

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА И ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

ЧАСТЬ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОБЩИЙ ПОДХОД К ЕЕ РЕШЕНИЮ

© 2017 г. Э.И. Позамантирⁱ

Аннотация. В статье приведена модель динамического межотраслевого баланса, которая включает удельные транспортные наценки, но не учитывает возможности их изменения в зависимости от выбираемых объемов производства и потребления продуктов. Такая зависимость определяется тем, что при изменении объемов производства и потребления может изменяться их размещение по территории страны, а следовательно, и определяемая размещением производства и потребления средняя дальность перевозок, которая, в свою очередь, влияет на величину удельных транспортных наценок. Кроме того, в модели МОБ определяются лишь целесообразные, обеспеченные источниками финансирования объемы инвестиций в инфраструктуру транспорта, но необходимо еще определить состав конкретных территориально фиксированных объектов инфраструктуры, которые должны быть реконструированы или построены заново. Для получения указанных недостающих показателей разработана система моделей, в которой модель МОБ и модель выбора территориального размещения производства взаимосвязаны. Из модели МОБ в модель размещения производства передаются суммарные по стране объемы производства и потребления продуктов и объемы инвестиций, а в задаче размещения эти суммарные величины распределяются по территории страны так, чтобы минимизировать суммарные затраты на производство продукции и ее транспортировку. В обратном направлении передаются определяемые выбранным размещением значения средней дальности перевозок, а также перечень транспортных объектов, пропускная способность которых должна быть увеличена для реализации выбранного размещения. Показано, что задача выбора размещения производства и потребления продуктов представляет собой задачу линейного программирования чрезвычайно большой размерности, однако она имеет специальную блочную структуру, позволяющую организовать эффективный вычислительный процесс. Уравнения, связывающие между собой отдельные блоки, подразделяются на части, соответствующие каждому блоку, путем введения дополнительных переменных, значения которых итеративно улучшаются на основе использования двойственных оценок ограничений блоков. Предусмотрены верификация и калибровка модели путем выполнения расчетов по данным отчетного периода и сопоставления полученных результатов с отчетными.

Ключевые слова: объем выпуска продукции; территориальное размещение; расчетная транспортная сеть; узлы и участки сети; объемы отправления и прибытия в узле; многоуровневое блочное линейное программирование

Классификация JEL: C02, C31, C68, E17, L91, L92.

ВВЕДЕНИЕ

История исследований межотраслевых взаимодействий и межотраслевых балансов насчитывает несколько десятилетий (Леонтьев, 1925; Макаров, Бахтизин, Сулакшин, 2007; Dietzenbacher, 2013; Позамантир, 2014). Столь же давнюю историю имеют исследования размещения предприятий, специализированных на выпуске одного или нескольких видов продукции, обычно связанных между собой общностью используемых технологических процессов (Бирман, Минц, 1963; Гранберг и др., 1989; Гонтарь, 2013). В обоих этих классах задач транспорт учитывался, но

ⁱЭльмар Ильич Позамантир — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление», Институт системного анализа Российской академии наук, Москва; e.pozamantir@yandex.ru.

с принципиально различных методологических позиций, взаимосвязь этих задач не была объектом специального исследования.

В задачах межотраслевого баланса транспорт если и рассматривался, то как производство одного из видов услуг. Методология формирования строки и столбца «Транспорт» матрицы коэффициентов прямых затрат принципиально не отличалась от формирования элементов этой матрицы, относящихся к другим видам продукции.

В задачах выбора размещения производства товаров транспорт учитывался с той или иной степенью детализации описания его реальной сетевой структуры. Это позволяло учесть различия величины затрат на транспортировку продукции от производителей к ее потребителям при различном территориальном размещении пунктов и объемов производства и потребления рассматриваемого вида товара. Для некоторых (обычно — сырьевых) видов товаров различия затрат на транспортировку продукции часто было одним из решающих факторов выбора размещения производства и потребления этого товара.

Раздельное рассмотрение двух указанных классов задач сужает возможности использования результатов их решения.

В задаче межотраслевого баланса (МОБ) объемы производства видов продуктов определяются для страны в целом. Изменение суммарного по стране объема производства часто связано с изменением его относительного территориального распределения, которое, в свою очередь, может повлечь за собой соответствующее изменение коэффициентов прямых затрат транспортной продукции как на доставку готовой продукции потребителям, так и на доставку товаров, используемых в производстве продукции. Кроме того, в рамках задачи МОБ можно определить лишь общий по стране требуемый объем транспортной работы, в то время как возможности транспорта выполнить требуемый объем работы территориально фиксированы и в большинстве случаев не взаимозаменяемы в территориальном разрезе.

В задаче размещения производства должны быть экзогенно заданы суммарные по стране объемы потребления и производства некоторого однородного товара, а также верхние границы возможных объемов производства и потребления товара в каждом из пунктов (районов) территории. Часто рассматривается и такая постановка задачи, при которой экзогенно заданы только верхние границы возможных объемов производства в каждом из пунктов территории и однозначно фиксированные в каждом пункте объемы потребления. Искомое размещение объемов производства определяется как суммарный объем поставок товара потребителям, прикрепленным к поставщику, расположенному в каждом конкретном пункте. Слабым местом указанной постановки задачи размещения производства является затруднительность объективного обоснования принимаемых значений суммарных по стране объемов производства и/или потребления самостоятельно для каждого товара. Еще более значимым недостатком рассмотренного подхода к выбору размещения производства является раздельное и независимое решение задачи самостоятельно для каждого вида товаров. В действительности искомый объем производства некоторого товара в отдельном пункте в значительной мере предопределяет необходимый объем потребления в этом пункте многих других товаров — тех, которые используются в производстве рассматриваемого товара, а в задаче размещения производства объемы потребления разных товаров задаются независимо от искомых объемов производства других товаров.

В последние два десятилетия активно разрабатываются модели балансирования выпусков и потребления продукции одновременно в межотраслевом и межрегиональном разрезе (Аганбегян и др., 2007; Мелентьев, 2014; Широ, 2015; Tobben, Kronenberg, 2015). Обычно главной целью такого развития модели МОБ является стремление более точно учесть региональные особенности условий производства, в том числе ограниченность регионально фиксированных ресурсов. Однако при этом возникает необходимость определения межрегиональных потоков продукции. Стандартную процедуру поиска прикрепления потребителей продукции к поставщикам на основе минимизации затрат на транспорт при этом, как правило, использовать не удастся вследствие неопределенности понятия «расстояние между регионами» из-за слишком больших географических размеров регионов. Например, в модели для России в качестве регионов рассматривались федеральные округа с выделением нескольких отдельных субъектов Федерации. Препятствует применению стандартной процедуры и принятый в модели МОБ уровень

агрегации видов товаров, не позволяющий рассматривать отдельную позицию МОБ как однородный, с точки зрения потребителя, товар. Для определения объема транспортной работы часто используются различного рода эконометрические модели, не дающие, однако, достаточной информации о загрузке и необходимости развития территориально фиксированных элементов транспортной системы.

В статье предлагается подход к учету пространственного фактора в модели МОБ, основанный не на совмещении межотраслевого и межрегионального балансирования, а на формировании иерархической системы моделей, в которой модель МОБ играет роль интегратора, а модель размещения производства детализирует в территориальном разрезе результаты, полученные в МОБ, и передает в МОБ уточненные оценки интегральных показателей.

Ввиду большого объема статья разделена на две части. В первой части приведена постановка задачи на содержательном и формальном уровнях, сформирована иерархическая система моделей, описаны потоки информации, передаваемой между моделями в итеративном процессе их взаимодействия. Во второй части модель представлена в виде, непосредственно используемом в вычислениях, охарактеризованы размерность модели и ее структурные особенности, обоснована целесообразность блочной декомпозиции модели и конкретный состав блоков, приведен алгоритм решения сформированной задачи блочного программирования.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ РАССМАТРИВАЕМЫХ МОДЕЛЕЙ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Модель МОБ взаимосвязана с моделью территориального размещения производства, потребления продукции и ее транспортировки (производственно-территориальная задача, ПТЗ) следующим образом. В МОБ определяются общие по стране объемы производства и потребления каждого вида продукции, при этом используются удельные затраты на оплату услуг транспорта по ее транспортировке (Позамантир, 2014; Dietzenbacher, 2013). Величина затрат на оплату услуг транспорта, удельных на единицу натурального объема (веса) произведенного товара, зависит от территориального размещения пунктов производства и потребления перевозимых товаров. Кроме того, от территориального размещения производства и потребления товаров зависит общий объем работы транспорта по их перевозке и распределение этого объема по территориально не-взаимозаменяемым или лишь частично взаимозаменяемым элементам транспортной системы. Это, в свою очередь, определяет необходимость развития тех из них, которые оказываются узкими местами. Развитие элементов транспорта требует инвестиций в фиксированные территориально элементы транспортной системы, эти инвестиции должны быть согласованы с общим объемом инвестиций в транспорт, определяемым в модели МОБ.

На настоящем этапе работы территориальное размещение производства и потребления продукции и определяемые этим размещением объемы и маршруты перевозок товаров рассматриваются лишь в той части, которая связана с работой грузового железнодорожного транспорта.

Принимаем допущение, что объем отправления каждого товара по железной дороге составляет экзогенно заданную долю всего объема его выпуска. Для многих товаров эта доля близка к 1, с учетом того что если даже непосредственно с предприятия-производителя товар отправляется другим видом транспорта (в большинстве случаев такого рода – автомобильным или трубопроводным), то впоследствии большая часть его, перевозимая на дальние расстояния, перегружается на железнодорожный транспорт. Характерным примером таких товаров является продукция нефтепереработки, а в ряде случаев – и сырой нефти. Разумеется, имеются и такие виды товаров, для которых указанная доля близка или даже равна 0. В любом случае величина этой доли раздельно для каждой территориальной единицы должна быть задана экзогенно. Эта величина связывает объем производства товара с объемом его отправления и прибытия по железной дороге в каждой из территориальных единиц.

К числу товаров, не транспортируемых по железной дороге, относятся электроэнергия, природный газ, продукция отрасли «Строительство». При производстве этих товаров используются и такие, которые транспортируются по железной дороге, поэтому для определения загрузки

железнодорожной сети надо знать территориальное размещение пунктов производства и не транспортируемых по железной дороге товаров.

Электроэнергия и природный газ транспортируются по своим специализированным сетям, для определения пунктов и объемов их производства может решаться задача, аналогичная рассмотренной ниже задаче территориального размещения производства и потребления товаров, перевозимых по железной дороге. В задаче, относящейся к железнодорожному транспорту, пункты и объемы производства электроэнергии и природного газа считаются экзогенно заданными.

Продукция отрасли «Строительство» вообще не транспортируется, а пункты потребления товаров, используемых в процессах строительства, совпадают с пунктами строительства сооружаемых объектов производственного и непроизводственного назначения. Размещение строительства объектов производственного назначения определяется размещением требуемых приростов производственных мощностей, это размещение является искомым в рассматриваемой здесь задаче. Территориальное размещение строительства объектов непроизводственного назначения задается экзогенно на основе экспертных оценок факторов, определяющих их размещение.

Для совместного решения задачи территориального размещения производства и потребления продукции и задачи определения загрузки территориально фиксированных элементов железнодорожного транспорта и необходимости развития их технического оснащения формируется расчетная сеть железных дорог. Топология (начертание) расчетной сети получается путем экспертного агрегирования реальной железнодорожной сети. Узлы расчетной сети представляют собой в агрегированном виде пункты поступления товаров на железнодорожный транспорт и пункты их прибытия (выхода из железнодорожного транспорта), а также некоторые другие узлы реальной сети, включение которых в расчетную сеть определяется необходимостью адекватного отображения топологии реальной сети. Узлы расчетной сети соединены участками, перечень и характеристики которых определяются путем экспертного агрегирования узлов и участков реальной сети железных дорог.

2. ПРИНЯТЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ МОДЕЛЯМИ

Для формирования модели, устанавливающей связи между показателями МОБ, объемами отправления и прибытия каждого из товаров в территориальном разрезе, загрузкой элементов железнодорожной сети и развитием их технической оснащенности, приняты следующие подходы.

1. Из общего по стране объема выпуска каждого из товаров, определенного в модели МОБ, выделяется часть, поступающая в перевозку железнодорожным транспортом.

2. Общий по стране объем отправления каждого перевозимого железнодорожным транспортом товара и равный ему общий объем прибытия товара распределяются между узлами расчетной железнодорожной сети путем решения задачи минимизации суммарных по стране затрат на приобретение и транспортировку этого товара. В этой задаче искомыми являются объемы отправления товара в каждом из узлов сети и объемы прибытия в каждый из узлов, а также объемы корреспонденций между каждой парой узлов. Для каждого из товаров множество узлов, которые в принципе могут быть пунктами отправления этого товара, и множество узлов, которые могут быть пунктами его прибытия, задаются экзогенно на основе данных имеющейся отчетности о перевозках грузов железнодорожным транспортом. Далее для краткости сформулированную здесь задачу будем называть производственно-транспортной задачей.

3. Для каждого товара и каждого узла объем отправления (в сумме с той частью, которая не поступает на железнодорожный транспорт) не может превышать производственную мощность по выпуску этого товара, имеющуюся в этом узле в каждый данный момент времени. Для узлов, являющихся пунктами приема импорта этого товара, к производственной мощности по выпуску товаров добавляется еще объем импорта.

4. В каждом узле объем прибытия товара по железной дороге в сумме с прибытием по другим видам транспорта представляет собой сумму следующих компонент:

1) потребление этого товара в производстве всех видов продукции, производимых в данном пункте (промежуточное потребление рассматриваемого товара в этом пункте);

2) конечное потребление этого товара в данном пункте (потребление домашними хозяйствами, государством, некоммерческими организациями);

3) использование товаров, входящих в состав валового накопления основного капитала, кроме товара «строительно-монтажные работы». Товар «строительно-монтажные работы», как и готовая продукция отрасли «Строительство», не транспортируется и потому не входит в состав прибытия и отправления грузов. Отметим, что товары, потребляемые в процессе выполнения строительно-монтажных работ, учтены в подпункте 1) настоящего пункта;

4) экспорт (если данный узел является пунктом выхода экспорта).

5. Указанные в предыдущем пункте компоненты определяются следующими способами:

1) промежуточное потребление товара в рассматриваемом пункте (узле железнодорожной (далее – ж.-д.) сети) равно сумме произведений объема выпуска каждого из производимых в данном пункте продуктов на соответствующий коэффициент прямых затрат;

2) конечное потребление товара в узле определяется распределением общего объема конечного потребления по территории страны, т.е. по узлам ж.-д. сети. Это распределение принимается пропорциональным соответствующему территориальному распределению населения, с учетом, по возможности, территориальной дифференциации уровня душевых доходов населения;

3) территориальное распределение объемов использования товаров, входящих в состав валового накопления основного капитала, определяется размещением строящихся объектов;

4) распределение общего объема экспорта и общего объема импорта каждого товара по узлам расчетной железнодорожной сети задается экзогенно с учетом данных таможенной отчетности и тенденций территориальных сдвигов объемов экспорта и импорта.

6. Номенклатура товаров в МОБ и ПТЗ различается. Основной номенклатуры принятой модели МОБ является принятая Росстатом РФ. Номенклатура товаров в производственно-транспортной задаче основывается на номенклатуре видов грузов, принятой в доступных формах отчетности РЖД.

3. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА И ЕЕ СВЯЗЬ С МЕЖОТРАСЛЕВЫМ БАЛАНСОМ

3.1. Параметры, используемые для описания связей рассматриваемых моделей

3.1.1. Параметры, входящие в состав МОБ

Номенклатура позиций МОБ основана на классах и подклассах ОКВЭД (уровни 1–3), эту номенклатуру необходимо согласовать с принятой Росстатом. Число позиций в принимаемой нами номенклатуре продуктов МОБ обозначим n . Эти позиции перенумерованы индексом i или j , значения этих индексов $i, j = 1, \dots, n$. Позиции $i, j = 1, \dots, n^x$ соответствуют товарам (по терминологии МОБ), позиции $i, j = (n^x + 1), \dots, n$ – услугам. Позиция «Услуги железнодорожного транспорта по перевозке грузов» обозначена $i^{жлг}$, перевозка пассажиров – $i^{жлп}$, позиция «Услуги инфраструктуры железнодорожного транспорта» – $i^{жди}$.

Направления конечного использования (конечное потребление домашних хозяйств и государства, валовое накопление основного капитала, изменение запасов, экспорт, но импорт в конечное использование не входит) пронумерованы индексом $i = 1, \dots, n^{кон}$, где $n^{кон}$ – число направлений конечного использования. Позиции конечного потребления $i = 1, \dots, n^{кон}$, где $n^{кон}$ – число направлений конечного потребления, позиция валового накопления основного капитала $i = i^{внк}$.

3.1.2. Параметры, входящие в состав производственно-транспортной задачи

В задаче используется номенклатура видов товаров, принятая в железнодорожной отчетности. Пусть g — число позиций в этой номенклатуре, h — номер позиции конкретного товара, $h = 1, \dots, g$.

Каждая позиция номенклатуры товаров МОБ (кроме позиций «Электроэнергия», «Природный газ» и «Продукция строительства») соответствует одной или нескольким позициям железнодорожной отчетности, это соответствие задается семейством множеств $G_i \subset \{1, \dots, g\}$, $i = 1, \dots, n^T$, при этом $G_i \cap G_j = \emptyset$ при $i \neq j$ и $\bigcup_{i=1}^{n^T} G_i = \{1, \dots, g\}$.

Исходя из топологии расчетной сети формируется:

1) список пунктов, из/в которых производится отправление/поступление товаров железнодорожным транспортом, т.е. список соответствующих выделенных узлов расчетной железнодорожной сети. Этот список должен совпадать с перечнем строк и столбцов железнодорожной отчетности об объемах перевозок грузов по корреспонденциям (или, наоборот, этот список формируется в соответствии с перечнем строк и столбцов доступной для использования железнодорожной отчетности). Из этого списка выделяются три подсписка:

а) пункты поступления импорта на территорию России, который (импорт) затем отправляется по железной дороге;

б) пункты отправления экспорта за пределы территории России, прибывшего (экспорта) в эти пункты по железной дороге;

в) пункты поступления на территорию России и выхода с территории России перевозок, выполняемых через территорию России железнодорожным транспортом транзитом;

2) список всех участков расчетной железнодорожной сети.

Все узлы расчетной железнодорожной сети нумеруются индексами q , $q = 1, \dots, s$. Список узлов приема импорта представляет собой множество $Q^{\text{порт}} \subset \{1, \dots, s\}$, список узлов передачи экспорта — множество $Q^{\text{эксп}} \subset \{1, \dots, s\}$. Все участки расчетной ж.-д. сети пронумерованы индексом $k = 1, \dots, p$. Участок k в направлении «туда» ограничен узлами (q_k, r_k) , в направлении «обратно» — узлами (r_k, q_k) , длина участка k обозначена l_k .

Для каждой корреспонденции, следующей из узла отправления $q^{\text{от}}$ в узел назначения (прибытия) $r^{\text{пр}}$, известен маршрут ее следования — последовательность участков $M_{q^{\text{от}}, r^{\text{пр}}} = \{(q^{\text{от}}, q_1), (q_1, q_2), \dots, (q_r, r^{\text{пр}})\}$. Маршрут может быть сформирован по принципу кратчайшего пути с учетом установленных кружностей или в соответствии с действующим планом формирования поездов. Для каждого маршрута известна его длина $l_{q^{\text{от}}, r^{\text{пр}}}$ и доходная ставка на перевозку 1 т груза вида h отдельно по внутренним перевозкам, экспортным, импортным и транзитным — $\gamma_{h, \alpha, q^{\text{от}}, r^{\text{пр}}}$, где $\alpha = 1$ — внутренние перевозки, $\alpha = 2$ — экспортные перевозки, $\alpha = 3$ — импортные перевозки, $\alpha = 4$ — транзитные перевозки. Доходная ставка равна сумме доходных ставок на начально-конечную и движущую операцию. Все показатели объемов отправления, прибытия и объемов корреспонденций исчислены в натуральных единицах — млн т, доходная ставка — руб./т.

Для каждого участка сети отдельно по направлениям «туда» и «обратно» определены два множества — перечень корреспонденций, проходящих, в соответствии с принятыми маршрутами следования каждой из корреспонденций, по этому участку в направлении «туда» и в направлении «обратно». Обозначим эти множества, соответственно, Ω_k^T и Ω_k^B , где k — номер участка сети. Для каждого участка сети заданы также его пропускная способность отдельно по направлениям N_{kk}^T и N_{kk}^B поездов в среднем в сутки за год при том техническом оснащении участка k , которое он имеет в году t , и коэффициенты ε_{hk} перехода от потока груза h (исчисленного в млн т/год) к поездопотоку (поездов/сутки).

Введем обозначения. $\gamma_{h, q, t}$ — доля общего объема производства товара h (вида груза по железнодорожной сети, в натуральном исчислении) в узле q железнодорожной сети в году t , поступающая на железнодорожный транспорт. Задается экзогенно на основе экспертных оценок; $\varepsilon_{h, t}$ — цена производителя товара h в году t . Определяется путем умножения известной по данным

отчетности цены в базовом году на индекс основной цены соответствующего товара номенклатуры МОБ в году t , полученный при решении задачи МОБ. В соответствии с принятой в нашей работе моделью МОБ цена произведенного товара, направленного на экспорт, здесь принимается такой же, как для тождественного товара, использованного внутри России. Цена импортированного товара принята равной цене тождественного товара, произведенного в России. Если тождественный товар в России не производится, то в качестве цены принимается цена СИФ, пересчитанная по курсу Центрального банка РФ.

$\xi_{h,q}^{\text{прд}}$ – коэффициент территориальной дифференциации цены производителя товара h в пункте q по отношению к средней по стране цене производителей этого товара задается экспертно. $e_{ih}^{\text{кв}}$ – удельные капитальные вложения на создание единичной производственной мощности по выпуску товара h , исчисленные в ценах года t . $\xi_{h,q}^{\text{пот}}$ – конечное потребление товара h в узле q железнодорожной сети в году t (в натуральном исчислении). Определяется путем подразделения суммарной по стране величины конечного потребления соответствующего (по номенклатуре МОБ) товара, определенной в модели МОБ, при этом должно соблюдаться условие

$\sum_{h \in G} \sum_{q=1}^Q \xi_{h,q}^{\text{пот}} e_{ih}^{\text{кв}} = \sum_{i=1}^{n^{\text{м}}} y_{it}$, где y_{it} – исчисленный в стоимостном выражении объем конечного потребления товара i по направлению l , определенный в задаче МОБ.

$\xi_{h,q}^{\text{внк}}$ – потребление товара h в валовом накоплении основного капитала, фиксированное в пункте (узле) q железнодорожной сети в году t (в натуральном исчислении). Определяется путем территориального распределения полученной в модели МОБ величины затрат каждого из продуктов в валовом накоплении основного капитала с учетом цен для перехода от стоимостного к натуральному исчислению. Отметим, что преобладающую часть объема затрат на валовое накопление основного капитала составляет оплата продукции отрасли «Строительство», т.е. выполненных строительно-монтажных работ¹. Поскольку продукция строительства не транспортируется, территориальное распределение этой компоненты валового накопления основного капитала совпадает с размещением пунктов строительства. Вторым после строительной продукции по величине затрат на валовое накопление основного капитала является продукция машиностроения, приобретаемая в составе затрат на оборудование, не входящее в сметы строек. Территориальное размещение затрат продуктов, осуществляемых (затрат) в виде валового накопления основного капитала, будем считать совпадающим с территориальным размещением выпуска продукции отрасли «Строительство».

$\xi_{h,q}^{\text{эксп}}$ – объем экспорта товара h , передаваемого в узле q железнодорожной сети на территорию другого государства или на другой вид транспорта для доставки его на территорию другого государства в году t (в натуральном исчислении). Задается экзогенно с учетом данных таможенной отчетности, при этом должно соблюдаться условие $\sum_{h \in G} \sum_{q=1}^Q \xi_{h,q}^{\text{эксп}} e_{ih}^{\text{кв}} = y_{it}^{\text{эксп}}$, где $y_{it}^{\text{эксп}}$ –

объем экспорта товара i , определенный в задаче МОБ. $\xi_{h,q}^{\text{имп}}$ – объем импорта товара h , передаваемого в узле q железнодорожной сети на территорию России из-за границы или с другого вида транспорта, доставившего этот товар из-за границы на территорию России в году t (в натуральном исчислении). Общая величина импорта по номенклатуре МОБ определена в задаче МОБ, эта величина дезагрегируется в железнодорожную номенклатуру и распределяется по узлам расчетной сети на основе данных таможенной отчетности, при этом должно соблюдаться условие $\sum_{h \in G} \sum_{q=1}^Q \xi_{h,q}^{\text{имп}} e_{ih}^{\text{кв}} = v_{it}$, где v_{it} – объем импорта товара i , определенный в задаче МОБ. $\xi_{h,q}^{\text{трас}}$ –

объем транзитных через территорию России перевозок товара h , поступающего на территорию России в узле q и выходящего через узел r . Задается экзогенно на основе данных таможенной отчетности. $\mu_{h,q}$ – исчисленная в натуральных единицах производственная мощность по выпуску товара h в пункте (узле железнодорожной сети) q в году t . $\xi_{h,q}^{\text{усл}}$ – объем услуг вида i по номенклатуре МОБ, выпускаемых в пункте q , исчисленный в стоимостном выражении в ценах года t . Территориальное распределение объемов выпуска услуг, кроме услуг внегородского транспорта, по пунктам (узлам сети) определяется путем распределения общего по стране объема выпуска каждого из видов услуг пропорционально распределению населения.

¹Стоимость оборудования, включенного в смету стройки, учитывается в составе затрат на строительно-монтажные работы.

В рамках рассматриваемой здесь задачи величины γ_{hg} , $\varepsilon_{ahg}^{от}$, $\varepsilon_{ahg}^{пб}$, $\varepsilon_{ahg}^{корр}$, $\varepsilon_{ahg}^{пр-мощ}$, $\varepsilon_{ahg}^{пр-мощ}$, $\varepsilon_{ahg}^{пр-мощ}$, $\varepsilon_{ahg}^{пр-мощ}$, $\varepsilon_{ahg}^{пр-мощ}$ рассматриваются как экзогенно заданные. Выбор значений этих величин должен удовлетворять условиям:

$$\sum_{h \in G} \sum_{q=1}^S \varepsilon_{ahg}^{от} e_{ahg}^{от} k_{ahg}^{от} = \sum_{i=1}^n y_{ai} \quad \forall f, i, \quad (1)$$

$$\sum_{h \in G} \sum_{q=1}^S \varepsilon_{ahg}^{пб} e_{ahg}^{пб} k_{ahg}^{пб} = y_{a,эксп} \quad \forall f, i, \quad (2)$$

$$\sum_{h \in G} \sum_{q=1}^S \varepsilon_{ahg}^{корр} e_{ahg}^{корр} k_{ahg}^{корр} = v_k \quad \forall f, i, \quad (3)$$

$$\sum_{q=1}^S c_{aq} = x_k \quad \forall f, i = (n^* + 1), \dots, n, \text{ кроме } i = i^{эксп}. \quad (4)$$

Здесь y_{ai} – компоненты конечного использования продуктов, v_k – объемы импорта, x_k при $i = (n^* + 1), \dots, n$, кроме $i = i^{эксп}$, – объемы выпуска услуг, кроме услуг железнодорожного транспорта по перевозке грузов, – определяются в модели МОБ, в рамках рассматриваемой здесь производственно-транспортной задачи рассматриваются как экзогенно заданные.

3.2. Производственно-транспортная задача (ПТЗ)

3.2.1. Искомые переменные

В этой задаче искомыми являются: $\tau_{ahg}^{от}$ – объем отправления товара h по железной дороге из пункта q в году t в виде сообщения $\alpha = 1, 3$; $\tau_{ahg}^{пб}$ – объем прибытия товара h по железной дороге в пункте r в году t в виде сообщения $\alpha = 1, 2$; $\tau_{ahg}^{корр}$ – объем корреспонденции товара h по железной дороге из пункта q в пункт r в виде сообщения α в году t ; $\Delta \psi_{q-1}^{пр}$ – прирост расположенной в узле (пункте) q производственной мощности по выпуску товара h по состоянию на начало года t по отношению к производственной мощности, имевшейся по состоянию на начало года $(t-1)$; $\Delta N_{(t-1)k}^{от}$, $\Delta N_{(t-1)k}^{об}$ – прирост пропускной способности участка k железнодорожной сети отдельно по направлениям «туда», «обратно» по состоянию на начало года t по отношению к пропускной способности, имевшейся по состоянию на начало года $(t-1)$.

Величины $\tau_{ahg}^{от}$, $\tau_{ahg}^{пб}$, $\tau_{ahg}^{корр}$, $\Delta \psi_{q-1}^{пр}$ исчисляются в натуральных единицах, млн т; $\Delta N_{(t-1)k}^{от}$, $\Delta N_{(t-1)k}^{об}$ – поездов/сутки; $\tau_{ahg}^{от}$ – в стоимостном выражении, тыс. руб.; цены производителей товаров e_{ah} и удельные капитальные вложения в создание новых производственных мощностей $e_{ah}^{от}$ – в тыс. руб./млн т производственной мощности, удельные капитальные вложения в увеличение пропускной способности участков железнодорожной сети – в тыс. руб./поезд в сутки.

3.2.2. Условия для искоемых переменных

1. Сумма всех отправляемых из узла корреспонденций равна величине отправления из этого узла:

1) во внутреннем сообщении (т.е. при $\alpha = 1$)

$$\sum_{r=1}^S \tau_{ahgr}^{корр} = \tau_{ahg}^{от} \quad \forall f, h, g, \quad (5)$$

2) перевозка груза на экспорт ($\alpha = 2$)

$$\sum_{r \in G^{эксп}} \tau_{ahgr}^{корр} = \tau_{ahg}^{от} \quad \forall f, h, g, \quad (6)$$

3) перевозка груза, поступающего по импорту ($\alpha = 3$),

$$\sum_{r=1}^S \tau_{\alpha h q}^{\text{нпр}} = \xi_{h q}^{\text{нпр}} \quad \forall t, h, q \in Q_h^{\text{нпр}}. \quad (7)$$

2. Сумма всех прибывающих в узел корреспонденций равна величине прибытия в этот узел:

1) во внутреннем сообщении (т.е. при $\alpha = 1$)

$$\sum_{q=1}^S \tau_{\alpha h q}^{\text{нпр}} = \tau_{\alpha h r}^{\text{пб}} \quad \forall t, h, r, \quad (8)$$

2) перевозка груза на экспорт ($\alpha = 2$)

$$\sum_{q=1}^S \tau_{\alpha h q}^{\text{нпр}} = \xi_{h r}^{\text{эксп}} \quad \forall t, h, r \in Q_h^{\text{эксп}}, \quad (9)$$

3) перевозка груза, поступающего по импорту ($\alpha = 3$),

$$\sum_{q \in Q_h^{\text{имп}}} \tau_{\alpha h q}^{\text{нпр}} = \tau_{\alpha h r}^{\text{пб}} \quad \forall t, h, r. \quad (10)$$

3. Суммарные по стране значения объемов отправления и прибытия грузов между собой должны быть равны отдельно по видам грузов и видам сообщения:

$$\sum_{q=1}^S \tau_{\alpha h q}^{\text{от}} = \sum_{q=1}^S \tau_{\alpha h q}^{\text{пб}} \quad \forall t, \alpha, h. \quad (11)$$

4. Суммарный по всем видам транспорта объем отправления совокупности товаров h , относящихся к одной позиции МОБ (кроме товаров, не транспортируемых по железной дороге – электроэнергия, природный газ, продукция отрасли «Строительство»), в сумме по всем узлам сети во внутреннем сообщении плюс на экспорт равен объему его выпуска по стране в целом:

$$\sum_{h \in G} \sum_{\alpha=1, 2} \sum_{q=1}^S \left(\frac{\tau_{\alpha h q}^{\text{от}}}{\gamma_{\alpha h q}} \varepsilon_{\alpha q} \right) = x_j \quad \forall t, j \in J^{\text{не-трансп}}, \quad (12)$$

где $J^{\text{не-трансп}}$ – множество позиций номенклатуры МОБ, соответствующих товарам, не транспортируемым по железной дороге.

5. Суммарный по всем видам транспорта объем прибытия товара h (раздельно отечественного и импортного) в узел q равен объему использования отечественного/импортного продукта h в этом узле суммарно по всем направлениям его использования: в производственном потреблении при производстве всех производимых в этом узле (пункте) продуктов (т.е. его промежуточное потребление в этом узле) плюс его конечное потребление в этом узле плюс использование его в составе затрат, образующих валовое накопление капитала, плюс экспорт, выходящий через узел q из железнодорожной сети России. Объем промежуточного потребления товара h определяется объемами выпуска всех производимых в этом узле продуктов (товаров и услуг) и коэффициентами прямых затрат товара h на выпуск этих продуктов. Объем выпуска в узле сети каждого товара (кроме не транспортируемых по железной дороге) принят равным объему отправления товара из этого узла (искомая величина) с учетом доли железнодорожного транспорта в его перевозке. Для не транспортируемых по железной дороге товаров, а также для всех видов услуг, кроме услуг железнодорожного транспорта по перевозке грузов, общий по стране объем их выпуска распределяется между узлами сети с помощью различного рода экспертных оценок, опирающихся на те или иные данные общеэкономической и отраслевых статистик. Порядок определения территориального размещения выпуска отрасли «Строительство» и объемов потребляемых в строительстве товаров, прибывающих по железной дороге в узел сети, рассмотрен вследствие его специфики ниже отдельно (пп. 3.2.3).

Указанные выше компоненты суммарного объема прибытия товара h в узел q определяют формулами:

1) промежуточное потребление товара i (по номенклатуре МОБ, отдельно отечественного/импортного), представляющее собой его производственное потребление при производстве всех товаров (потребляемых внутри страны и направляемых на экспорт), производимых в пункте (узле) q , кроме не транспортируемых по железной дороге,

$$x_{i\alpha q}^{\text{промеж/не}} = \sum_{j=1}^n \left(w_{i\alpha j} \sum_{h \in J_q} \frac{z_{j1hq}^{\text{от}} + z_{j2hq}^{\text{от}}}{\gamma_{ahq}} \varepsilon_{ahq} \right) \quad \forall i, i, q, i \notin J^{\text{не-трансп}}, \quad \alpha=1, 3, \quad (13)$$

где $w_{i\alpha j}$ – коэффициенты прямых затрат отечественных/импортных продуктов, определенных при решении задачи МОБ; γ_{ahq} – доля объема выпуска товара h в пункте (узле) q , поступающая на железнодорожный транспорт; ε_{ahq} – цена производителя товара h в пункте (узле) q , $\varepsilon_{ahq} = \varepsilon_{ah}^{\text{ж.д.}}$;

2) промежуточное потребление отечественного/импортного товара i , представляющее собой его потребление в производстве электроэнергии и природного газа,

$$x_{i\alpha q}^{\text{промеж/эл.газ}} = \left(\frac{w_{i\alpha \text{эл}} \varepsilon_{\text{эл}}^{\text{ж.д.}}}{\gamma_{ahq}} + \frac{w_{i\alpha \text{газ}} \varepsilon_{\text{газ}}^{\text{ж.д.}}}{\gamma_{ahq}} \right) \quad \forall i, i, q, \quad \alpha=1, 3, \quad (14)$$

где $j^{\text{эл}}, j^{\text{газ}}$ – номера позиций «производство электроэнергии» и «добыча природного газа» соответственно в номенклатуре МОБ; $\varepsilon_{\text{эл}}^{\text{ж.д.}}, \varepsilon_{\text{газ}}^{\text{ж.д.}}$ – объемы выпуска электроэнергии и природного газа соответственно в пункте q . Территориальное распределение выпусков электроэнергии и природного газа может быть получено путем решения соответствующих специализированных производственно-транспортных задач. В рассматриваемой здесь общей производственно-транспортной задаче полагаем:

$$\varepsilon_{\text{эл}}^{\text{ж.д.}} = \chi_{\text{эл}q} \chi_{\text{эл}q}, \quad (15)$$

$$\varepsilon_{\text{газ}}^{\text{ж.д.}} = \chi_{\text{газ}q} \chi_{\text{газ}q}, \quad (16)$$

где $\chi_{\text{эл}q}, \chi_{\text{газ}q}$ – экзогенно заданные коэффициенты территориального распределения выпусков электроэнергии и природного газа, при этом, естественно, $\sum_{q=1}^Q \chi_{\text{эл}q} = 1$ и $\sum_{q=1}^Q \chi_{\text{газ}q} = 1$;

3) промежуточное потребление отечественного/импортного товара i , представляющее собой его производственное потребление в процессе строительства объектов, расположенных в пункте (узле) q ,

$$x_{i\alpha q}^{\text{промеж/сп}} = \left(w_{i\alpha \text{сп}} x_{\text{сп}} \right) \chi_{ahq}^{\text{сп}} \quad \forall i, i, q, \quad \alpha=1, 3, \quad (17)$$

где $x_{\text{сп}}$ – выпуск отрасли «Строительство» по стране в целом, определенный при решении задачи МОБ; $\chi_{ahq}^{\text{сп}}$ – доля общего по стране объема выпуска продукции отрасли «Строительство», размещенного в узле q . Порядок определения величин $\chi_{ahq}^{\text{сп}}$ изложен в пп. 3.2.3;

4) промежуточное потребление отечественного/импортного товара i , представляющее собой его производственное потребление при осуществлении деятельности железнодорожного транспорта по перевозкам грузов на участках, исходящих из узла q в направлении «туда», определяется путем распределения общего по стране объема потребления железнодорожным транспортом каждого из товаров пропорционально объемам перевозок на участках сети, прилегающих к узлу q ,

$$x_{i\alpha q}^{\text{промеж/жд}} = \left(\sum_{j \in J^{\text{жд}}} (w_{i\alpha j} x_j) \right) \left[\sum_{k \in K_q} \sum_{h=1}^H \sum_{g \in J^{\text{жд}}} \frac{z_{j\alpha hg}^{\text{жд}}}{\gamma_{ahq}} \varepsilon_{ahk} \right] / \sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^H \sum_{g \in J^{\text{жд}}} \frac{z_{j\alpha hg}^{\text{жд}}}{\gamma_{ahq}} \varepsilon_{ahk} \quad \forall i, i, q, \quad \alpha=1, 3, \quad (18)$$

где $J^{\text{жд}}$ – множество видов деятельности по перевозке грузов железнодорожным транспортом; K_q – множество участков, прилегающих к узлу q . Уравнение является нелинейным относительно

искомых переменных $\tau_{kabhq}^{\text{порт}}$, что резко усложняет метод решения рассматриваемой задачи. Во избежание этого, жертвуя строгостью, тем более что само предположение о виде функции является весьма нестрогим, заменим величины $\tau_{kabhq}^{\text{порт}}$ на $\tau_{(j-1)abhq}^{\text{порт}}$. Эти последние уже известны к началу решения производственно-транспортной задачи, относящейся к году t . Таким образом, принимаем

$$\chi_{jq}^{\text{мд}} = \left[\sum_{k \in K_q} \sum_{h=1(q) \in \Omega_k^h} \tau_{(j-1)abhq}^{\text{порт}} \varepsilon_{ahk} \right] / \sum_{k=1 \in \Omega_k^h} \sum_{h=1(q) \in \Omega_k^h} \tau_{(j-1)abhq}^{\text{порт}} \varepsilon_{ahk} \quad \forall j \in J^{\text{мд}}, \quad (19)$$

$$\chi_{jq}^{\text{промек/мд}} = \sum_{j \in J^{\text{мд}}} \left(w_{kaj} \chi_j \chi_{jq}^{\text{мд}} \right); \quad (20)$$

5) промежуточное потребление отечественного/импортного товара i , представляющее собой его производственное потребление при производстве всех остальных услуг в узле q , кроме деятельности железнодорожного транспорта по перевозке грузов,

$$\chi_{jq}^{\text{промек/усп}} = \sum_{j=\alpha^*+1, j \in J^{\text{мд}}} \left(w_{kaj} \chi_j \chi_{jq}^{\text{усп}} \right) \quad \forall i, j, q, \quad \alpha=1, 3, \quad (21)$$

где χ_{iq} — доля общего по стране выпуска услуги j , приходящаяся, в соответствии с принятым способом территориального распределения ее производства, на пункт (узел) q ;

6) объем конечного потребления отечественного/импортного товара в узле q определяется путем распределения общего по стране объема конечного потребления пропорционально численности населения:

$$\varepsilon_{kajq}^{\text{кп}} = \left(\sum_{i=1}^{\alpha^*} y_{kai} \right) \chi_{jq}^{\text{кп}}, \quad \alpha=1, 3; \quad (22)$$

7) объем использования отечественного/импортного продукта i в валовом накоплении основного капитала в пункте (узле сети) q определяется путем распределения общего по стране использования продукта i в валовом накоплении основного капитала в тех же долях, в каких распределен объем выпуска отрасли «Строительство». Эта величина обозначена $\varepsilon_{kajq}^{\text{внок}}$, $\alpha=1, 3$:

$$\varepsilon_{kajq}^{\text{внок}} = y_{kaj\text{строит}} \chi_{jq}^{\text{внок}}, \quad \alpha=1, 3; \quad (23)$$

8) распределение по пунктам (узлам железнодорожной сети) объема товаров, направляемых на экспорт, задается экзогенно. Тогда

$$\varepsilon_{kajq}^{\text{эксп}} = y_{kaj\text{эксп}} \chi_{jq}^{\text{эксп}}. \quad (24)$$

С использованием введенных обозначений уравнение, которому должны удовлетворять искомые величины $\tau_{kabhq}^{\text{тб}}$ — объемы прибытия в пункт q товаров железнодорожной номенклатуры, относящихся к позиции i номенклатуры МОБ, имеет вид:

$$\sum_{h \in G_i} \frac{\tau_{kabhq}^{\text{тб}}}{\gamma_{kabhq}} \varepsilon_{ahq} = \chi_{jq}^{\text{промек/тов}} + \chi_{jq}^{\text{промек/вт.тов}} + \chi_{jq}^{\text{промек/ср}} + \chi_{jq}^{\text{промек/мд}} + \chi_{jq}^{\text{промек/усп}} + \varepsilon_{kajq}^{\text{кп}} + \varepsilon_{kajq}^{\text{внок}} + \varepsilon_{kajq}^{\text{эксп}} \quad \forall i, j, q, \quad \alpha=1, 3. \quad (25)$$

6. Сумма по всем узлам сети объемов отправления товаров по железнодорожной номенклатуре, входящих в состав товара i по номенклатуре МОБ, с учетом той доли, которую составляет объем отправления по железной дороге в объеме выпуска, равна объему выпуска товара i по стране в целом:

$$\sum_{h \in G_i} \sum_{\alpha=1,2} \sum_{q=1}^{\alpha} \left(\frac{\tau_{kabhq}^{\text{от}}}{\gamma_{kabhq}} \varepsilon_{ahq} \chi_{jq}^{\text{мд}} \right) = \chi_{ji} \quad \forall i. \quad (26)$$

7. Общий объем отправления товара h по железной дороге из узла q , направляемого во внутреннем сообщении и на экспорт, не превышает той доли производственной мощности по выпуску этого товара, расположенной в узле (пункте) q , которая может быть использована для выпуска товара, отправляемого по железной дороге:

$$\sum_{\alpha=1,2} \left(\tau_{qahg}^{\alpha} / \gamma_{qahg} \right) \leq \mu_{ahg} \quad \forall t, h, g. \quad (27)$$

8. Поездопоток, проходящий по участку k (раздельно по направлениям «туда» и «обратно»), не превышает пропускной способности участка:

$$\sum_{h=1}^H \sum_{g \in G_k^*} \left(\sum_{\alpha=1}^3 \tau_{ahg}^{\alpha} + \xi_{ahg}^{\text{ПР.ОБ}} \right) \varepsilon_{ahk} (1 + \alpha_k^{\text{ПР.Т}}) \leq N_{hk}^{\text{Т}} \quad \forall t, k, \quad (28)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{g \in G_k^*} \left(\sum_{\alpha=1}^3 \tau_{ahg}^{\alpha} + \xi_{ahg}^{\text{ПР.ОБ}} \right) \varepsilon_{ahk} (1 + \alpha_k^{\text{ПР.ОБ}}) \leq N_{hk}^{\text{ОБ}} \quad \forall t, k, \quad (29)$$

где $\alpha_k^{\text{ПР.Т}}$, $\alpha_k^{\text{ПР.ОБ}}$ — значения коэффициента порожнего пробега на участке k в направлениях «туда» и «обратно», определяются по данным отчета РЖД формы ЦО-4, разд. 3.

9. Входящие в формулы (27)–(29) величины производственных мощностей μ_{ahg} и пропускных способностей $N_{hk}^{\text{Т}}$, $N_{hk}^{\text{ОБ}}$ по определению равны:

$$\mu_{ahg} = \mu_{(t-1)hg} + \Delta \mu_{(t-1)hg}, \quad (30)$$

$$N_{hk}^{\text{Т}} = N_{(t-1)k}^{\text{Т}} + \Delta N_{(t-1)k}^{\text{Т}}, \quad (31)$$

$$N_{hk}^{\text{ОБ}} = N_{(t-1)k}^{\text{ОБ}} + \Delta N_{(t-1)k}^{\text{ОБ}}. \quad (32)$$

Величины приростов производственных мощностей $\Delta \mu_{(t-1)hg}$ в году $(t-1)$ по железнодорожной номенклатуре видов грузов и приростов пропускных способностей участков сети $\Delta N_{(t-1)k}^{\text{Т}}$, $\Delta N_{(t-1)k}^{\text{ОБ}}$ определяются путем территориального распределения приростов суммарных по стране объемов производственных мощностей, созданных в году $(t-1)$. Эти приросты равны разностям значений суммарных по стране объемов производственных мощностей по состоянию на конец и на начало года $(t-1)$. Величины суммарных по стране объемов производственных мощностей по состоянию на начало года $(t-1)$ входят в состав исходных данных для задачи МОБ, относящейся к году $(t-1)$, а значения этих величин по состоянию на конец года $(t-1)$ входят в состав результатов решения этой задачи. Для производственно-транспортной задачи, относящейся к году t , суммарные по стране объемы производственных мощностей по состоянию на начало и конец года $(t-1)$, а значит, и приросты этих величин, полученные в том году, являются исходными данными. Территориальное распределение указанных приростов является искомым в производственно-транспортной задаче, относящейся к году t . Искомые величины приростов производственных мощностей $\Delta \mu_{(t-1)hg}$ в году $(t-1)$ раздельно по пунктам (узлам сети) по железнодорожной номенклатуре видов грузов и величины приростов пропускных способностей раздельно по участкам сети $\Delta N_{(t-1)k}^{\text{Т}}$, $\Delta N_{(t-1)k}^{\text{ОБ}}$ связаны с величинами суммарных по стране производственных мощностей по производству товаров по номенклатуре МОБ и услуг инфраструктуры железнодорожного транспорта следующими уравнениями:

$$\sum_{g=1}^G \sum_{h \in G_g} \Delta \mu_{(t-1)hg} e_{(t-1)hg}^{\text{ПР}} = m_k - m_{(t-1)k} \quad \forall t, \forall i: i \neq i^{\text{ПР}}, \quad (33)$$

$$\sum_{k=1}^K \Delta N_{(t-1)k} e_{(t-1)k}^{\text{ПР}} = m_k^{\text{ПР}} - m_{(t-1)k}^{\text{ПР}} \quad \forall t, \quad (34)$$

где $i^{\text{ПР}}$ — позиция железнодорожной инфраструктуры в номенклатуре МОБ; величины $m_{(t-1)k}$, $m_k^{\text{ПР}}$ определены при решении задачи МОБ для годов $(t-2)$ и $(t-1)$.

3.2.3. Особенности определения территориального размещения объемов выпуска отрасли «Строительство»

Объемы выпуска отрасли «Строительство» в пункте (узле сети) определяются как сумма компонент:

- строительно-монтажные работы (СМР, включая стоимость оборудования, входящего в сметы строек), выполненные на объектах, предназначенных для выпуска товаров;
- СМР, выполненные на объектах, определяющих пропускную способность элементов железнодорожного транспорта;
- СМР, выполненные на объектах, предназначенных для выпуска услуг (кроме услуг железнодорожного транспорта).

Каждая из этих компонент определяется путем распределения по пунктам (узлам сети) соответствующей части общего объема выпуска отрасли «Строительство», определенного в задаче МОБ. В каждом году СМР выполняются на объектах, подлежащих вводу в текущем и нескольких (в соответствии с продолжительностью строительства) последующих годах. В результате решения задачи МОБ, относящейся к текущему году, известны объемы СМР, выполненные в этом году на строительстве объектов раздельно по их принадлежности к отраслям номенклатуры МОБ и по предстоящим годам их ввода в эксплуатацию (Позамантир, Тищенко, 2010). Для использования этих данных в производственно-транспортной задаче, относящейся к текущему году, необходимо дезагрегировать их по номенклатуре товаров, принятой в этой задаче, и по пунктам (узлам сети). Но такая дезагрегация выполняется в ходе решения производственно-транспортной задачи, относящейся к году ввода соответствующих объектов в эксплуатацию, поэтому ПТЗ, относящаяся к текущему году, оказывается связанной с аналогичными задачами, относящимися к нескольким (на глубину продолжительности строительства) предстоящим годам, что препятствует разложению производственно-транспортной задачи по годам прогнозного периода.

Ниже показано, что производственно-транспортная задача, относящаяся к одному отдельному году, имеет очень большую размерность. Дальнейшее увеличение размерности, вызываемое связыванием задач, относящихся к нескольким последовательным годам, существенно усложняет решение задачи в целом.

В рамках производственно-транспортной задачи территориальное распределение объемов выполняемых строительно-монтажных работ используется только для определения объемов потребления строительных материалов и оборудования, входящего в сметы строек, раздельно по узлам железнодорожной сети. При этом нужны только те объемы упомянутых товаров, которые доставляются в пункты строительства объектов железнодорожным транспортом. В качестве паллиатива предложено такое решение: суммарный по стране объем потребления товаров, используемых в процессах строительства, принимается по данным, полученным при решении задачи МОБ, относящейся к рассматриваемому году, а распределение этого объема по узлам сети (с учетом доли железнодорожного транспорта в их перевозке) принимается пропорционально данным железнодорожной отчетности за базовый год или путем экстраполяции динамики этих данных за некоторый период, предшествующий рассматриваемому году. Разумеется, такое предположение может оказаться слабо обоснованным — динамика территориального размещения строек в прогнозируемом периоде может существенно отличаться от динамики, имевшей место в периоде, предшествующем рассматриваемому году.

Коррекцию ошибок, которые, возможно, возникнут в результате принятого предположения, можно осуществить следующим образом. Последовательно для каждого года прогнозного периода решаются задача МОБ и производственно-транспортная задача, включающая сделанное выше предположение. После завершения такого рода расчетов для всех лет прогнозного периода оказываются определенными объемы вводов производственных мощностей раздельно по каждому товару железнодорожной номенклатуры и по каждому узлу железнодорожной сети в каждом году прогнозного периода. По этим данным можно однозначно определить относительные территориальные распределения объемов выполнения строительно-монтажных работ в каждом году прогнозного периода. Полученные относительные территориальные распределения (или линейные комбинации предыдущего и полученного распределения с демпфирующими весами)

фиксируются, и с их использованием процесс решения задач МОБ и производственно-транспортных задач повторяется. Такие циклы повторяются до тех пор, пока относительные территориальные распределения объемов выполнения строительно-монтажных работ, принятые в качестве исходных и полученные в результате очередного расчета, будут различаться не более чем на допустимую величину².

Полученное изложенным (или каким-либо иным) способом территориальное распределение объемов выпуска отрасли «Строительство», т.е. объемов выполняемых строительно-монтажных работ, далее обозначено $x_{ij}^{СТ}$.

4. ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ МОБ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧАМИ

Модели межотраслевого баланса (МОБ) и производственно-транспортная задача (ПТЗ) связаны между собой следующим образом. Для очередного года t решается модель МОБ. При этом железнодорожные наценки определяются принятым в этой модели способом. Полученные в результате решения задачи МОБ индексы цен продуктов в текущем году по отношению к базовому году $I_{ij}^{СТ-РСТ}$, исчисленные в текущих ценах величины объемов выпусков x_{ij} , конечного использования продуктов y_{ij} , в том числе экспорта $y_{ij}^{ЭК}$, коэффициенты прямых затрат отечественных/импортных продуктов $w_{\alpha\beta}$, $\alpha=1, 3$, производственные мощности по выпуску продуктов по состоянию на начало рассматриваемого и предыдущего года M_{ij} , M_{ij-1} , а также общие по стране объемы импорта $y_{ij}^{ИМ}$ фиксируются.

Формируется производственно-транспортная задача, относящаяся к текущему году. Для этого выполняются следующие действия.

Производится дезагрегация объемов импорта и экспорта товаров из номенклатуры МОБ в номенклатуру, принятую в отчетности железнодорожного транспорта, затем общие по стране объемы импорта и экспорта товаров распределяются по железнодорожным узлам, являющимся пунктами поступления на сеть и выхода с сети железных дорог России. Дезагрегация данных об экспорте и импорте по номенклатуре и по узлам расчетной железнодорожной сети для базового года выполняется на основе данных отчетности железнодорожного транспорта (раздельно «Перевозки экспортных грузов», «Перевозки импортных грузов»). Относительные распределения экспорта и импорта по номенклатуре и по узлам, сформированные для базового года, фиксируются и используются в последующих годах с экспертной их корректировкой на основе анализа и прогноза внешнеторговых связей России с другими странами. Дезагрегированные величины в каждом году должны, разумеется, удовлетворять требованиям $y_{ij}^{ИМ} = \sum_{h \in G} \sum_{s=1}^S \xi_{shv}^{ИМ-ПТ}$ и $y_{ij}^{ЭК} = \sum_{h \in G} \sum_{s=1}^S \xi_{shv}^{ЭК-ПТ}$, где $\xi_{shv}^{ИМ-ПТ}$ и $\xi_{shv}^{ЭК-ПТ}$ – дезагрегированные значения объемов импорта и экспорта.

Обозначим заново некоторые переменные, чтобы подчеркнуть, что в рассматриваемой здесь задаче эти величины являются заданными: $c_{shv}^{И} = \xi_{shv}^{ИМ-ПТ}$, $c_{shv}^{ЭК} = \xi_{shv}^{ЭК-ПТ}$, $c_{ij}^{ИМ} = x_{ij}$, $c_{ij}^{ЭК} = y_{ij}^{ЭК}$, $w_{\alpha\beta} = w_{\alpha\beta}$, $\alpha=1, 3$. Напомним, что к числу не зависящих от искомых величин относятся также $y_{ij}^{ИМ}$, $y_{ij}^{ЭК}$, $y_{ij}^{ИМ}$, $y_{ij}^{ЭК}$, M_{ij} , M_{ij-1} , $x_{ij}^{СТ}$, ξ_{shv} , M_{ij-1} , M_{ij-1} , M_{ij-1} , M_{ij-1} .

Величины $x_{ij}^{СТ}$, $x_{ij}^{СТ}$, $x_{ij}^{СТ}$, $x_{ij}^{СТ}$, $\xi_{shv}^{ИМ}$, $\xi_{shv}^{ЭК}$, $\xi_{shv}^{ИМ}$, входящие в правую часть уравнения (25), не зависят от величин, являющихся искомыми в производственно-транспортной задаче, обозначим их суммой

$$f_{shv}^{МОБ} = x_{ij}^{СТ} + x_{ij}^{СТ} + x_{ij}^{СТ} + x_{ij}^{СТ} + \xi_{shv}^{ИМ} + \xi_{shv}^{ЭК} + \xi_{shv}^{ИМ}.$$

Для выделения в составе уравнений (28), (29) и слагаемых, не зависящих от искомых величин, введем обозначения

² Вопрос о сходимости предложенного процесса формирования территориального распределения объемов выпуска отрасли «Строительство» требует дополнительного исследования и экспериментальной проверки.

$$\overline{N}_{hk}^T = N_{hk}^T - \sum_{h=1, g' \in \Omega_k^I} \sum_{k' \in \Omega_k^I} \left(\varepsilon_{shg'}^{\text{pass}} \varepsilon_{shk} \left(1 + \alpha_k^{\text{prop}, T} \right) \right), \quad \overline{N}_{hk}^{\text{об}} = N_{hk}^{\text{об}} - \sum_{h=1, g' \in \Omega_k^{\text{об}}} \sum_{k' \in \Omega_k^{\text{об}}} \left(\varepsilon_{shg'}^{\text{pass}} \varepsilon_{shk} \left(1 + \alpha_k^{\text{prop}, \text{об}} \right) \right).$$

Это означает, что $\overline{N}_{hk}^T$, $\overline{N}_{hk}^{\text{об}}$ – остаток пропускной способности участка, остающийся после вычета из пропускной способности той ее части, которая занята пропуском корреспонденций, проходящих через территорию России транзитом. Соответственно, $\Delta N_{(i-1)k}^T$, $\Delta N_{(i-1)k}^{\text{об}}$ – прирост пропускной способности, который может быть использован для пропуска всех остальных корреспонденций, кроме транзитных.

Как уже указывалось, искомыми в формируемой производственно-транспортной задаче являются: объемы отправления и прибытия грузов в узлах сети $\tau_{shhg}^{\text{от}}$, $\tau_{shhg}^{\text{пр}}$, объемы корреспонденций между парами узлов сети $\tau_{shhg}^{\text{корр}}$ (кроме транзитных через территорию России), приросты мощностей по производству товаров $\Delta \mu_{(i-1)hg}$ и пропускных способностей участков сети $\Delta N_{(i-1)k}^T$, $\Delta N_{(i-1)k}^{\text{об}}$, введенные в эксплуатацию в году, предыдущем по отношению к текущему.

Тогда, следуя математической традиции располагать искомые величины в левой части уравнений и неравенств, а величины, не зависящие от искомых, – в правой, уравнения (5)–(34) можно переписать в виде

$$\sum_{r=1}^S \tau_{shhg}^{\text{корр}} - \tau_{shhg}^{\text{от}} = 0, \quad \alpha = 1, 2 \quad \forall t, h, g, \quad (35)$$

$$\sum_{r=1}^S \tau_{shhg}^{\text{корр}} = c_{thg}, \quad \alpha = 3 \quad \forall t, h, \quad g \in Q_b^{\text{тран}}, \quad (36)$$

$$\sum_{r=1}^S \tau_{shhg}^{\text{корр}} - \tau_{shhg}^{\text{пр}} = 0, \quad \alpha = 1, 3 \quad \forall t, h, g, \quad (37)$$

$$\sum_{g=1}^S \tau_{shhg}^{\text{корр}} = \delta_{sh}^{\text{пр}}, \quad \alpha = 2 \quad \forall t, h, \quad r \in Q_b^{\text{тран}}, \quad (38)$$

$$\sum_{g=1}^S \tau_{shhg}^{\text{от}} - \sum_{g=1}^S \tau_{shhg}^{\text{пр}} = 0 \quad \forall t, \alpha, h, \quad (39)$$

$$\sum_{h \in U} \sum_{g=1}^S \left(\frac{\varepsilon_{shg}}{\gamma_{shhg}} \left(\tau_{s1hg}^{\text{от}} + \tau_{s2hg}^{\text{от}} \right) \right) = c_s^{\text{тран}} \quad \forall t, i, \quad (40)$$

$$\sum_{h \in U} \frac{\varepsilon_{shg}}{\gamma_{shhg}} \tau_{shhg}^{\text{пр}} - \sum_{\alpha=1,2} \sum_{j=1}^{\alpha} \left(a_{shg} \sum_{h \in U} \frac{\varepsilon_{shg}}{\gamma_{shhg}} \left(\tau_{s1hg}^{\text{от}} + \tau_{s2hg}^{\text{от}} \right) \right) = \delta_{shg}^{\text{физическ}} \quad \forall t, g, \quad (41)^3$$

$$i = 1, \dots, h^T; \quad \alpha = 1, 3,$$

$$\sum_{\alpha=1,2} \frac{1}{\gamma_{shhg}} \tau_{shhg}^{\text{от}} - \Delta \mu_{(i-1)hg} \leq \mu_{(i-1)hg} \quad \forall t, h, g, \quad (42)$$

$$\sum_{\alpha=1}^3 \sum_{h=1}^K \sum_{g' \in \Omega_k^I} \left(\varepsilon_{shk} \left(1 + \alpha_k^{\text{prop}, T} \right) \tau_{shg'}^{\text{корр}} \right) - \Delta N_{(i-1)k}^T \leq \overline{N}_{(i-1)k}^T \quad \forall t, k, \quad (43)$$

$$\sum_{\alpha=1}^3 \sum_{h=1}^K \sum_{g' \in \Omega_k^{\text{об}}} \left(\varepsilon_{shk} \left(1 + \alpha_k^{\text{prop}, \text{об}} \right) \tau_{shg'}^{\text{корр}} \right) - \Delta N_{(i-1)k}^{\text{об}} \leq \overline{N}_{(i-1)k}^{\text{об}} \quad \forall t, k, \quad (44)$$

$$\sum_{h \in U} \sum_{g=1}^S \Delta \mu_{(i-1)hg} \varepsilon_{shg}^{\text{тран}} = m_k - m_{(i-1)k} \quad \forall t, \quad \forall i: i \neq i^{\text{тран}}, \quad (45)$$

$$\sum_{k=1}^K \left(\Delta N_{(i-1)k}^T + \Delta N_{(i-1)k}^{\text{об}} \right) \varepsilon_{(i-1)k}^{\text{тран}} = m_k^{\text{тран}} - m_{(i-1)k}^{\text{тран}} \quad \forall t. \quad (46)$$

³ Уравнение вида (41) при $\alpha = 2$ в систему не включается, так как оно полностью перекрывается уравнением (38).

Совокупность условий (35)–(46) является системой линейных уравнений и неравенств относительно искомых переменных $\tau_{\alpha b h g}^{or}$, $\tau_{\alpha b h g}^{пб}$, $\tau_{\alpha b h g}^{zopp}$, $\Delta M_{(j-1)h g}^x$, $\Delta M_{(j-1)h k}^x$, $\Delta M_{(j-1)h k}^{ob}$ с известными правыми частями. Число переменных в этой системе, как показано ниже, значительно превышает число уравнений, что позволяет рассматривать эту систему уравнений и неравенств как ограничения задачи линейного программирования. В качестве критерия разумно рассматривать минимизацию суммарных затрат на приобретение продукции и ее транспортировку. При этом, поскольку пункты производства любой одной продукции являются пунктами потребления других видов продукции, используемых в ее производстве, то минимизировать затраты на приобретение и транспортировку необходимо в сумме по всем видам продукции. Таким образом, целевая функция рассматриваемой задачи линейного программирования имеет вид:

$$\sum_{\alpha=1}^3 \sum_{b=1}^K \sum_{h=1}^S \tau_{\alpha b h g}^{or} e_{b h g} + \sum_{\alpha=1}^3 \sum_{b=1}^K \sum_{h=1}^S \sum_{g=1}^S \tau_{\alpha b h g}^{zopp} \eta_{\alpha h g} \rightarrow \min. \quad (47)$$

Значения $\tau_{\alpha b h g}^{zopp}$, полученные в результате решения задачи (35)–(47), используются для корректировки входящих в состав модели МОБ наценок на использованные продукты, создаваемых (наценок) железнодорожным транспортом, по фактору «Изменение средней дальности перевозок». Эта корректировка выполняется следующим образом.

Данные отчетности железнодорожного транспорта об объемах корреспонденций в базовом году раздельно по видам перевозок (внутренним, экспортным, импортным, транзитным) и по видам грузов обозначим $d_{\alpha b h g}$, дальность перевозки по корреспонденции с учетом выбранного маршрута ее следования обозначим $l^{M_{\alpha g}}$, где $M_{\alpha g}$ – маршрут следования корреспонденции ($g r$), принятый для нее в базовом году.

Средняя дальность перевозок продукта i в базовом году:

$$l_{\alpha i}^{BP} = \left(\sum_{b \in G_i} \sum_{h=1}^S \sum_{g=1}^S d_{\alpha b h g} l^{M_{\alpha g}} \right) / \sum_{b \in G_i} \sum_{h=1}^S \sum_{g=1}^S d_{\alpha b h g} \quad \forall i, j, \alpha. \quad (48)$$

Маршруты следования некоторых корреспонденций могут изменяться в текущем году по сравнению с базовым, а именно в тех случаях, когда в базовом году маршрут включал некоторую кружность, вызванную недостатком пропускной способности по кратчайшему направлению, а в результате развития сети этот дефицит пропускной способности снят. И, наоборот, вследствие роста грузопотоков пропускная способность некоторых ранее незагруженных участков сети может оказаться недостаточной, тогда часть грузопотоков направляется уже не по кратчайшим, а по некоторым кружным маршрутам, дальность которых больше, чем у кратчайших. Кроме того, изменение некоторых маршрутов может быть вызвано тем, что развитие сети часто сопровождается снижением себестоимости перевозок по реконструированным участкам, так что дешевле маршрут может иногда отклоняться от кратчайшего. С учетом сказанного дальность маршрута следования корреспонденции ($g r$) в году t обозначим $l^{M_{\alpha g}^t}$. Тогда средняя дальность перевозок продукта i в году t составит

$$l_{\alpha i}^{TP} = \left(\sum_{b \in G_i} \sum_{h=1}^S \sum_{g=1}^S \tau_{\alpha b h g}^{zopp} l^{M_{\alpha g}^t} \right) / \sum_{b \in G_i} \sum_{h=1}^S \sum_{g=1}^S \tau_{\alpha b h g}^{zopp} \quad \forall i, j, \alpha. \quad (49)$$

Индекс средней дальности перевозок грузов, входящих в состав позиции i номенклатуры товаров МОБ:

$$Ind_l_{\alpha i}^{TP} = l_{\alpha i}^{TP} / l_{\alpha i}^{BP} \quad \forall i, \alpha. \quad (50)$$

Если $Ind_l_{\alpha i}^{TP}$ существенно отличается от 1, цикл расчета задач «МОБ – ПТЗ» повторяется, при этом в задаче МОБ наценки создаваемые железнодорожным транспортом на стоимость продукта i , умножаются на $(1 + \gamma(Ind_l_{\alpha i}^{TP} - 1))$, где $0 < \gamma \leq 1$ – демпфирующий множитель, вставляемый во избежание раскачивания задачи. Циклы «МОБ – ПТЗ» повторяются до тех пор, пока оказываются достаточно близкими к 1 для всех i, α .

Схематически порядок взаимодействия задач МОБ и производственно-транспортной представлен на рисунке.

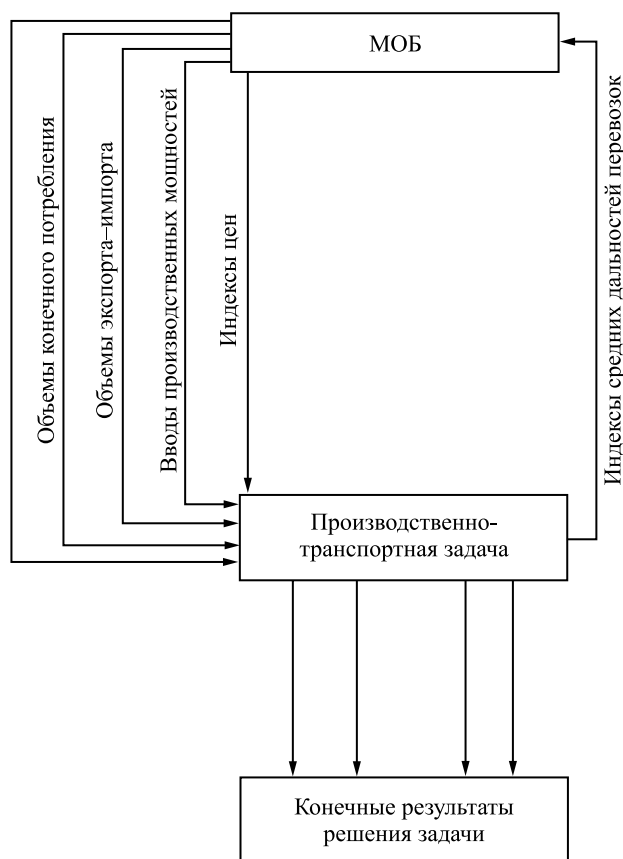


Рисунок. Взаимодействие между МОБ и производственно-транспортной задачей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аганбегян А.Г., Селиверстов В.Е., Суслов В.И. (2007). Многорегиональные системы: экономико-математическое исследование. Новосибирск: Сибирское научное издательство.
- Бирман И.Я., Минц Л.Е. (ред.) (1963). Математические методы и проблемы размещения производства. М.: Экономиздат.
- Гонтарь Н.В. (2013). Факторы и современные особенности размещения промышленного комплекса России. Москва: РЭУ им. Г.В. Плеханова.
- Гранберг А.Г., Селиверстов В.И., Суслов В.И. (1989). Оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели. Новосибирск: Наука.
- Леонтьев В.В. (1925). Баланс народного хозяйства СССР. Методологический разбор работы ЦСУ // *Плановое хозяйство*. № 12.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. (2007). Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт.
- Мелентьев Б.В. (2014). Региональная экономическая политика. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН.
- Позамантир Э.И., Тищенко Т.И. (2010). Макроэкономическая оценка эффективности развития инфраструктуры (на примере транспортного комплекса). В сб.: *«Оценка эффективности инвестиций»*. Лившиц В.Н. (ред.). М.: ЦЭМИ РАН. С. 97–108.
- Позамантир Э.И. (2014). Вычислимое равновесие экономики и транспорта. М.: Поли Принт Сервис.
- Широв А.А. (2015). Многоуровневые исследования и долгосрочная стратегия развития экономики. М.: МАКС Пресс.
- Dietzenbacher E. (2013). Input-Output Analysis: The Next 25 Years // *Economic System Research* Lenzen. Vol. 25. No. 4. P. 369–389.

Tobben J., Kronenberg T.H. (2015). Construction of Multi-Regional Input-Output Tables using the CHARM Method // *Economic System Research*. T. 27. No. 4. P. 487–507.

Поступила в редакцию
17.08.2016 г.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Aganbegyan A.G., Seliverstov V.E., Suslov V.I.** (2007). Multiregional Systems: Economic-Mathematical Research [Book]. Novosibirsk: Siberian Scientific Publishing House (in Russian).
- Birman I.Y., Mints L.E.** (eds.) (1963). Mathematical Methods and Problems of Economic Activity Location [Book]. Moscow: Economizdat (in Russian).
- Dietzenbacher E.** (2013). Input-Output Analysis: The next 25 Years // *Economic System Research Lenzen*. 25, 4, 369–389.
- Gontar N.V.** (2013). Factors and Present Peculiarities of Industrial Complex Location in Russia [Book]. Moscow: Plekhanov REU (in Russian).
- Granberg A.G., Seliverstov V.E., Suslov V.I.** (1985). Optimization Interregional Interindustry Models [Book]. Novosibirsk: Nauka (in Russian).
- Leontieff V.V.** (1925). Balance of the USSR National Economy. Methodological Analysis of the Central Statistic Board. [Article]. *Planned Economy*. Moscow: Gosplan of the USSR, 12 (in Russian).
- Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sulakshin S.S.** (2007). Applying Computable Models in State Management [Book]. Moscow: Scientific Expert (in Russian).
- Melentiev B.V.** (2014). Regional Economic Policy [Book]. Novosibirsk: IEOIP SB RAS (in Russian).
- Pozamantir E.I.** (2014). Computable General Equilibrium of Economy and Transport [Book]. Moscow: Poly Print Service (in Russian).
- Pozamantir E.I., Tischenko T.I.** Macroeconomic Assessment of Infrastructure Development Efficiency (on Example of Transport Complex) [Article]. In: “*Investment Efficiency Assessment*”, Livchits V.N. (ed.). Moscow: CEMI RAS, 97–108 (in Russian).
- Shirov A.A.** (2015). Multileveled Research and Long-term Strategy of Economy’s Development [Book]. Moscow: MAX PRESS (in Russian).
- Tobben J., Kronenberg T.H.** (2015). Construction of Multi-Regional Input-Output Tables using the CHARM Method. *Economic System Research* 27, 4, 487–507.

Received 17.08.2016

HIERARCHICAL SYSTEM OF INTERSECTORAL BALANCE MODELS AND THE MODELS OF TERRITORIAL PRODUCTION DISTRIBUTION

PART 1. ENUNCIATION OF THE TASK AND A GENERAL APPROACH TO ITS DECISION

E.I. Pozamantirⁱ

Abstract. Model of input-output balance (MIOB) is interconnected with model of territorial manufacturing locations, consumption and transportation of products in the following way. In MIOB total production and consumption volumes on the country are determined for each kind of product. Along with it, unit costs of transport services for its transportation are used, but it isn’t taken into account that their value depends on territorial location of places of producing and consuming

ⁱ**Elmar I. Pozamantir** – Doct. Sc. (Techn.), Professor, Chief Scientific Researcher, Federal Research Center “Informatics and Management” RAS, Institute of Systems Analysis (ISA) RAS, Moscow, Russia, e.pozamantir@yandex.ru.

products being transported. Moreover, not only total volume of transport activities in this field depends on these locations, but distribution of that volume by territorially independent or partially interchangeable element of the transportation system as well. In its turn, it determines the necessity to develop those of them that prove to be “bottlenecks”. Transport elements’ development requires investment in territorially fixed elements of the transportation system and these investments must be consistent with the total volume of investment in transport determined in МІОБ. A system of models is constructed, in which МІОБ and model of choosing territorial manufacturing locations are interconnected. From МІОБ to model of territorial manufacturing locations total for the country production and consumption volumes, as well as investment volumes are transferred, and in the location problem these total values are distributed on the country’s territory so that total production and transportation costs were minimized. In the opposite direction values of average transportation distances determined by the chosen location are transferred, as well as a list of transport objects, capacity of which must be increased in order to realize the chosen location. It’s shown that the problem of choosing manufacturing and consuming locations represents a problem of linear programming of extremely large dimensions; however it has a special block structure allowing organizing an effective computing process. The equations which connect between themselves the separate blocks are divided into parts, corresponding to each block through introducing additional variables and their values are improved iteratively on the base of using dual estimates of blocks limitations. Verification and calibration of the model are foreseen through making calculations according to the data of a reporting period and comparing the data received as the result of calculation and the reporting data.

Keywords: output volume, territorial location, calculated transport network, network junctions and sections, volumes of dispatches and receipts in junction, multi-level block linear programming.

JEL Classification: C02, C31, C68, E17, L91, L92.