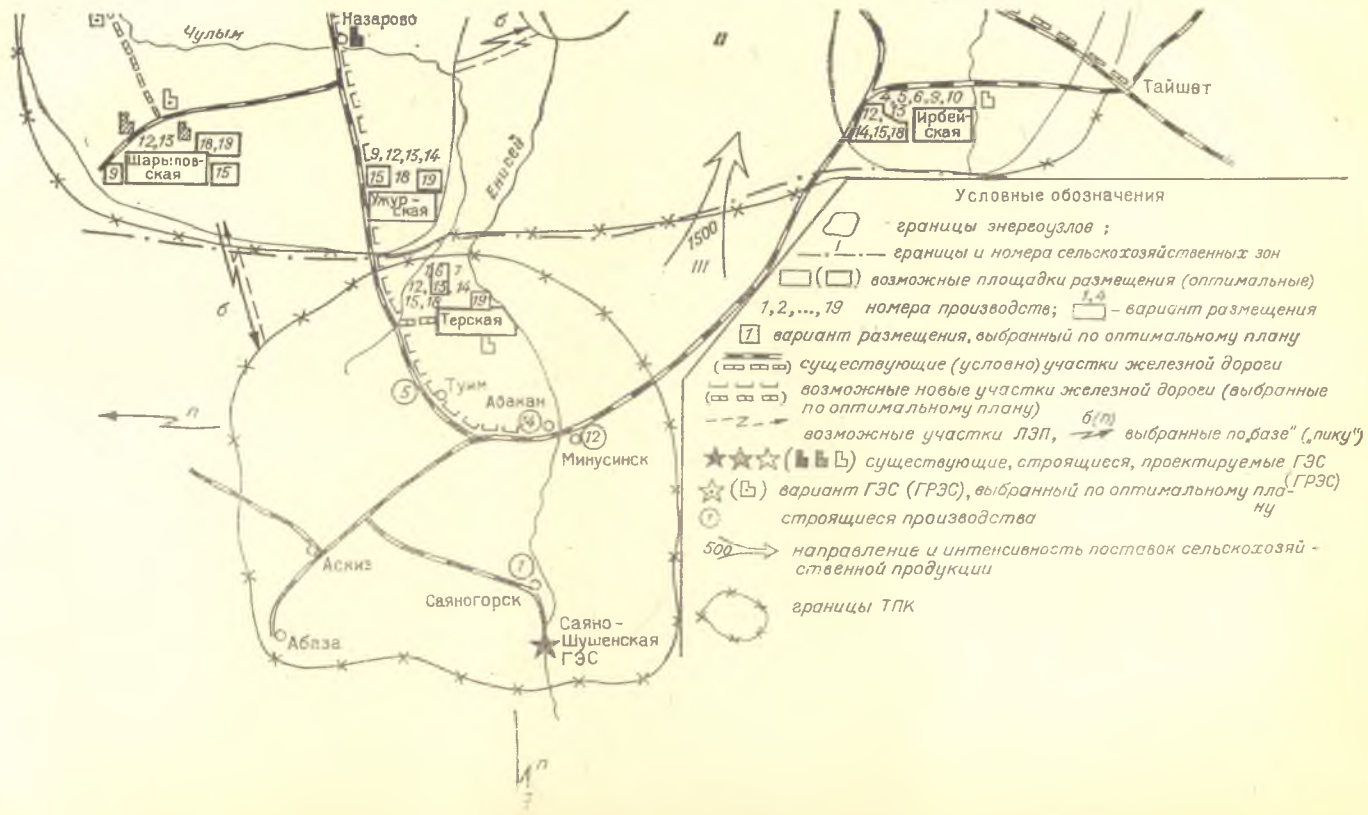


Схема 4.6. Система ТПК Красноярского края (по результатам решения).

$\bar{d}_{nn'}$ ($\bar{d}_{n'n}$) — приведенные затраты на транспортировку одного набора сельскохозяйственных продуктов из зоны n (n') в зону n' (n);

$c_{ki}^{\pi, \Gamma}$ — удельные приведенные затраты на освоение земельных ресурсов l -й категории в ареале k под промышленное и гражданское строительство;

$d_{vh}^{\sigma, \mu}$ — удельные приведенные затраты на выполнение строительно-монтажных работ базой v в ареале k ;

$\bar{d}_v^{rc, \mu}$ — удельные приведенные затраты на создание и функционирование v -й базы по варианту r .

В соответствии с приведенными обозначениями функционал модели имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in J} \sum_{k \in K} c_{jk} x_{jk} + \sum_{i \in I_2 \cup I_3} \sum_{k \in K_1} \bar{c}_{ik} \bar{x}_{ik} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K'} c_{ikh} x_{ikh'} + \\ & + \sum_{i \in I} \sum_{k' \in K'} \bar{c}_{ik'h'} \bar{x}_{ik'h'} + \sum_{r \in R_1} \sum_{k \in K'} \hat{c}_{(kk')^r} z_{(kk')^r}^r + \sum_{r \in R_2} \sum_{k \in K} \tilde{c}_k^r z_k^r + \\ & + \sum_m \sum_{\varphi} \sum_t \tilde{c}_{m\varphi t} U_{m\varphi t} + \sum_{\varphi\varphi'} c(w_{\varphi\varphi'} + \bar{w}_{\varphi'\varphi}) + \sum_{\varphi\varphi'} \bar{c}(u_{\varphi\varphi'} + \bar{u}_{\varphi'\varphi}) + \\ & + \sum_{\varphi\varphi'} c_{\varphi\varphi'}^{\text{НОП}} U_{\varphi\varphi'} + \sum_{h \in K} c_h^{\text{НОП}} (x_h^{\text{НОП}} + \bar{x}_h^{\text{НОП}}) + \sum_{h \in K} c_h^{\text{П.З}} (x_h^{\text{П.З}} + \bar{x}_h^{\text{П.З}}) + \\ & + \sum_{h \in K} (\bar{c}_h^{\text{НОП}} \bar{x}_h^{\text{НОП}} + \bar{c}_h^{\text{П.З}} \bar{x}_h^{\text{П.З}}) + \sum_l \sum_{r \in K} \sum_{r \in R_3} c_{hl}^{r, \text{П.З}} y_{hl}^r + \sum_n d_n^{\text{СУЩ}} y_n^{\text{СУЩ}} + \\ & + \sum_n \left(\sum_{r \in R_4} \bar{d}_n^r y_n^r + d_n y_n \right) + \sum_{nn'} \bar{d}_{nn'} y_{nn'} + \sum_{n'n} \bar{d}_{n'n} y_{n'n} + \\ & + \sum_{k \in K} \sum_l c_{ki}^{\pi, \Gamma} u_{ki}^{\pi} + \sum_v \sum_h \bar{d}_{vh} z_{vh} + \sum_v \sum_{r \in R_5} \bar{d}_v^r z_v^r = \min. \quad (39) \end{aligned}$$

Описанная выше модель была использована для решения практических задач по Ангаро-Енисейскому региону в целом, Красноярскому краю и Иркутской области. В результате решения были выявлена система ТПК исследуемой территории, производственная специализация каждого комплекса, состав, масштабы развития и размещения всех объектов отраслей специализации и элементов производственной инфраструктуры, масштабы развития элементов социальной инфраструктуры, связи ТПК со строительными базами, энергоузлами и базами производства продуктов пригородного сельского хозяйства, уточнены затраты на создание ТПК⁴⁷. Результат решения задачи по системе ТПК Красноярского края, в которой рассматривалась проблема выбора варианта размещения 25 предприятий основных отраслей промышленности края в пределах 19 возможных ареалов, представлен на схеме 4.5.

⁴⁷ Подробное изложение постановки задачи и результатов решения см.: Формирование территориально-производственных комплексов Ангаро-Енисейского региона. Новосибирск, «Наука», 1975. 173 с.; Методы анализа и модели структуры территориально-производственных комплексов. Новосибирск, «Наука» 1979. 310 с.