

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ: ИНСТРУМЕНТАРИЙ ВАРИАНТНЫХ РАСЧЕТОВ

В.В. Воробьева, В.Ю. Малов, В.В. Радченко

ИЭОПП СО РАН

В.В. Марусин

*Национальный исследовательский Новосибирский государственный
университет*

Аннотация

В моделировании транспортного пространства России новым элементом является не только модель опорной транспортной сети с конкуренцией между разными видами транспорта, но и технология использования предлагаемой модели. В статье показано, что включение в процесс использования модели геоинформационных технологий с визуализацией входной и выходной информации позволяет активизировать участие экспертов. Конструкция комплекса и программные средства дают возможность работать одновременно множеству пользователей, проводить анализ и сравнения принимаемых ими гипотез развития транспортного комплекса страны.

Ключевые слова: транспортное пространство, модель опорной транспортной сети, базы данных, визуализация расчетов

Abstract

There are some new elements in modeling a Russian transport space. The first one is the fact that a core transport network model, which includes different transports competed with each other, is applied, and the second one – how it is applied, i.e. through adding geo-information technologies with visualization of input-output data, which allows simultaneous operation of many users and their

more active participation in the analysis and comparison of different hypotheses about the transport development in the country.

Keywords: transport system, core transport network model, data bases, visualization of calculations

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОСТРАНСТВА

Прогнозирование формирования и развития единого транспортного пространства страны – это система иерархически связанных задач, что обусловлено спецификой функционирования транспортного комплекса. Выполняя свою главную функцию – осуществляя внутри- и межрегиональный обмен продуктами, транспорт, в числе других факторов, определяет уровень социально-экономического развития каждой конкретной территории. Для решения указанных задач требуется объединение методов и подходов, наработанных в разных областях научных исследований. Прежде всего это экономико-математическое моделирование, возможности обеспечения информационной и вычислительной составляющих которого существенно расширяются с использованием ГИС-технологий. Геоинформационная поддержка работы с модельным аппаратом заключается в разработке средств и приемов визуализации не только конечных результатов расчетов. ГИС-технологии позволяют представить в табличном и картографическом виде каждую «цепочку» по каждому варианту расчетов: от постановки задачи и формирования исходной информации (с учетом ее неоднозначности и неопределенности) до аналитических выводов и подготовки последующих рекомендаций на базе многовариантных расчетов.

Для согласования вариантов схемы формирования опорной транспортной сети страны и экономических прогнозов развития отдельных регионов авторами статьи разработан инструментарий (группа экономико-математических моделей) составления транспортно-экономических балансов (ТЭБ). Нельзя утверждать, что ТЭБ – абсолютно новый «атрибут» становления рыночной экономики в России. По своей природе они являются приемом отражения и анализа межотраслевых

и межрегиональных связей, широко использовавшимся в прикладных целях и ранее. Сохранился тот же принцип определения их конкретной географии и количественных оценок – исходя из требования равенства спроса на транспортные услуги и их предложения. Однако в новых экономических условиях и с изменением геополитического положения России изменился характер участия транспорта в формировании этих связей.

Виды транспорта выступают теперь субъектами рынка соответствующих услуг. Между ними в пределах конкретных территорий усиливается конкуренция за привлечение потребителей услуг, в том числе и находящихся за пределами данной территории. Прибыль транспортных организаций становится важным показателем для оценки не только их работы, но и инвестиционной привлекательности. Новое транспортное строительство может инициировать не только государство, но и частный капитал. Магистральные транспортные коридоры России становятся привлекательными для осуществления грузоперевозок между третьими странами. Заинтересованность в реализации крупных российских транспортных проектов проявляют и иностранные инвесторы.

Для детализации прогнозных показателей работы транспортной системы и обеспечения последующего их мониторинга необходима многоуровневая схема разработки балансов, которая строится в соответствии с иерархическим представлением территории взаимодействия видов транспорта и потребителей их услуг. Такое представление адекватно отражает уровни территориальной агрегации транспорта – от страны в целом до отдельного субъекта Федерации¹.

В качестве ключевых посылок при разработке ТЭБ с использованием группы экономико-математических моделей приняты следующие требования:

- приоритетное выполнение социально-экономических задач развития страны в целом и отдельных ее регионов;

¹ Под территориальной агрегацией транспорта понимается совокупность видов транспорта, обслуживающих потребителей в пределах территории определенного уровня иерархии.

- согласованное развитие видов транспорта, позволяющее единой транспортной системе России не только удовлетворять запросы экономики и населения регионов страны, но и занять достойное место в мировой транспортной системе;
- восстановление и усиление геоэкономических и геополитических позиций России как в международном разделении труда, так и на мировом экономическом пространстве.

При таких посылках «заданиями» для транспортного комплекса являются прогнозы о состоянии реального сектора экономики отдельных регионов страны и взаимодействии последних, выражающемся в объемах грузоперевозок между ними. Поэтому в качестве «верхней» в группе моделей², используемых для решения задач формирования опорной транспортной сети страны, принята оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель (ОМММ). Результаты расчетов по этой модели являются входной информацией для расчетов по моделям нижележащих уровней. Здесь цели решения заключаются уже

² Каждая из моделей группы ориентирована на решение определенного круга вопросов. Проблема их совместного использования заключается в том, что модели разных уровней работают в режиме разных количественных измерителей показателей спроса/предложения транспортных услуг: в стоимостном или натурально-вещественном выражении. Это обусловлено целями решения задач каждого уровня и способами отражения в них объектов исследования, через которые формализуется взаимодействие экономики и транспорта. Например, с использованием межрегиональной межотраслевой модели на верхнем уровне определяются сбалансированные на долгосрочную перспективу темпы развития отраслей экономики и транспорта в разрезе федеральных округов. В качестве потребителей транспортных услуг на этом уровне рассматриваются крупные агрегаты отраслей: «машиностроение», «химическая промышленность» и т.п. Естественно, что при такой агрегации спрос на транспортные услуги и, следовательно, сбалансированное с ним предложение могут быть измерены только в стоимостном выражении. Модели нижестоящих уровней предназначены для выявления в соответствии с этим спросом рациональных схем региональных сетей по каждому виду транспорта с учетом выгодных для каждого из них вариантов «индивидуальной» и/или совместной работы по обслуживанию потребителей. Для этого требуется материально-вещественная форма измерения показателей спроса/предложения транспортных услуг, что сопряжено с достаточно сложной проблемой дезагрегации.

в выявлении предпочтительных вариантов развития на перспективу отдельных элементов транспортной системы (например, перерабатывающих мощностей транспортных узлов, пропускных способностей магистральных участков сети каждого вида транспорта, мощностей и структуры транспортной инфраструктуры и т.д.).

Поскольку каждая модель из группы может независимо генерировать варианты, необходим инструментарий, позволяющий в интерактивном режиме с участием пользователя формировать и анализировать множество различных вариантов комбинации ожидаемых в перспективе условий для принятия окончательных решений. Традиционная технология работы с оптимизационными моделями требует большого количества «ручной» работы по созданию этих вариантов и анализу их результатов, что является одной из причин недостаточного использования данного аппарата в хозяйственной и управленческой практике. Другим немаловажным фактором, препятствующим успешному использованию его для выработки и обоснования управленческих решений, является «характер» работы по построению вариантов. Большого времени требует рутинный просмотр исходных параметров, представленных в виде бумажного листинга, который, как правило, состоит из множества страниц. Не менее затратным по времени является и последующий перенос их на электронные носители.

Устранить отмеченные выше недостатки и ускорить весь процесс расчетов позволяет система геоинформационной поддержки работы с оптимизационными моделями. С ней значительно упрощаются (при максимальном уменьшении технических ошибок) подготовка исходной информации для вариантных расчетов по моделям, анализ ее достоверности и корректировка. Авторами настоящей статьи такая система разрабатывается для поддержки группы моделей прогнозирования формирования и развития единого транспортного пространства России. В данной статье рассматриваются модель в форме системного описания ее объектов исследования и структура аппарата геоинформационной поддержки прикладного использования этой модели, получившего название ПРОСТОП (Прогнозирование Развития Опорной Сети Транспортной Отрасли России).

СТРУКТУРА МОДЕЛИ ОПОРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Предлагаемая экономико-математическая модель используется для решения задачи в следующей формулировке: определить вариант развития на перспективу опорной транспортной сети России, обеспечивающий рациональное взаимодействие входящих в нее видов транспорта при предоставлении услуг потребителям в соответствии с прогнозируемыми параметрами развития последних. В качестве территорий, для которых возможно прикладное использование этой модели, могут рассматриваться разные уровни их иерархии: отдельный субъект Федерации – регион с детализированным представлением элементов транспортного комплекса; федеральный округ – макрорегион как совокупность регионов, последовательно связанных транспортными сетями; группа федеральных округов как совокупность макрорегионов, имеющих общее транспортное пространство; страна в целом с включением крупных транспортных центров третьих стран, для которых транспортное пространство России может стать связующим звеном в организации грузоперевозок.

Перечисленные типы территорий в своей совокупности представляют иерархически связанную систему регионов. От уровня иерархии территории зависит соответствие схематичного отражения в модели сети каждого вида транспорта в ее реальной конфигурации. Кроме того, уровень иерархии определяет детальность учета проявлений специфики во взаимодействии видов транспорта в пределах разных территорий. Для формализованного представления в модели взаимодействия видов транспорта между собой и каждого из них с потребителями услуг принят ряд исходных посылок, справедливых для территории любого из названных выше уровней иерархии.

1. Транспортная система макрорегиона рассматривается как *агрегат транспортных комплексов входящих в него регионов*. Основные требования к формализации структуры такого объединения заключаются в том, чтобы при моделировании обеспечивался адекватный учет особенностей

- формирования в перспективе потребностей в услугах транспорта в пределах территорий отдельных регионов, т.е. пространственной структуры зарождения и погашения грузопотоков;
- взаимодействия потребителей смежных регионов на рынке транспортных услуг, связанных с осуществлением межрегиональных связей;
- взаимодействия разных видов транспорта при реализации внутренних и внешних транспортно-экономических связей как отдельного региона, так и групп смежных регионов. Эти виды в зависимости от конкретной структуры, объемов, дальности и стоимости грузоперевозок будут либо выступать конкурентами, либо дополнять или «подменять» друг друга, что должно выявляться в результате расчетов по модели.

2. В качестве *территориальных единиц моделирования зарождения и погашения грузопотоков* рассматриваются:

- в явном виде – крупные промышленно-транспортные узлы региона;
- в неявном виде – остальные части территорий смежных регионов, которые по обеспечению соответствующих услуг, не имея собственных крупных транспортных узлов, тяготеют к тому или иному выделенному узлу. Эта «привязка» фиксируется на стадии конкретизации постановки задачи³.

Такая схема формализации обеспечивает более полное и адекватное отражение в модели текущего состояния и изменений в перспективе поэлементной структуры транспортного комплекса каждого региона в зависимости от сдвигов в производственной и пространственной структурах его хозяйства. Выбор узлов и их количества, принимаемого для решения прикладных задач, определяется для каждого ре-

³ При организации серии прикладных расчетов с разными вариантами состава территорий, тяготеющих к тому или иному узлу, делаются сравнительные оценки альтернатив «привязки». Такие оценки могут быть использованы при постановке и решении других задач по оптимизации схем грузоперевозок для выявления предпочтительных вариантов «оконтуривания» зон влияния будущих узлов (центров) с логистическими принципами организации перевозочного процесса.

гиона на базе анализа: а) густоты и сложности конфигурации региональных сетей по каждому виду транспорта и схемы их «пересечения» с учетом возможной реализации проектов усиления участков или нового строительства; б) масштабов и возможных схем «территориальной привязки» прогнозируемых запросов потребителей на транспортные услуги.

3. *Потребителями транспортных услуг* выступают в модели объекты отраслей хозяйственного комплекса⁴ каждого промышленно-транспортного узла. Но они «персонифицируются» только на стадии подготовки исходной информации и в процессе последующего анализа результатов расчетов. Здесь каждый из них рассматривается как «грузовладелец» с двумя типами заданных (в соответствии с отраслевыми прогнозами) показателей:

- объемом выпуска основной продукции, предъявляемым им к перевозке – к вывозу за пределы узла (т.е. выпуск за минусом внутриузлового потребления);
- объемами тех из учитываемых в задаче видов продукции⁵, которые он ввозит из-за пределов узла для обеспечения основного технологического процесса и других производственных потребностей.

В модель эти показатели включаются в форме заданных ограничений на суммарный «вывоз» или «ввоз» соответственно одноименной продукции рассматриваемыми производственными объектами узла.

4. Транспортный комплекс региона рассматривается в модели в виде *точечных и линейных элементов*, как существующих, так и намечаемых к формированию (созданию) в перспективе.

⁴ Социальная функция транспорта в явном виде в модели не представлена. Эта нагрузка учитывается через корректировку ограничений на пропускную способность участков сетей в соответствии с прогнозируемыми масштабами и направлениями пассажиропотоков.

⁵ Виды продукции отождествляются в модели с укрупненными видами груза, принятыми в официальной российской статистике по транспорту. В качестве самостоятельного вида выделяются перевозки грузов в контейнерах, осуществляемые между третьими странами с использованием транспортного пространства России.

Точечные элементы – транспортные узлы, совпадающие с крупными промышленно-транспортными узлами. В каждом из них функционируют один или несколько видов транспорта, конкурирующих за потребителя услуг при зарождении грузопотоков.

Линейные элементы – участки сети (плечи), связывающие смежные транспортные узлы.

Такая схема формализации функциональной структуры транспортной системы обеспечивает при расчетах по модели учет вариативности объемных показателей взаимодействия разных видов транспорта в зависимости от конкретных схем размещения поставщиков и потребителей продукции разных видов, т.е. от особенностей пространственного аспекта процессов зарождения грузопотоков и от множества возможных схем их перемещения. Эти показатели выступают исходной базой для последующих разработки и обоснования структуры транспортно-экономических балансов как отдельных регионов, так и территории любого иерархического объединения.

5. Для каждого вида транспорта каждого узла в модели рассматривается четыре вида работ, обусловленных предоставлением услуг потребителям: **погрузка** – зарождение в узле грузопотока; **выгрузка** – погашение в узле грузопотока либо в полном объеме, либо его части; **перегрузка** – смена в узле вида транспорта для дальнейшей перевозки груза; **переработка транзита** – пропуск грузопотока без выгрузки и смены вида транспорта.

При таком подходе к формализации появляется дополнительная возможность получения интервальных оценок параметров развития в прогнозный период технической и технологической баз⁶, обеспечивающих в необходимых масштабах усиление пропускной и перерабатывающей способности элементов региональных транспортных комплексов.

⁶ Эти оценки формируют для частных задач по каждому виду транспорта область поиска допустимых решений, ориентированных на разработку транспортно-технологических балансов.

6. **Объемы переработки транзитных грузопотоков** определяются в процессе расчетов по модели разными способами для узлов разного типа:

- для внешнего – исходя из жестко заданных ограничений на объем груза, ввозимого (вывозимого) из-за пределов (за пределы) исследуемой территории;
- для внутреннего – в соответствии с величиной переменной, которая является частью входящего в транспортный узел суммарного объема грузопотока, выступающего тоже искомой величиной. Эти объемы определяются в процессе расчетов в зависимости от выбираемых схем реализации любых транспортно-экономических связей – межрегиональных, экспортно-импортных и отвечающих обязательствам, принятым государством в части обслуживания экспортно-импортных операций третьих стран.

7. В качестве обязательных условий выбора допустимых решений в модель включены **группы ограничений**, которые по количественному выражению отождествляются с верхними или нижними ограничениями на объемы грузопотока, перерабатываемого точечными и линейными элементами каждого вида транспорта:

- ожидаемые в перспективе объемы зарождения и погашения грузопотоков в соответствии с заданной пространственной и товарной структурой их в пределах исследуемой территории;
- мощности элементов транспортной системы на начало прогнозного периода: точечных – по видам работ, выраженных в объемах переработки грузов, линейных – по пропускной и/или провозной способности, выраженной в объемах перевозимых грузов;
- допустимые приросты мощностей элементов транспортной системы, которые могут быть обеспечены в прогнозный период независимо от увеличения внутреннего и внешнего спроса на транспортные услуги в прогнозный период.

Кроме этих групп в модель вводятся ограничения по ресурсам, необходимым для развития опорной транспортной системы России, т.е. для обеспечения приростов мощностей элементов транспортной системы в разрезе регионов и видов транспорта.

8. Основным критерием расчетов по модели принят *минимум суммарных приведенных затрат, необходимых для развития опорной транспортной системы на конец прогнозного периода*. При проведении серии расчетов в аналитических целях критерием может выступать минимум времени, затраченного на доставку определенного вида груза: по транспортной сети в целом; по отдельному маршруту транспортной сети (в комбинации видов транспорта), который в перспективе может стать составным звеном крупного транспортного коридора, в том числе и международного статуса.

Построенная в соответствии с перечисленными выше посылками экономико-математическая модель является линейно-программной моделью: структурно-функциональной – с позиций исследуемых проблем развития транспортного комплекса, пространственной – по способу отражения размещения потребителей услуг транспорта, статической – по способу учета фактора времени. Модель имеет блочную структуру с четко выраженной группой локальных блоков, каждый из которых соотносится с определенным видом груза. Условия функционирования и требования к работе линейных элементов транспортной системы – участков сети формализуются в связующем блоке. Функционально в связующем блоке в процессе расчетов проверяется допустимость возможных вариантов схемы межрегионального обмена продукцией. Кроме того, этот блок дополняется переменными и уравнениями, позволяющими получать оценочные показатели необходимого ресурсного обеспечения для прогнозируемого варианта развития транспортной системы исследуемой территории. Таким образом, предлагаемая модель дает возможность определять оптимальные нагрузки на разные виды транспорта при условии их совместной работы по обеспечению заданных объемов внутри- и межрегионального обмена продукцией.

СХЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ВАРИАНТНЫХ РАСЧЕТОВ

Система программных средств вариантных расчетов по описанной выше модели реализована по следующей схеме⁷. В среде СУБД MS SQL были спроектированы и созданы *главная база данных*, отражающая существующее состояние транспортной сети России (ТСР), и программные средства ее актуализации. Особенность конкретного содержания базы заключается в том, что последняя ориентирована не только на потребности расчетов по модели формирования опорной ТСР. В нее включены исходные данные, необходимые как для решения других задач, связанных с использованием группы моделей прогнозирования формирования и развития единого транспортного пространства страны, так и для некоторых аналитических целей, например для сравнительного анализа влияния транспорта на социально-экономическое развитие регионов страны. В главной базе выделяются информационная и картографическая составляющие – подбазы. В первой содержится информация об основных объектах ТСР – узлах и плечах и о продуктах (видах груза) как объектах перевозочного процесса.

Узел, т.е. точечный элемент транспортного комплекса, – географический пункт, для которого определены виды транспорта и виды работ каждого из них, связанные с подготовкой заданных для узла видов груза к перевозке или завершению перевозочного процесса. В множестве узлов по каждому продукту выделяются узлы-производители (пункты погрузки), узлы-потребители (пункты выгрузки), а для всех видов продуктов – стыковочные узлы (пункты перегрузки).

Плечо, т.е. элементарная единица транспортной сети, – условный вектор, соединяющий смежные узлы. Плечо параметризуется длиной (км), пропускной способностью в направлении вектора перевозки

⁷ Программная реализация комплекса выполнена магистрантами НГУ М. Поттером и И. Серебренниковым.

между смежными узлами (млн т) и тарифами на перевозку по продуктам и видам транспорта (руб./т·км).

Продукт, т.е. вид груза, – группа товаров в номенклатуре перевозок, к которой приводятся все возможные производимые и потребляемые продукты.

Вторая подбаза выступает в качестве самостоятельной составляющей главной базы в связи с тем, что картографическое отображение информации, предоставляемой пользователю, является важным элементом программного комплекса ПРОСТОР. К этому виду данных относятся

- компьютерные (оцифрованные) копии карт, отражающих, как правило, политическое или административное деление России и мировой системы на субъекты. Карты собраны в специальном хранилище. Их разнообразие позволяет пользователю выбрать карту, наиболее подходящую по масштабу и совокупности входящих субъектов;
- примитивы координатного описания отображаемых на картах информационных объектов. К примитивам относятся географическая точка (определяемая широтой и долготой), поименованный отрезок, соединяющий две географические точки, путь (непрерывная конечная последовательность неповторяющихся отрезков) и контур (путь, начинающийся и заканчивающийся в одной географической точке). Очевидна вложенность примитивов. Так, отрезок описывается указанием (ссылкой) на начальную и конечную его точки, описание пути заключается в указании списка имен составляющих его отрезков, а сложные контуры задаются последовательностью путей или отрезков.

Всем пользователям предоставляются средства оперативного просмотра содержимого главной базы данных как в полной конфигурации ТСР, так и в разрезе отдельных продуктов и видов транспорта. Для оперативной визуализации результатов для пользователя разработан набор различных средств экранной визуализации данных: тра-

диционная табличная, картографическая, различные виды деловой графики (гистограммы, круговые диаграммы, линейные и столбчатые графики и др.).

В соответствии с представленной выше моделью работы транспорта (которая отличается от классической транспортной задачи наличием множества видов транспорта, возможностью смены вида транспорта, наличием специфических видов деятельности по переработке грузов) в автоматизированном режиме строится файл в формате MPS и осуществляется оптимизация. Такая реализация подготовки и последующего решения задачи оптимизации позволяет

- упростить проведение вариантных расчетов;
- автоматизировать и ускорить построение рабочих файлов, не заставляя пользователя заниматься рутинной работой по структурированию и заполнению разделов MPS-файла;
- визуализировать исходные данные, а в дальнейшем и результаты расчетов по модели в стандартном или специально разработанном пользовательском формате и картографическом представлении;
- накапливать результаты расчетов по отдельным вариантам для дальнейшего анализа с целью подготовки обосновывающих материалов для структур, принимающих решения по формированию опорной транспортной сети России.

Визуализация исходных данных, процесса решения и представления результатов оптимизации существенно повышает интерактивность системы, позволяет пользователю работать в привычных терминах, не отвлекаясь на технические подробности и выполнение большого объема рутинной работы. Это оставляет время и обеспечивает «простор» для проведения и анализа результатов серий расчетов, осуществляемых для различных гипотез о развитии транспортной сети и работе разных видов транспорта при различных уровнях прогнозируемого спроса на транспортные услуги. Такие расчеты выполнялись в ИЭОПП СО РАН с помощью оптимизационного пакета линейного программирования SOL, разработанного в ИВМиМГ СО РАН под ру-

ководством Г.И. Забиняко. Реализованная схема проведения расчетов по модели представлена следующей последовательностью этапов (см. рисунок).

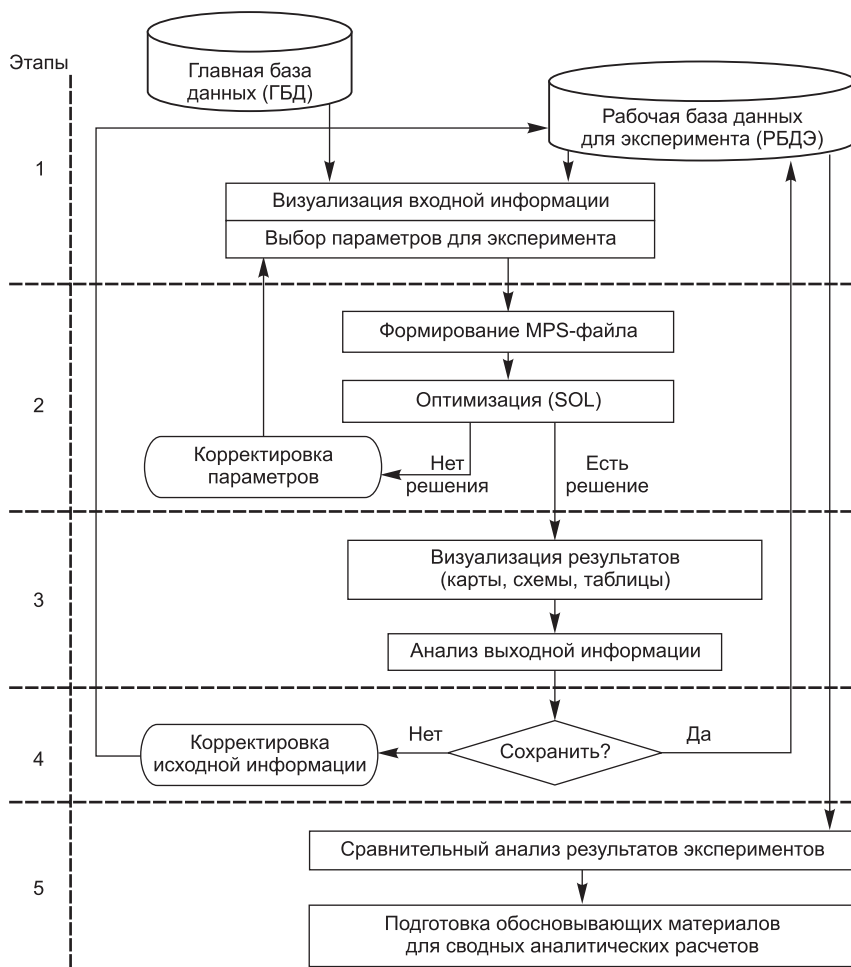


Схема проведения расчетов по прогнозированию развития опорной транспортной сети с использованием системы программных средств ПРОСТОП

1. Подготовка модели к вариантным оптимизационным расчетам. С помощью средств редактирования пользователь, проводящий эксперимент, готовит из главной базы данных (ГБД) нужную для расчетов конфигурацию ТСР⁸. При этом могут меняться любые параметры: и структурные (добавление/вычеркивание узлов и плеч), и информационные (тарифы, мощности узлов и плеч, номенклатура и объемы перевозимых грузов, структура допустимых видов транспорта). Подготовленная конфигурация – рабочая база данных для эксперимента (РБДЭ) имеет ту же логическую структуру и те же форматы, что и информационная подбаза ГБД, а потому может быть просмотрена пользователем всеми имеющимися средствами визуализации.

2. Проведение сеанса оптимизации. Этот этап осуществляется с помощью оптимизационного пакета SOL. Однако предварительно технологиями комплекса ПРОСТОР автоматически делается преобразование данных РБДЭ в требуемый для пакета формат MPS. В случае положительного завершения работы пакета результат, который пакет оптимизации также представляет в формате MPS, автоматически преобразуется в структуры и форматы, принятые в комплексе для информационных баз данных. Автоматическое преобразование в форматы MPS и обратно делается достаточно быстро и безошибочно, тем самым ликвидируются основные недостатки при использовании оптимизационного пакета в «ручном» режиме.

3. Визуализация результатов расчетов и их анализ. Поскольку результаты представлены в принятых для комплекса форматах, они могут быть просмотрены пользователем всеми средствами визуализации на предмет предварительного анализа. Анализ включает: а) проверку логической непротиворечивости исходной информации и результатов (несмотря на формальное существование решения); б) оценку «близости» вариантов, не вошедших в оптимальный план;

⁸ В качестве базиса при подготовке данных для нового эксперимента могут выступать данные предыдущих экспериментов (см. этап 4), т.е. данные из РБДЭ.

в) оценку устойчивости полученного решения к изменчивости исходных данных и т.п.

4. **Сохранение результатов экспериментов.** Если результаты представляют интерес, то они могут быть сохранены в отдельной папке РБДЭ, т.е. там же, где были сохранены исходные данные.

5. **Сравнительный анализ и подготовка аналитических отчетов.** На основе серии экспериментов пользователь осуществляет их содержательный анализ и подготавливает обосновывающие материалы для аналитических отчетов. Если результаты экспериментов требуют корректировки исходных данных, то пользователь вносит соответствующие изменения в параметры расчетов и повторяет второй и третий этапы работы⁹.

По предложенной схеме были проведены экспериментальные расчеты, которые показали ее большие возможности в части привлечения широкого круга экспертов для организации «мозгового штурма». Непосредственно в присутствии всего экспертного сообщества исходная информация и соответствующие ей результаты расчетов стали доступными для восприятия и «моментального» анализа. Появляется возможность оперативно строить и проверять различные гипотезы развития опорной транспортной сети, согласованно корректировать исходные данные, работать в режиме интервального задания прогнозов по потенциальным объемам транспортировки грузов и разным уровням тарифов. Такой «общественный и общедоступный» подход к формированию входов и получению выходов их модельных расчетов существенно повышает уровень доверия и к самим методам расчетов, и к качеству результатов.

Рукопись статьи поступила в редколлегию 21.02.2011 г.

© Воробьева В.В., Малов В.Ю., Радченко В.В., Марусин В.В., 2011

⁹ В принципе, в ходе выполнения экспериментов может потребоваться корректировка также исходных данных в ГБД. Это может потребовать участие «администратора» ГБД, например, в случае использования ее автономными исследователями для обеспечения сопоставимости результатов их экспериментов.