

3.11. ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ: МНОГОПРОДУКТОВЫЕ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ¹

Белоусова Н.И., д.э.н., с.н.с., в.н.с., Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии наук, г. Москва;
 Бушанский С.П., к.э.н., с.н.с., Центральный экономико-математический институт Российской Академии наук, г. Москва;
 Васильева Е.М., д.э.н., с.н.с., в.н.с., Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии наук, г. Москва;
 Васильев В.Б., к.э.н., с.н.с., Центральный экономико-математический институт Российской Академии наук, г. Москва

Предлагаемые подходы к моделированию сетевых инфраструктурных подсистем основываются на представлениях теории естественной монополии, методах оптимизации нелинейных сетевых транспортных задач и инвестиционного проектирования. В оценки включены естественно-монопольные индикаторы деятельности с использованием многопродуктовых функций издержек. Представлены результаты компьютерных экспериментов по выявлению и анализу естественно-монопольных свойств транспортных сетей с учетом динамики инвестиций.

[Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ](#)
[Вернуться к СОДЕРЖАНИЮ](#)

ВВЕДЕНИЕ

Реформирование российской экономики включает в себя преобразования, которые касаются разного рода систем: транспорта (и железных дорог в том числе), инженерной городской инфраструктуры, электроэнергетики и т.д. В последние годы стало почти привычным слова «естественная монополия» воспринимать просто как «монополия», особенно, когда они приводятся в контексте различных ограничений и запретов антимонопольного характера². Тем более, что на практике компания, называемая естественной монополией и / или легально относимая к ней³ (как правило, путем ценового поведения, реализующего преимущества естественно-монопольного статуса), часто стремится превратиться в обычную монополию. При этом меры, которые предпринимают антимонопольные службы для тарифного регулирования, не оказывают существенного воздействия на ее финансовое положение, и компания (иногда в ущерб общественной эффективности) достигает высоких коммерческих результатов [11, 16].

В современной экономической теории естественная монополия определена как наиболее эффективная бизнес-структура, состоящая из одной-единственной фирмы и обеспечивающая минимизацию (по числу фирм-производителей) совокупных издержек при каждом фиксированном объеме спроса, что математически означает субаддитивность функции издержек анализируемой ком-

пании [2, 27, 19]. К тому же, в рамках указанной теории (а при определенных условиях и в практике проведения экономических реформ за рубежом) было показано, что в особых, специально создаваемых регулятором, рыночных средах естественная монополия вынуждена вести себя как вполне конкурентная структура, не обладающая рыночной властью, т.е. прежде всего, утрачивая возможность назначать монопольно высокие цены, т.к. это становится для нее экономически нецелесообразным [7, 19].

Тем не менее, в российской практике к задаче выявления естественно-монопольных свойств у той или иной компании (задаче идентификации) соответствующие службы государственного управления относятся совершенно иначе.

Практика работы антимонопольных исполнительных служб отличается некоторыми особенностями. Как правило, вопрос включения или не включения компаний в реестр естественных монополистов решается без корректного применения процедуры идентификации, без проведения экономических расчетов, фактически бюрократически. И это много раз подчеркивалось в работах ИСА РАН⁴ (см., например, [4, 5, 8]). На практике критерий идентификации один – наличие или отсутствие сферы или вида экономической деятельности в Федеральном законе «О естественных монополиях».

Все это дает возможность для возникновения как ошибок идентификации, так и разного рода юридических коллизий по таким причинам. Включение в реестр происходит на основе заявлений и анкет, при этом расчеты детерминант естественной монополии (специальных экономических характеристик деятельности) не ведутся. Следовательно, в реестр могут включаться не все компании – естественные монополисты, а кроме того, при назначении тарифов на продукцию тех видов деятельности, которые подпадают под правила указанного закона, требования его норм относительно ценового регулирования не учитываются [9].

В статье рассматриваются теоретические и прикладные (применительно к фрагменту реальной транспортной сети) модели специальных индикаторов эффективности (технологических детерминант, таких как экономия от масштаба, экономия от структуры). Эти индикаторы в значительной мере ориентированы на сопоставление динамики затрат и результатов по освоению перевозок по транспортным сетям заданной конфигурации (в том числе работающих в режимах перегруженности). Это позволяет оценивать эффекты синергии, проявляющиеся в дополнительной экономии совокупных издержек естественных монополий и обусловленные особым, оптимальным или максимально к нему приближенным, способом организации (самоорганизации) перевозок, технологией транспортировки.

Моделирование указанных оценок эффективности сетевой подсистемы и проведение компьютерных экспериментов базируется на агрегированной для сети в целом функции издержек, и соответственно данная статья является продолжением работ [5, 3, 13, 10, 1, 6].

К наиболее сложным проблемам моделирования функций издержек (помимо выбора типа эконометрической модели) относится обеспечение исследователей исходной информацией. При этом она должна максимально полно отвечать гипотезам, которые лежат в основе базовых моделей теории естественной монополии. Под этим мы понимаем затратные характеристики сетевых технологий, в достаточной мере приближенных к их оптимальным значениям. Они не относятся к наблюдаемым, а моделируются специально⁵.

¹ Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-06-00041).

² См., прежде всего, Федеральный закон «О защите конкуренции» от 26 июля 2006 г. №135-ФЗ.

³ Согласно специальному Федеральному закону «О естественных монополиях» от 17 августа 1995 г. №147-ФЗ.

⁴ ИСА РАН – ныне - подразделение Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН (ФИЦ ИУ РАН).

⁵ В зарубежных работах такой подход еще называют инженерным (см., например, [16]).

В нашей работе мы использовали как генератор наблюдаемых данных оптимизационные модели распределения потоков и развития транспортной сети с нелинейными характеристиками в сочетании с имитационными моделями. Все они – основа информационной технологии синтеза сложных сетевых структур (ИТ-С), разработанной в ИСА РАН и ЦЭМИ РАН [13].

В первом разделе статьи обсуждается постановка задачи стратегического планирования развития транспортной сети и дается общая характеристика подходов к ее решению. Во втором разделе приводятся теоретические и прикладные аспекты методологии решения рассматриваемой задачи, включая элементы теории нормативной идентификации естественной монополии и модели важнейших технологических детерминант, уточнение – с использованием сетевой концепции субаддитивности издержек – понятия перегруженности сети, подходы к выбору подходящих прикладных моделей. В третьей части работы представлены результаты компьютерных экспериментов по автодорожной сети, которые иллюстрируют способы моделирования технологических детерминант и возможности их использования для выявления естественно-монопольных свойств транспортной сети.

1. Постановка задачи

Рассматривается задача стратегического планирования развития внегородских транспортных сетей мезоуровня (например, сети внегородских автомобильных дорог в регионе) при растущем спросе на перевозки, что порождает возможные перегрузки и, как следствие, ускоренный рост нелинейных совокупных издержек. Строятся варианты анализируемых сетевых инвестиционных проектов, предусматривающих как модернизацию и усиление существующих звеньев, так и изменения топологии исходной сети (добавления отдельных звеньев или их цепочек для расшивки «узких мест», дублирования фрагментов сети и т.п.).

Теоретическое решение вопросов выбора наиболее эффективного варианта из такого допустимого множества обеспечивается построением моделей оптимизации транспортных сетей с нелинейными характеристиками, формированием основного критерия в виде чистого дисконтированного дохода – с учетом всех составляющих затрат и результатов, имеющих стоимостную оценку. Так, разработанный в [14, 15, 23] декомпозиционный подход к решению задачи развития транспортной сети в итеративном режиме принципиально допускает (на этапе оптимизации структурных характеристик сети) выбор наилучших технических состояний (при устанавливаемых на предыдущем этапе оптимальных значениях загрузок) элементов сети. Это относится не только к существующим, но и новым элементам, изменяющим топологию сети.

Однако такая возможность по отношению к новым элементам носит чисто гипотетический характер. Дело в том, что алгоритмический выбор новых элементов, изменяющих конфигурацию сети, сопряжен с требованиями дополнительной, как правило, трудно доступной информации технико-экономического характера для различных вариантов строительства новых элементов сети. К тому же включение в анализ вариантов нового строительства (при моделировании появления на сети новых узлов и звеньев) увеличивает размерность задачи и услож-

няет вычислительные процедуры. Конечно, резкое усложнение вычислительных процедур при формальном переборе возможных расширений исходной топологии сети (например, при анализе различных вариантов увеличения плотности сети путем добавления новых – по сравнению с исходной конфигурацией ее звеньев) может быть преодолено за счет отказа от полной формализации изменения топологических свойств сети.

Так, разумным представляется подключение экспертов, способных ограничить количество анализируемых вариантов новых элементов сети, связанных с предполагаемым исчерпанием пропускных способностей тех или иных элементов / звеньев транспортной сети. Проблема ограниченности информации об издержках в основном остается, поскольку связана с трудно реализуемой на практике возможностью проведения большого объема предпроектных изысканий и прогнозирования значений требуемых технико-экономических параметров, прежде всего, стоимостных, затратных. Кроме того, имеет место значительная неопределенность потоковой нагрузки, что обусловлено труднопредсказуемыми эффектами связности сети, изменчивостью потоковой нагрузки и т.п.

Поэтому в прикладном аспекте при решении сетевых задач с большим количеством узлов и звеньев обычно и ограничиваются моделированием развития сети фиксированной топологии: осуществляют выбор наилучших вариантов усиления технических состояний только для существующих элементов. Соответственно, предлагается предусмотреть следующее уточнение декомпозиции: отдельно – моделирование оптимального развития существующих элементов сети, и отдельно – моделирование изменений топологии сети. Тогда анализ изменений топологических свойств сети приходится рассматривать как самостоятельную, причем не полностью формализуемую задачу, и для ее решения следует предусматривать дополнительный этап декомпозиционной процедуры. Покажем далее, что на этом этапе может быть полезно использование инструментария теории естественной монополии.

Транспортные сети мезоуровня, в том числе внегородские региональные сети, зачастую принято рассматривать как естественную монополию, хотя в рамках предложенной методологии [5, 6] и реализующих ее компьютерных экспериментов (для однопродуктового случая) было показано, что при существенном увеличении спроса на перевозки транспортная сеть может терять свойства естественной монополии. Выявление таких свойств при стратегическом планировании включает анализ экономических характеристик структуры транспортной сети: изменение топологии, соотношения узлов и звеньев, степени разветвленности, необходимости проектирования дублирующих маршрутов и т.п. С позиций теории естественной монополии анализ подобных характеристик может быть выполнен при решении задачи нормативной идентификации, прежде всего установлении на рассматриваемом сегменте рынка свойства субаддитивности функции издержек, и

транспортная сеть считается не перегруженной до тех пор, пока это свойство сохраняется.

Основное внимание в данной работе сосредоточено на способах построения моделей многопродуктовых функций издержек сетевых подсистем, и впервые применительно к конкретной российской региональной транспортной сети построены пилотные варианты эконометрических моделей диагностики свойств естественной монополии для многопродуктового случая.

Таким образом, именно многопродуктовые модели в настоящей работе использованы для решения задачи по диагностике естественно-монопольных свойств транспортных сетей, которая принята в следующей постановке. Рассматривается задача оценки вариантов стратегического развития внегородских транспортных сетей мезоуровня (например, сети внегородских автомобильных дорог в регионе) и выбора наиболее эффективного при растущем спросе на грузовые и пассажирские перевозки, т.е. применительно к многопродуктовому случаю. Варьируются объемы спроса на перевозки (выпусков продукции / услуг по сети в целом), а также ограничения на бюджет инвестиций в развитие сети (непосредственно или через вариации принимаемой в расчетах нормы дисконта). Требуется: с помощью естественно-монопольных индикаторов, идентифицирующих наличие или отсутствие субаддитивности многопродуктовой функции издержек для сети в целом, определить оценки эффективности / неэффективности деятельности сети, выявить возможные переходы к режимам перегруженности и, как следствие, необходимость структурных, топологических изменений сети (или подключения конкурирующих видов транспорта для передачи им части спроса на перевозки).

Остановимся подробнее на методологии решения данной задачи и представим ряд важнейших аспектов (как теоретических, так и прикладных), включая рассмотрение субаддитивности функции издержек в качестве ключевого свойства естественной монополии в рамках нормативной идентификации, характеристику моделей основных технологических детерминант, уточнение понятия перегруженности сети, формирование сетевой концепции субаддитивности и анализ особенностей построения требуемых прикладных моделей нормативной идентификации.

2. Методология моделирования: важнейшие теоретические и прикладные аспекты

2.1. *Субаддитивность издержек – ключевое свойство естественной монополии в рамках нормативной идентификации.* Если естественную монополию идентифицируют как отраслевую структуру, отвечающую минимальным совокупным издержкам по количеству фирм-производителей, то проверка оптимальности означает тестирование свойства субаддитивности многопродуктовой функции издержек.

Функция совокупных затрат в отрасли $C(\bar{y})$ называется строго субаддитивной для вектора выпуска \bar{y} , если $C(\bar{y}) \geq \sum_{i=1}^k C(\bar{y}^i)$ при любых допустимых

наборах выпусков $\bar{y}^1, \bar{y}^2, \dots, \bar{y}^k$, таких, что $\sum_{i=1}^k \bar{y}^i = \bar{y}$, $\bar{y}^i \geq 0$, причем существуют, как минимум, два положительных значения $\bar{y}^{i1}, \bar{y}^{i2}$.

Для выявления естественной монополии может обоснованно служить именно это свойство. Эта теоретическая конструкция оказалась востребованной среди специалистов в области управления инфраструктурными подсистемами, прежде всего, в зарубежной практике регулирования государством естественных монополий. В РФ она практически не применяется, отсутствуют сформированные на этой основе официальные методики по сегментации естественно-монопольных рынков и отделению естественно-монопольного ядра от потенциально конкурентных сегментов. В реальности же существуют и активно действуют на рынке сложные организованные конгломераты, в которых только ядро может быть естественной монополией как таковой.

В ФЗ РФ «О естественных монополиях» в качестве основной характеристики закреплена такая признак как снижение средних издержек по мере роста объемов выпуска. Согласно теории, необходимым условием естественной монополии является наличие экономии от структуры, а вовсе не экономия от масштаба, тесно связанная со снижением средних издержек, но не тождественная ему⁶. В [3,19] приведены и примеры, и контрпримеры такого рода. Все они подчеркивают, что существуют разные варианты, в том числе отличающиеся от традиционно ожидаемых соотношений между снижением средних издержек, ростом экономии от масштаба, наличием экономии от структуры - для однопродуктового и многопродуктового представления анализируемых инфраструктурных подсистем. Соответственно, складываются ситуации, при которых растущая экономия от масштаба может происходить и при нарушениях в снижении средних издержек, а уменьшающаяся экономия от масштаба не всегда означает отсутствие экономии от структуры и т.п.

Установить, что функция издержек обладает свойством субаддитивности аналитическими методами можно только для случая одного продукта, причем при упрощающих предпосылках. Для нормативной идентификации, проверки необходимых и достаточных условий субаддитивности требуется система технологических детерминант, на основе которой разработан специальный аппарат тестирования на субаддитивность одно- и многопродуктовых функций

⁶ Отношение средних (или лучевых средних) издержек к предельным, определяющее экономию от масштаба, позволяет соизмерять динамику издержек и объемов выпускаемой продукции, анализировать эффективность производства продукции в терминах коэффициентов затратной эластичности. Показатель экономии от структуры - экономии от разнообразия, который в однопродуктовом случае совпадает с определением субаддитивности издержек, - дает возможность определять, будет ли дешевле (по издержкам) организовывать производство в рамках одной единственной фирмы, полностью удовлетворяющей спрос, или в рамках нескольких, меньших фирм, каждая из которых удовлетворяет лишь соответствующую часть спроса и является специализированной по одному или нескольким (несовпадающим) видам продукции.

издержек. Могут быть использованы прямой (на отрицание) и косвенные (на отрицание и на подтверждение) тесты.

Так, прямой тест на отрицание естественной монополии основан на процедуре пошаговой проверки выполнения свойства субаддитивности на специальным образом построенной вычислительной сетке в рамках анализируемой допустимой области (см., напр. [8, 10, 24]).

На проверке необходимого условия субаддитивности – наличия экономии от структуры основан косвенный тест на отрицание естественной монополии.

Имеются примеры приложений теоретических моделей идентификации естественных монополий, в том числе, в публикациях авторов данной статьи. В работе [10] можно найти анализ прикладных моделей, преимущественно используемых за рубежом, применительно к различным отраслевым инфраструктурным подсистемам. В работах [5, 6] представлены исследования по моделированию развития нелинейных транспортных сетей как естественных монополий.

2.2. Теоретические модели естественно-монопольных технологических детерминант. Представим, согласно [19], модели технологических детерминант, которые играют определяющую роль при тестировании многопродуктовых функций издержек на субаддитивность. К ним прежде всего относятся индикаторы экономии от масштаба, экономии от структуры, средние приростные издержки.

Индикатор экономии от масштаба / плотности позволяет сопоставлять динамику роста совокупных издержек с динамикой спроса экономия от масштаба (returns to scale, **RTS** или **S**) – экономия, связанная с увеличением протяженности маршрутов и числа транспортных узлов экономия от плотности (густоты) перевозок (returns to density, **RTD**) – экономия за счет включения внутренних резервов рациональной организации производства при фиксированных сетевых инфраструктурных параметрах:

$$s(\bar{y}) = \frac{C(\bar{y})}{(y, \nabla C(\bar{y}))} = \frac{C(\bar{y})}{\sum_{iyi} \frac{\partial C(\bar{y})}{\partial y_i}} = \frac{1}{\sum_i \frac{\partial \ln C(\bar{y})}{\partial \ln y_i}}.$$

Согласно теоретическим подходам, при нормативной идентификации естественной монополии прежде всего целесообразно ориентироваться на такие технологические детерминанты, как экономия от структуры, средние приростные издержки и т.п. Экономия от структуры оценивается через варианты сравнения функции совокупных издержек естественной монополии как единого субъекта хозяйствования и затрат предприятий, специализированных по видам экономической деятельности и суммарно обслуживающих тот же объем спроса. Оценка средних приростных издержек связана с началом выпуска некоторого продукта или, напротив, прекращением выпуска всех других продуктов.

Индикатор экономии от структуры (**SC**) – это экономия от расширения ассортимента выпуска, совместного производства взаимодополняемых видов продукции:

$$SC(\bar{y}_M) = \frac{\sum_i C(\bar{y}_{T_i}) - C(\bar{y}_M)}{C(\bar{y}_M)},$$

определяется для любого разбиения **P** подмножества **M** выпускаемых в отрасли видов продуктов, $M \subseteq N$, таких что $P = \{T_1, \dots, T_m\}$, где $\cup T_i = M$, $T_i \cap T_j = \emptyset$ для $i \neq j$, $T_i \neq \emptyset$, $m > 1$.

Для иллюстрации приведем частный случай модели определения экономии от структуры: экономия от структуры существует, если:

$$SC = \frac{(C(Y_p) + C(Y_T) - C(Y_{p+T}))}{C(Y_{p+T})} > 0.$$

То есть полные совокупные затраты $C(Y_{p+T})$ для вектора диверсифицированного выпуска $Y_{p+T} = (y_1, y_2, \dots, y_p, y_{p+1}, \dots, y_{p+T})$ меньше чем сумма затрат $C(Y_p)$ и $C(Y_T)$ при ортогональном способе расщепления данного предприятия на два специализированных, более мелких, выпускающих, соответственно

$Y_p = (y_1, y_2, \dots, y_p, 0, \dots, 0)$ и $Y_T = (0, \dots, 0, y_{p+1}, y_{p+2}, \dots, y_{p+T})$.

Индикатор средних приростных издержек (**AIC**). Пусть X, Y, Z, \dots – объемы выпусков различных видов продукции (услуг) компании, $C(X, Y, Z, \dots)$ – функция совокупных издержек при фиксированных ценах на факторы производства. Тогда средние приростные издержки (average incremental cost, **AIC**), которые компания должна понести при дополнительном производстве, например, единицы продукта **X**, не выпускавшегося ранее, при производстве определенной комбинации всех других видов продуктов в объемах Y, Z, \dots определяется по формуле: $AIC_x = [C(X, Y, Z, \dots) - C(0, Y, Z, \dots)] / X$.

В терминах этих индикаторов сформулирована и доказана в [19] одна из систем необходимых и достаточных условий субаддитивности многопродуктовой функции издержек, определяющих естественную монополию в рамках нормативной идентификации. Наличие положительных значений индикатора экономии от структуры во всей допустимой области анализа – необходимое условие; наличие положительных значений индикатора экономии от структуры в сочетании с монотонным снижением индикаторов приростных средних издержек по каждому из рассматриваемых продуктов достаточные условия.

Заметим, что в соответствии с [2, 19] полная система технологических детерминант включает:

- средние издержки (лучевые средние издержки для многопродуктовой отрасли);
- экономию от масштаба – полную, связанную с производством всего набора выпускаемых фирмой продуктов и услуг;
- экономию от масштаба – специфическую, связанную с производством отдельных видов продуктов и услуг;
- экономию от структуры;

- индикаторы динамики (растущей, падающей, постоянной) экономики от масштаба (полной и частичной, специфической);
- предельные издержки и приростные издержки (полные и средние) – при расширении набора выпускаемых фирмой продуктов и услуг.

Для оценки рыночных позиций, связанных как с растущими объемами грузовых и пассажирских перевозок, так и с углублением сегментации рынка услуг, диверсификацией деятельности компании, могут быть использованы как указанные технологические характеристики, так и их сочетания.

2.3. Уточнение понятия перегруженности сети с использованием естественно-монопольных характеристик. Рассмотрим интерпретацию свойств субаддитивности издержек, позволяющую уточнить понятие перегруженности сети и ее элементов, а также способы анализа этих свойств и процедуры моделирования соответствующих оценок на основе декомпозиционного подхода применительно к задаче развития транспортной сети с нелинейными характеристиками затрат [17].

Чаще всего при решении задач оптимизации нелинейных транспортных сетей применяются специально формируемые экзогенные модельные конструкции. Рассчитываются стоимостные характеристики по различным иерархическим уровням (элементу сети, магистральной сети в целом, маршруту следования корреспонденции). Подобные модели строятся в виде функциональных зависимостей, прежде всего, от загрузки отдельных элементов. Уровень технического состояния или степень истощения пропускной способности определенного объекта – следующий по важности в процессе моделирования затрат на перевозки. Остальные факторы, которые определяют технико-эксплуатационное состояние определенного объекта и могут влиять на издержки, включаются в модели оценки затрат как параметры.

Для повышения качества подготовки моделей, согласно практике, лучше всего применять зависимости нелинейного типа. При этом анализ показывает, что такой выбор связан не только с естественными нелинейностями роста затрат, но и с собственным способом моделирования. Когда величина загрузки элемента сети становится близка к уровню пропускной способности, и тем более, когда она фактически исчерпана, происходит резко нелинейный рост реальных издержек (см., например, [14, 28, 18]).

Будем считать, что звенья сети являются не перегруженными, если совокупные издержки на освоение перевозок и развитие растут линейно по мере увеличения их загрузок. Если такие издержки увеличиваются нелинейно, тогда звенья сети считаются перегруженными. Представляется целесообразным разделить типов нелинейности затрат на:

- нелинейность, растущую замедленно (в ситуации, когда средние издержки превышают предельные);
- нелинейность, растущую ускоренно (средние издержки ниже предельных).

Нетрудно показать, что функции издержек (с отрицательной второй производной), линейные и нелинейные (но медленно растущие), могут быть субаддитивны во всей допустимой области загрузок, а функции издержек, растущие с ускорением, способ-

ны утрачивать присущую им субаддитивность по мере роста загрузки. Как показано на рис. 1, область субаддитивности, может быть шире того диапазона загрузки элемента сети, в котором средние издержки снижаются и превышают предельные.

Анализ показывает (см., например, [3]), что область субаддитивности, где значения экономии от структуры положительны, захватывает область нелинейности, в которой издержки начинают расти ускоренно, и экономия от масштаба из растущей или постоянной становится падающей. В этом случае перегруженным будет считаться то звено сети, загрузка которого одновременно удовлетворяет двум условиям:

- соответствует ускоренному росту затрат на перевозки и развитие;
- находится за рамками области субаддитивности объемной функции издержек.

Следовательно, мы можем прийти к выводу, что для сети в целом критериями перегруженности становятся такие особенности:

- резко нелинейный рост издержек на эксплуатацию и развитие сети при растущем спросе на перевозки;
- исчезновение субаддитивности агрегированной функции издержек по сети, связанной с существенной концентрацией потоков на отдельных направлениях и критическим увеличением количества перегруженных звеньев;
- избыточная неравномерность распределения потоков из-за слабой разветвленности, плотности сети.

В полном соответствии с теорией и практикой отраслевого анализа, для построения агрегированной функции издержек по сети в целом наиболее часто применяют эконометрический подход. В работе [10] показано, что при этом значительную сложность представляет выбор вида эконометрической модели – типа нелинейности в функциональных зависимостях издержек на оптимальной технологии, причем в качестве факторов принимаются объемы выпуска продукции (услуг) и цены на ресурсы. Выбор вида эконометрической модели должен отвечать формальным требованиям, которые необходимы для обеспечения априорной непредсказуемости при выявлении субаддитивности.

Оптимизация развития сети – моделирование транспортных сетей как нормативно-дескриптивных систем, дискретность технических состояний элементов сети, необходимость определенного уровня резервов пропускных способностей, обуславливающая наличие невозмещаемых полностью затрат и др. Эти особенности ограничивают возможности построения функции издержек: возникает необходимость конструировать специальные гедонические квази-функции издержек (в том числе, с включением в качестве факторов объемов инвестиций).

Так, если в качестве приближения к подобной агрегированной функции минимальных издержек по сети в целом использовать сепарабельную по звеньям сети функцию издержек, то можно показать, что сформированная подобным образом общесетевая квази-функция издержек (аддитивная по звеньям сети) не обязательно должна сохранять свойство субаддитивности (например, по объемам транспортной работы). При этом, даже если функ-

ции издержек по многим элементам обладают значительной областью субаддитивности, сепарабельная по звеньям сети агрегированная функция издержек не обязательно должна сохранять свойство субаддитивности.

В работе [10] показано, что для такой конструкции агрегирования – на уровне сети в целом – переход от субаддитивной к локально супераддитивной функции зависит от многих обстоятельств: степени субаддитивности объектных функций издержек, количества и длин перегруженных звеньев сети, на которых возникает нарушение этого свойства.

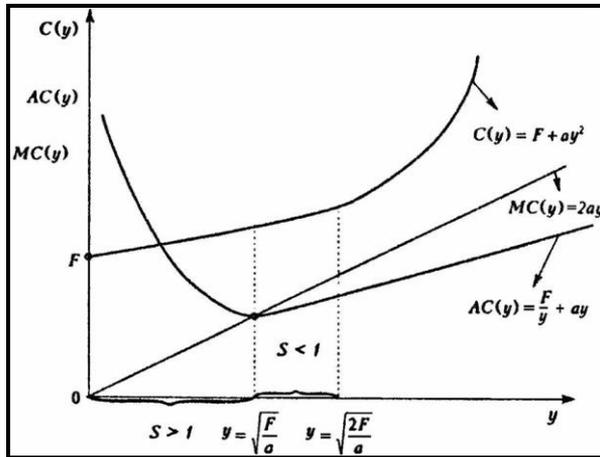


Рис. 1. Вид однопродуктовой функции издержек $C(y)$, субаддитивной в более широкой области, чем область, где $S > 1$

Изменение соотношений параметров условно-переменных и условно-постоянных составляющих затрат возможно на этапе оптимизации развития сети, при выборе наиболее эффективного технического состояния существующего элемента сети (с учетом общих для сети условий и ограничений финансирования инвестиций). К примеру, рост условно-постоянных затрат при освоении инвестиций в развитие сети (следовательно, и увеличение невозмещаемых полностью издержек) отражает модернизацию технологии, что часто связывается с изменением характера нелинейности агрегированной функции издержек, области ее субаддитивности. Следовательно, вид функции издержек на уровне элементов сети, получаемый при подобном способе моделирования изменений в технологии перевозок, приводит к не гладким (не дифференцируемым) зависимостям. Иногда возникают точки изломов, где существуют только производные слева и справа. При этом непосредственная проверка субаддитивности может потребовать дополнительных процедур сглаживания, формирования выпуклых или вогнутых оболочек или их комбинации на определенных временных периодах и т.п.

Таким образом, предлагаемая интерпретация свойства субаддитивности позволяет уточнить понятие перегруженности сети и ее элементов. Необходимость в такого рода уточнении связывается с использованием нелинейных зависимостей указанного типа от загрузок элементов сети на различных

иерархических уровнях. Соответственно тестирование функций издержек на субаддитивность позволяет по новому представить задачи диагностики перегруженности сети и ее элементов.

2.4. *Сетевая концепция субаддитивности.* При реализации принятого подхода, синтезирующего инструментарий теории естественной монополии, теории оптимизации нелинейных сетевых транспортных задач и инвестиционного проектирования, используется предлагаемая в [5, 10] сетевая трактовка субаддитивности, которая формулируется в следующем виде:

- субаддитивность функции издержек для транспортной сети (ее фрагмента) – это экономическая характеристика способов организации и взаимодействия корреспонденций по кратчайшим маршрутам. Кратчайшие маршруты понимаются в смысле минимальных издержек;
- наличие субаддитивности - показатель эффективности распределения загрузки сети (фрагмента сети), порождаемой соответствующими объемами спроса на транспортировку. То есть принимается, что субаддитивность отвечает допустимой концентрации потоков по звеньям, надежности их работы, существенному уменьшению количества «узких мест» в сети, снижению их остроты;
- нарушение субаддитивности при резком росте затрат, вызванном увеличением загрузки, – индикатор перегруженности сети (фрагмента сети). Отсутствие субаддитивности свидетельствует об излишней концентрации потоков на отдельных направлениях, неравномерности распределения потоков из-за слабой разветвленности, плотности сети.

Мы подчеркиваем, что потеря свойств естественной монополии, т.е. нарушение субаддитивности, интерпретируется для целостной и неделимой транспортной сети как показатель необходимости усиления ее разветвленности с созданием дублирующих фрагментов сети (например, платных дорог). Второй вариант – в случае появления по сравнению с исходной топологией замкнутых контуров и параллельных маршрутов. Еще один вариант при нарушении субаддитивности – использование сетей конкурирующих видов транспорта. Как управленческую меру можно рекомендовать изменение цен доступа к транспортной инфраструктуре (при обязательном учете социально ориентированных моделей оптимального или субоптимального ценообразования). Подробнее см. в работе [20].

Значения технологических детерминант (S и SC) на агрегированном уровне для сети в целом позволяют определять критерии «достаточности» (скорее, «недостаточности») степени связности, разветвленности сети. Также они способны указать на необходимость изменения ее конфигурации при установленных ограничениях: недостаточности средств на развитие в сочетании с растущими объемами перевозок. Но даже если сеть имеет статус естественной монополии, ее отдельные фрагменты и звенья могут все так же испытывать перегрузки, оставаясь ее «узкими местами». Таким образом, функции издержек для звеньев или фрагментов сети и аналоги требуемых для диагностики технологических детерминант, соответствующие анализируемому уровню сетевой иерархии, можно применять для обоснования создания дублирующих участков и

(или) обходных маршрутов. Такая задача может быть решена с помощью алгоритмов поиска (с элементами эвристики), также использующих характеристики, которые подобны технологическому детерминанту экономии от структуры.

Предлагаемая система моделей диагностики сети как естественной монополии и построения вариантов развития топологии сети включает:

- модели оптимизации развития транспортной сети с нелинейными характеристиками (по критерию NPV – чистого дисконтированного дохода) в рамках $IT-S$;
- модели по применению $IT-S$ для генерации ненаблюдаемых данных;
- модели (в том числе эконометрические) построения агрегированной общесетевой и локальных функций издержек по вводимой иерархии: сеть в целом – фрагмент – объект (звено);
- оценки технологических детерминант (S , SC , ASC) по принятой иерархии;
- диагностику перегруженности сети в целом и ее фрагментов (выявление соотношений $SC < 0$; $ASC < 0$ при нормативной идентификации естественной монополии);
- построение вариантов развития исходной топологии (дублирование отдельных звеньев и их цепочек – маршрутов следования корреспонденций).

Проведенные исследования по реализации такого подхода показывают [5, 6, 21], что представление транспортной сети (и / или ее фрагментов) как естественной монополии оказывается вполне продуктивным и на этапе усиления существующих звеньев сети фиксированной топологии, и на этапе выбора рациональных вариантов ее изменения. Показано, что при растущем спросе на перевозки использование методов нормативной идентификации естественной монополии, в основе которых лежит тестирование издержек на субаддитивность для сети фиксированной топологии, позволяет диагностировать переход к режиму перегруженности сети и потерю свойства естественной монополии синергии. При этом диагностика естественной монополии свойств обеспечивает корректировку допустимого множества альтернатив по развитию сети (в пространстве объемов спроса и инвестиций), обоснованное сокращение количества анализируемых вариантов, исключение ситуации «выбора лучшего из худших».

На откорректированном множестве альтернатив по развитию сети фиксированной топологии может выполняться дополнительный этап декомпозиционной процедуры выбора рациональных вариантов изменения топологии сети. На этом этапе анализ естественной монополии свойств позволяет диагностировать перегруженность фрагментов сети. И в предположении – на основе оценок экономии от структуры – возможности расширения топологии сети путем дублирования соответствующих фрагментов сети (с последующим перераспределением потоков по кратчайшим путям), проблему отсутствия информации о затратных характеристиках новых элементов сети в значительной степени удается ослабить.

2.5. *Выбор пригодных для проверки субаддитивности функциональных форм при эконометрическом моделировании многопродуктовой функции издержек.* Некоторые особенности выбора пригод-

ных для выявления субаддитивности типов эконометрических моделей (применительно к оценке перегруженности транспортной сети) были рассмотрены в п.2.3. настоящей статьи. Исходя из решения более широкого круга задач, связанных с оценкой субаддитивности многопродуктовых функций (квази-функций) издержек, можно отметить, что в целом сложности построения квази-функций издержек удается избежать, заменив эконометрический подход непараметрическим, который не требует выбора подходящих функциональных форм.

Как альтернативу можно предложить инженерный подход, который, применительно к задачам диагностики естественной монополии свойств транспортной сети и оценке ее перегруженности основывается на использовании специальной информационной технологии синтеза сетевых структур для генерации недостающих данных [13]. В основе этой версии лежит возможность моделирования оптимального способа осуществления перевозок и развития сети, и таким образом обеспечивается детализированное табличное представление функции издержек. Соответственно, для однопродуктового случая тестирование функций издержек на субаддитивность с использованием для дискретных аналогов технологических детерминант (при определенных, зачастую весьма ограничительных, условиях) может быть применено для диагностики перегруженности сети и ее элементов (см. п. 3.1). Инженерный подход может служить генератором данных при эконометрическом моделировании функции издержек и для многопродуктового случая (см. п. 3.2).

С использованием системы технологических детерминант, представленных в п. 2.2, для решения поставленной в п. 1 задачи выбора экономически целесообразных вариантов расширения исходной топологии транспортной сети мезоуровня, работающей с высоким уровнем загрузки, предложен подход [5, 6, 21], основанный на триаде: методы оптимизации нелинейных сетевых транспортных задач, методы инвестиционного проектирования и методы анализа естественной монополии свойств целостных и территориально неделимых инфраструктурных подсистем.

Соответственно, процедура решения базируется на генерации данных, недостающих в официальной отраслевой статистике, которая выполняется в рамках $IT-S$ методами оптимизации (с элементами имитации) нелинейных сетевых транспортных задач, а также на выборе при эконометрическом моделировании специальных типов функциональных форм. Имеются в виду особые типы функциональных форм, пригодные для тестирования многопродуктовых издержек на субаддитивность. Ключевую проблему при эконометрическом моделировании естественной монополии характеристик представляет построение оценок экономии от структуры, и для получения требуемых оценок в [30, 29] предложены специальные комбинированные формы многопродуктовых функций издержек.

Рассмотрим, следуя в основном указанным работам, обобщенную модельную конструкцию, которая

позволяет представлять как наиболее употребительные функциональные формы, используемые в прикладных моделях функций издержек, так и специальные комбинированные формы, в большей мере ориентированные на выявление свойств субаддитивности. В такой модельной конструкции принята общая форма записи функциональных форм многопродуктовых функций издержек, которая использует преобразование Бокса-Кокса [22]:

$$y^{(\varphi)} = \begin{cases} \frac{y^\varphi - 1}{\varphi} & \text{при } \varphi \neq 0 \\ \ln y & \text{при } \varphi = 0 \end{cases};$$

$$C^{(\varphi)} = \{\exp[A] \times \exp[B]\}^{(\varphi)} = f^{(\varphi)}(\bar{q}, \ln \bar{r}),$$

где **A**:

$$\left(\alpha_0 + \sum \alpha_i \times q_i^{(\pi)} + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times q_i^{(\pi)} \times q_j^{(\pi)} + \sum_{i,k} \delta_{ik} \times q_i^{(\pi)} \ln r_k \right);$$

B:

$$\beta_0 + \sum \beta_k \ln r_k + \frac{1}{2} \sum_{k,l} \beta_{kl} \times \ln r_k \times \ln r_l + \sum_{i,k} \mu_{ik} \times q_i^{(\pi)} \times \ln r_k,$$

q_i – объем выпуска продукта i ;
 r_k – цена на ресурс вида k .

φ, π, τ – параметры, значения которых в принятой модельной конструкции определяют тот или иной вид многопродуктовой функции издержек.

Тогда широко употребительная стандартная транслоговая спецификация **TMCF**, получаемая при ($\varphi = 0, \pi = 0, \tau = 1$), примет вид:

$$\ln C = \alpha'_0 + \sum \alpha_i \times \ln q_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times \ln q_i \times \ln q_j + \sum_{i,k} \delta'_{ik} \times \ln q_i \times \ln r_k + \sum \beta_k \times \ln r_k + \frac{1}{2} \sum_{k,l} \beta_{kl} \times \ln r_k \times \ln r_l$$

$$\alpha'_0 = \alpha_0 + \beta_0 - 1 \text{ и } \delta'_{ik} = \delta_{ik} + \mu_{ik}.$$

При этом долевые уравнения (по лемме Шепарда [31])⁷, позволяющие переходить к решению системы одновременных регрессионных уравнений, примут вид:

$$\gamma_s = \sum \delta'_{is} \times \ln q_i + \beta_s + \sum \beta_{sl} \times \ln r_l.$$

Также широко используемая обобщенная транслоговая спецификация **GTMCF**, получаемая при ($\varphi = 0, \pi \neq 0, \tau = 1$), примет вид:

⁷ Лемма Шепарда позволяет определять оптимальный объем расходуемых ресурсов через соответствующие производные по ценам на них: $\frac{\partial C}{\partial r_s} = x_s$. При доказательстве этой леммы использованы соотношения, выполняемые для функции издержек, т.е. в условиях оптимальной технологии: $\frac{\partial C}{\partial r_s} \times \frac{r_s}{C} = x_s \times \frac{r_s}{C} = \gamma_s$ или $\frac{\partial \ln C}{\partial \ln r_s} = \gamma_s$.

$$\ln C = \alpha'_0 + \sum \alpha_i \times q_i^{(\pi)} + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times q_i^{(\pi)} \times q_j^{(\pi)} + \sum_{i,k} \delta'_{ik} \times q_i^{(\pi)} \times \ln r_k + \sum \beta_k \times \ln r_k + \frac{1}{2} \sum_{k,l} \beta_{kl} \times \ln r_k \times \ln r_l,$$

$$\text{где } q_i^{(\pi)} = \begin{cases} \frac{q_i^\pi - 1}{\pi} & \text{при } \pi \neq 0 \\ \ln q_i & \text{при } \pi = 0 \end{cases},$$

$$\alpha'_0 = \alpha_0 + \beta_0 - 1 \text{ и } \delta'_{ik} = \delta_{ik} + \mu_{ik}.$$

Соответственно долевые уравнения имеют вид:

$$\gamma_s = \sum \delta'_{is} \times q_i^{(\pi)} + \beta_s + \sum \beta_{sl} \times \ln r_l.$$

В частности, формируемая в рамках общей модельной конструкции сепарабельная квадратичная спецификация, получаемая при ($\pi = 1, \tau = 0, \delta_{ik}, \mu_{ik} = 0$ для $\forall i, k$), соответствует такому представлению:

$$C^{(\varphi)} = \{[A] \times \exp[B]\}^{(\varphi)},$$

где **A**:

$$\alpha_0 + \sum \alpha_i \times q_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times q_i \times q_j, \quad q_i = q_i - 1;$$

B:

$$\beta_0 + \sum \beta_k \times \ln r_k + \frac{1}{2} \sum_{k,l} \beta_{kl} \times \ln r_k \times \ln r_l.$$

Соответственно, долевые уравнения имеют вид: $\gamma_s = \beta_s + \sum \beta_{sl} \times \ln r_l$.

Теперь в рамках принятой модельной конструкции приведем специальную форму моделирования многопродуктовой функции издержек, обеспечивающую, как эмпирически обосновано в [29, 30], наиболее предпочтительный способ построения такой естественно-монопольной характеристики, как экономия от структуры, и выполнение корректного тестирования на субаддитивность. Так, комбинированная гибридная спецификация, получаемая при ($\pi = 1, \tau = 0$), соответствует следующему представлению:

$$C^{(\varphi)} = \{[A] \times \exp[B]\}^{(\varphi)},$$

где **A**:

$$\alpha_0 + \sum \alpha_i \times q_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times q_i \times q_j + \sum_{i,k} \delta_{ik} q_i \times \ln r_k,$$

$$q_i = q_i - 1,$$

B:

$$\beta_0 + \sum \beta_k \times \ln r_k + \frac{1}{2} \sum_{k,l} \beta_{kl} \times \ln r_k \times \ln r_l + \sum_{i,k} \mu_{ik} q_i \times \ln r_k.$$

При этом долевые уравнения имеют вид:

$$\gamma_s = (\sum \delta_{is} \times q_i) \times \left(\alpha_0 + \sum \alpha_i \times q_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times q_i \times q_j + \sum_{i,k} \delta_{ik} q_i \times \ln r_k \right)^{-1} + \beta_s + \sum \beta_{sl} \times \ln r_l + \sum \mu_{is} \times q_i.$$

Функции издержек, соответствующие комбинированной гибридной спецификации, еще называют композит-

ными⁸. Им, как показано в [29], отвечают функции издержек, наиболее адекватные для проверки субаддитивности. Такая композитная модель включает в себя:

- квадратичную по выпускам форму, впервые предложенную в [19], как наиболее пригодную для измерения экономии от структуры (когда затраты на специализированные производства не наблюдаемы), специфической (по отдельным выпускаемым продуктам), полной экономии от масштаба, субаддитивности;
- квадратичную в логарифмах форму по ценам на ресурсы, принятую в приведенных выше широко распространенных транслговых функциональных формах.

При $\varphi = 1$ композитная функция издержек имеет вид:

$$C = (\alpha_0 + \sum \alpha_i \times q_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times q_i \times q_j + \sum_{i,k} \delta_{ik} q_i \times \ln r_k) \times \exp \left(\beta_0 + \sum \beta_k \times \ln r_k + \frac{1}{2} \sum_{k,l} \beta_{kl} \times \ln r_k \times \ln r_l + \sum_{i,k} \mu_{ik} q_i \times \ln r_k \right) + \varepsilon$$

При $\varphi = 0$ композитная функция издержек имеет вид:

$$\ln C = \ln(\alpha_0 + \sum \alpha_i \times q_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_{ij} \times q_i \times q_j + \sum_{i,k} \delta_{ik} q_i \times \ln r_k) + \beta_0 + \sum \beta_k \times \ln r_k + \frac{1}{2} \sum_{k,l} \beta_{kl} \times \ln r_k \times \ln r_l + \sum_{i,k} \mu_{ik} q_i \times \ln r_k + \varepsilon.$$

Распространенность в прикладном моделировании транслговых (квадратичных в логарифмах) форм обусловлена их возможностью одновременного выполнения свойств регулярности (в соответствии с выводами теории двойственности для функций издержек) и гибкости (гладкости 2-го порядка) по Диверту [25]. В общем случае одновременное выполнение этих свойств не гарантируется, и для улучшения качества формируемых прикладных моделей приходится искать разумный компромисс между регулярностью и гибкостью. Исследование функциональных форм, пригодных для установления факта субаддитивности издержек, подтвердило, как показано в [29, 30] необходимость поиска подобных компромиссов⁹.

3. Компьютерные эксперименты

3.1. *Моделирование оценок перегруженности сети (однопродуктовый случай).* Здесь мы рассмотрим, довольно жгато, опыт использования процедуры нормативной идентификации естественной монополии в отношении внегородских автодорожных сетей одного из регионов нашей страны. Эта работа – продолжение исследований авторов [5, 6, 21]. Напомним, что в них моделируемая агрегированная общесетевая функция издержек рассматривалась как однопродуктовая. Это означает допущение о том, что по сети транспортируется один обобщенный вид продукта.

⁸ Заметим, что идея создания композитных форм как функций издержек, так и производственных функций – для решения специальных задач определения структурных характеристик технологии производства – развивается и в России (см., например, [12]).

⁹ Подробнее о необходимости сочетания свойств регулярности, гибкости и пригодности для обеспечения приемлемого качества прикладных моделей см., например, в [10].

Результаты компьютерных экспериментов по реальным автодорожным сетям иллюстрируют возможность использования технологических детерминант как для анализа эффективности сложившейся конфигурации, так и рассмотрения новых решений по ее расширению (с учетом инвестиционных возможностей) при растущем спросе на перевозки.

Отметим, что для транспортной сети в целом отрицательные значения показателя экономии от структуры однозначно – для случая перемещения по сети однородного потока – указывают, что дополнительные издержки, связанные со строительством дублирующей сети, полностью компенсируются экономией затрат на освоение растущего объема спроса на перевозки. Для фрагмента сети характеристика экономии от структуры или ее аналог используется при диагностике «узких мест», выявлении экономической целесообразности строительства дублирующих фрагментов сети, соответствующего локального изменения исходной топологии. В итоге синтез указанных подходов позволяет (с использованием эвристических приемов) получать оценки достаточности топологии сети на основе указанных индикаторов эффективности применительно и к транспортной сети в целом, и к фрагментам сети.

В работе [6] для однопродуктового случая предложен аналог оценки экономии от структуры (**ASC**) для фрагмента сети, ограниченный бинарным расщеплением объемной характеристики потока на звене сети. Например, для обоснования целесообразности проектирования дороги-дублера при однородном потоке **ASC** имеет вид:

$$ASC = \frac{(C(Y_1) + C(Y_2) - C(Y_1 + Y_2))}{C(Y_1 + Y_2)} < 0.$$

Это означает, что совокупные издержки на транспортировку и развитие дороги $C(Y_1 + Y_2)$ для суммарного объема загрузки $Y_1 + Y_2$ больше чем сумма издержек $C(Y_1)$ и $C(Y_2)$ на перевозку объема Y_1 по исходной дороге и – по ее предполагаемому дублеру – объема Y_2 (с учетом затрат на строительство).

При таком изменении топологии сети значение **ASC** в процентах дает оценку потенциального снижения издержек. В абсолютном выражении **ASC** показывает потенциально возможную дополнительную экономию совокупных издержек, если, например, проложить новые (разгружающие) маршруты следования корреспонденций, включая дороги-дублеры.

При моделировании принимается, что уровень спроса на перевозки агрегированно задается в виде объема перевозок. В функцию издержек, отвечающую оптимальной сетевой технологии перевозок, в качестве аргумента по объему выпуска продукции вводится характеристика объемов перевозок на звеньях. Соответственно, на низшем иерархическом уровне (уровне отдельного звена), используются известные показатели, технологические детерминанты: экономия от масштаба или экономия от

плотности (**S**), экономия от структуры (**SC**), а также их дискретные аналоги (типа **ASC**).

Расчеты были проведены в предположении о перемещении по сети (рис. 2) однородного продукта (объемы которого измеряются обобщенной величиной грузо- и пассажиропотоков, выражаемой в суммарном количестве грузовых и пассажирских поездок). В целях диагностики перегруженности сети (и / или отдельных ее фрагментов) и отыскания допустимых вариантов разгружающих маршрутов используется индикатор экономии от структуры **SC** (совпадающий в однопродуктовом случае с определением субаддитивности издержек) и его аналог

ASC. Значение **SC** показывает, на сколько процентов можно

было бы снизить совокупные сетевые издержки при сохранении естественно-монопольных свойств. **ASC** показывает возможную дополнительную экономию совокупных издержек на отдельных участках сети, если, например, проложить новые маршруты следования корреспонденций, построив дороги-дублиры, и перераспределить потоки также по предельным издержкам, как это принято в пошаговых алгоритмах нелинейной оптимизации транспортных сетей [15, 14, 23, 28, 18], или, напротив, часть объема спроса передать другим, альтернативным видам транспорта.

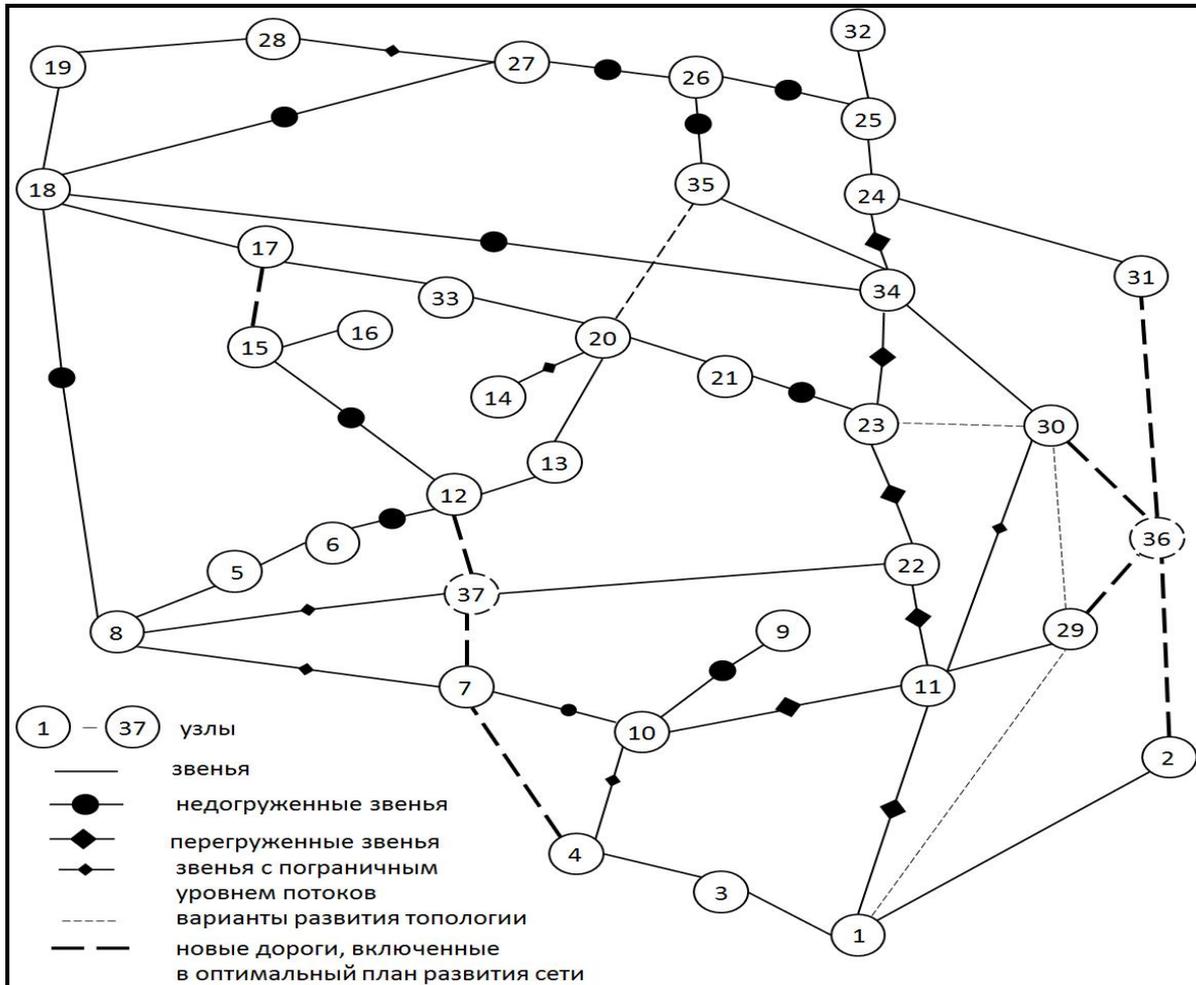


Рис. 2. Конфигурация анализируемой сети

Как указывалось в работах [5, 6], при выбранной степени агрегации данных получаются следующие результаты. Даже в ситуации полного дублирования топологии сети возникают случаи, при которых дополнительные вложения в строительство такой сети не будут компенсироваться экономией издержек при ее эксплуатации. Показатель **SC** принимает как положительные, так и отрицательные значения. Причем положительные значения **SC** относятся к области, которая более широка, чем идентифицируемая значениями растущей экономии от масшта-

ба. Следовательно, при перегрузках сети, которая объясняется растущим объемом перевозок, сеть лишается свойств естественной монополии. При этом такие свойства в рассматриваемом однопродуктовом случае полностью идентифицируются структурной характеристикой **SC**.

Исходя из этого, напрашивается такой вывод: изменение знака индикатора с положительного на отрицательный может указывать на исчерпание области субаддитивности совокупных издержек. А это связано с усилением нелинейности их роста по мере роста

спроса на перевозки, и, соответственно, с переходом к режиму перегрузки. Но даже если сеть в целом сохраняет статус естественной монополии, то некоторые ее фрагменты и звенья могут быть по-прежнему перегружены. Эта транспортная сеть, как и любая другая, как правило, неоднородна по плотности дорог и уровню потоков, что означает нарушение ее естественно-монопольных свойств на отдельных участках.

В табл.1 приводятся значения **ASC**, когда моделирование характеристик осуществлялось на уровне отдельных звеньев или их цепочек. Отрицательное значение **ASC** означает, что ввод в модель нового параллельного звена с такими же параметрами, как и существующее, в оптимальном решении даст дополнительную экономию совокупных затрат.

Исходная топология сети дополнялась – с использованием анализа субаддитивности издержек звеньев и цепочек звеньев – так, чтобы убрать потоки с перегруженных звеньев (линий, обозначенных на рис. 2 большим ромбом в центре) на маршруты из звеньев, где условия субаддитивности не нарушены (обычные линии) или могут выполняться при увеличении потоков (линии с кругом в центре). При этом не допускалась дополнительная нагрузка на звенья с небольшими (по абсолютной величине) и убывающими значениями индикатора **ASC** (линии с небольшим ромбом в центре). Пунктирными линиями показаны рассмотренные варианты новых дорог, наилучшие из них (включенные в новый оптимальный план развития сети) обозначены жирным пунктиром.

Таблица 1

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ASC И ОПТИМАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ПО НЕКОТОРЫМ ЗВЕНЬЯМ СЕТИ ДЛЯ ИСХОДНОЙ И НОВОЙ ТОПОЛОГИИ

Параметры	Звенья (порядковые номера смежных узлов)											
	1-11	10-11	7-10	11-22	22-23	12-15	8-18	18-34	23-34	24-34	18-27	26-35
Исходная сеть												
Потоки, тыс. авт. в сутки	96	136	69	186	177	32	78	70	138	129	26	26
ASC , млн. руб.	-26	-45	-89	-325	-112	-66	-60	-77	-99	-65	-47	-30
Новая сеть												
Потоки, тыс. авт. в сутки	24	87	24	108	108	11	116	61	106	104	63	12
ASC , млн. руб.	-26	0	-16	-69	-29	7	-66	23	-58	-14	15	9

Новые цепочки звеньев 2-36-30, 2-36-31, 29-36-30 позволяют разгрузить существующий перегруженный маршрут 11-22-23-34, увеличивая нагрузку на звено 18-27. Звено 4-7 дублирует дорогу 10-11 и является частью нового маршрута 4-7-37-12-15-17, улучшающего связность сети и сокращающего расстояния поездок для ряда корреспонденций. Добавление новых звеньев позволяет улучшить оптимальное значение чистого дисконтированного дохода **NPV** (рассчитанного за 20-летний период эксплуатации сети) на 20 млрд. руб. в ценах 2012 г. при снижении суммарных строительных затрат на 18%. Улучшился и суммарный для сети (по всем звеньям) показатель **ASC**: с (-846) до (-88) млн. руб.

Предлагаемые процедуры, как показывает опыт компьютерного моделирования, дают возможность обоснованно сузить множество допустимых вариантов развития сети и в определенной степени учесть неполноту исходных данных при моделировании изменений топологии сети в расчетах оценок эффективности инвестиционных проектов. Эксперименты подтверждают, что использование методов нормативной идентификации естественной монополии позволяет улавливать переход к режиму перегруженности сети фиксированной топологии. Однако следует иметь в виду предупреждение авторов [19] относительно влияния степени агрегации на получаемые выводы компьютерных экспериментов и целесообразность перехода от однопродуктовых к многопродуктовым функциям издержек при построении прикладных моделей.

3.2. *Моделирование оценок перегруженности сети (многопродуктовый случай).*

3.2.1. *Исходные условия и предпосылки в расчетах.* В данном разделе рассматриваются результаты ком-

пьютерных экспериментов по анализу естественно-монопольных свойств развиваемой транспортной сети, впервые полученные при моделировании многопродуктовых функций издержек. Информационную основу, как и в однопродуктовом случае, составляет реализация изложенного выше инженерного подхода к генерации ненаблюдаемых данных. Сформулируем предварительно, опираясь на изложенные выше методологические положения, перечень исходных предпосылок и условий, которым отвечают проведенные эксперименты.

1. Исходная транспортная сеть представлена тем же фрагментом сети автомобильных дорог РФ, что и в п. 3.1 (см. рис. 2), в виде графа, состоящего из 35 узлов и 48 звеньев общей протяженностью 190 км.

2. Моделируемый массив данных по спросу на перевозки (в предположении его монотонного роста) представляет собой матрицу 25 × 25, в которую включены 25 значений грузовых поездок в пределах (0-30,5 млн. в год) и пассажирских (0-79,9 млн. в год).

3. В качестве основной характеристики оптимальной технологии определяется – с использованием информационной технологии синтеза сложных сетевых структур (**IT-S**) – массив: 625 значений совокупных издержек (млрд. руб. в год), отвечающих оптимальному варианту распределения (по кратчайшим маршрутам в смысле предельных издержек) и развития сети, минимизирующему совокупные издержки для каждой моделируемой пары объемов спроса на грузовые и пассажирские перевозки.

4. Агрегированная функция совокупных издержек по сети в целом, на основе которой выявляются естественно-монопольные свойства сети, моделируется эконометрическим способом по 625 точкам

для объемов спроса на грузовые и на пассажирские перевозки с использованием квадратичной функциональной формы, и результаты серии таких экспериментов для многопродуктового (двухпродуктового) случая представлены в п. 3.2.

5. Предполагается, что каждое из указанных 625 значений агрегированной функции издержек соответствует статическому сечению в модели развития сети (**IT-S**).

6. Технология перевозок моделируется в обобщенном смысле – включается и распределение потоков, и развитие сети, причем рассматривается сеть заданной топологии (без трассировки и строительства новых дорог), а под развитием понимается модернизация (и / или реконструкция) существующих звеньев для повышения их пропускной способности (улучшение дорожного покрытия, увеличение числа полос и т.п.).

7. Модернизация (и / или реконструкция) существующих звеньев сети моделируются в виде потенциального улучшения технических состояний звеньев, что соответствует возможному (с учетом ограничений на объем инвестиций) изменению категорииности дорог от низшей до высшей категории.

8. Экзогенный спрос представлен в виде объемов как грузовых, так и пассажирских перевозок – без учета пространственного фактора; при этом территориальная привязка спроса осуществляется в процессе преобразования объемов перевозок в соответствующую многослойную (по видам перевозимых грузов) шахматную таблицу корреспонденций по транспортной сети.

9. Цены на ресурсы – для упрощения – считаются постоянными, в том числе учтена инфляция издержек (путем дефлирования с использованием общего индекса инфляции – дефлятора валового внутреннего продукта (ВВП) – без учета структурной инфляции), что позволяет моделировать агрегированную общесетевую функцию издержек как функцию только от объемов выпусков двух видов продукции (объемов грузовых и пассажирских перевозок), т.е. как многопродуктовую функцию издержек.

10. Агрегированная функция издержек по сети в целом моделируется для ряда сценариев развития сети, различающихся:

- во-первых, величиной ограничений на суммарный объем инвестиций, включая граничные сценарии, в которых рассматривается моделирование развития сети как без ограничений на инвестиции, так и при существенном сжатии их объемов;
- во-вторых, величиной нормы дисконта, также допускающей интерпретацию введения ограничений на объемы более дорогих (при больших нормах дисконта) или более дешевых (при меньших нормах дисконта) инвестиций, т.е. цен на соответствующий ресурс.

11. Относительно суммарного объема инвестиций допускается, что этот объем может быть использован на развитие сети в течение 5-летнего периода до начала эксплуатации. Далее, в течение последующих лет, также включаемых в период расчета **NPV** проекта по развитию сети (с учетом постоянной величины дисконта), предполагается, что сеть будет работать при достигнутом уровне технических состояний ее звеньев.

Применительно к анализируемой региональной транспортной сети (см. рис. 2) разработан способ формирования исходных данных для моделирования двухпродуктовой функции издержек, отвечающей оптимизации технологии работы сети мезоуровня с нелинейными затратными характеристиками при растущем спросе и на грузовые, и на пассажирские перевозки. Многовариантные расчеты при различных исходных гипотезах проводились с использованием EViews, Mathcad и Excell.

3.2.2. *Анализ оценок естественно-монопольных характеристик при фиксированном значении нормы дисконта и варьировании ограничений на бюджет инвестиций.* Приведем результаты серии расчетов, в которых при построении пилотных вариантов моделей оценки естественно-монопольных индикаторов использованы прежде всего квадратичные по выпускам функции издержек в предположении, что динамикой цен на факторы производства можно пренебречь, и норма дисконта постоянна и равна 0,1. Объемы выпуска, т.е. спроса на грузовые перевозки по сети в целом, в расчетах обозначены **x1**; объемы спроса на пассажирские перевозки по сети в целом обозначены **x2**. Рассматриваются сценарии работы и развития анализируемой сети, отличающиеся величиной ограничений на суммарный объем инвестиций, включая граничные сценарии, в которых рассматривается моделирование развития сети как без ограничений на инвестиции, так и при существенном сжатии их объемов.

Агрегированная функция издержек по сети в целом, на основе которой выявляются естественно-монопольные свойства сети, моделируется эконометрическим способом по 625 точкам для объемов спроса на грузовые и на пассажирские перевозки. В расчетах двухпродуктовой функции издержек с учетом исходных предпосылок п. 3.2.1 принята квадратичная форма. Результаты моделирования соответствующей многопродуктовой функции издержек с использованием пакета **EViews** для сценария развития сети без ограничения на бюджет инвестиций приведены на рис. 3.

Dependent Variable: Y
 Method: Panel Least Squares
 Date: 08/20/17 Time: 19:24
 Sample: 1 625
 Periods included: 25
 Cross-sections included: 25
 Total panel (balanced) observations: 625
 $Y=C(1)+C(2)*X1+C(3)*X2+C(4)*0.5*X1^2+C(5)*X1*X2+C(6)*0.5*X2^2$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	426046.4	9673.927	44.04069	0.0000
C(2)	0.328445	0.001185	277.0877	0.0000
C(3)	0.115636	0.000452	255.8085	0.0000
C(4)	-1.04E-09	7.66E-11	-13.52209	0.0000
C(5)	-1.55E-10	1.17E-11	-13.25718	0.0000
C(6)	-4.14E-11	1.11E-11	-3.711442	0.0002

R-squared	0.999682	Mean dependent var	8344696.
Adjusted R-squared	0.999679	S.D. dependent var	4260916.
S.E. of regression	76333.68	Akaike info criterion	25.33317
Sum squared resid	3.61E+12	Schwarz criterion	25.37577
Log likelihood	-7910.616	Hannan-Quinn criter.	25.34972
F-statistic	388731.6	Durbin-Watson stat	0.234364
Prob(F-statistic)	0.000000		

Рис. 3. Результаты расчета без ограничений на объем инвестиций

Компьютерные расчеты средних значений естественно-монопольных индикаторов (экономии от структуры, экономии от масштаба, природных средних по каждому из переменных выпуска) показывают, что эффективно развиваемая транспортная сеть сохраняет свойства естественной монополии в отсутствие ограничений на инвестиции (табл. 2). При этом по мере роста спроса экономия от структуры имеет место, хотя и постепенно исчерпывается, и динамика остальных технологических детерминант также отвечает условиям естественной монополии: средние приростные издержки снижаются по каждому из продуктов. Значения экономии от масштаба по всей выборке в среднем превышают единицу, что указывает на эффективный характер деятельности сети.

Таблица 2

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЕЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (РАСЧЕТ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ НА БЮДЖЕТ ИНВЕСТИЦИЙ)

Среднее арифметическое				Среднее геометрическое	
SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2	AIC(x1) по x1	AIC(x2) по x2	S(x1,x2) по x1	S(x1,x2) по x2
0,238	0,246	0,321	0,115	---	---
0,214	0,220	0,321	0,115	1,389	1,376
0,196	0,200	0,321	0,115	1,322	1,306
0,182	0,184	0,321	0,115	1,282	1,265
0,170	0,171	0,321	0,115	1,254	1,237
0,160	0,160	0,321	0,115	1,233	1,216
0,126	0,126	0,320	0,114	1,173	1,157
0,107	0,106	0,320	0,114	1,143	1,130
0,094	0,093	0,319	0,114	1,125	1,114
0,085	0,084	0,318	0,114	1,113	1,104
0,078	0,077	0,318	0,113	1,104	1,097
0,072	0,071	0,317	0,113	1,097	1,092
0,068	0,066	0,317	0,113	1,091	1,088

0,064	0,063	0,316	0,113	1,086	1,086
0,061	0,059	0,315	0,113	1,083	1,084
0,058	0,057	0,315	0,112	1,080	1,083
0,056	0,054	0,314	0,112	1,077	1,083
0,053	0,052	0,313	0,112	1,075	1,082
0,052	0,050	0,313	0,112	1,073	1,083
0,050	0,049	0,312	0,111	1,071	1,083
0,048	0,047	0,312	0,111	1,070	1,084
0,047	0,046	0,311	0,111	1,069	1,085
0,046	0,045	0,310	0,111	1,068	1,086
0,045	0,044	0,310	0,110	1,067	1,088
0,044	0,043	0,309	0,110	1,066	1,089

Результаты дополнительных расчетов (в соответствии с данными табл. 2) также показывают, что в отсутствие ограничений на инвестиции зависимость затратной эластичности по выпускам (обратной величины к многопродуктовой экономии от масштаба) от объемов инвестиций, расходуемых в среднем на развитие сети для каждой пары задаваемых объемов спроса на грузовые и пассажирские перевозки, имеет вид, представленный на рис. 4.

Из графика на рис. 4 видно, что средние значения затратной эластичности по выпускам постепенно увеличиваются по мере развития сети, соответствующего росту спроса на грузовые и пассажирские перевозки, но не превосходят единицы. Это означает, что на каждый процент прироста спроса совокупные издержки на работу и развитие сети прирастают меньше, чем на один процент, т.е. рост издержек отстает от роста объемов выпуска, что также свидетельствует об эффективности деятельности сети.

На рис. 5 представлена диаграмма средних значений показателя экономии от структуры.

Данные, представленные на рис. 5, иллюстрируют ситуацию выполнения необходимого условия естественной монополии, когда значения **SC**, убывая в рассматриваемой области переменных выпусков (грузовых поездок в пределах от 0 до 30,5 млн. в год, и пассажирских – от 0 до 63,9 млн. в год), всюду остаются положительными (**SC > 0**).



Рис. 4. Вид зависимости затратной эластичности по выпускам от объемов инвестиций (без ограничений на инвестиции)

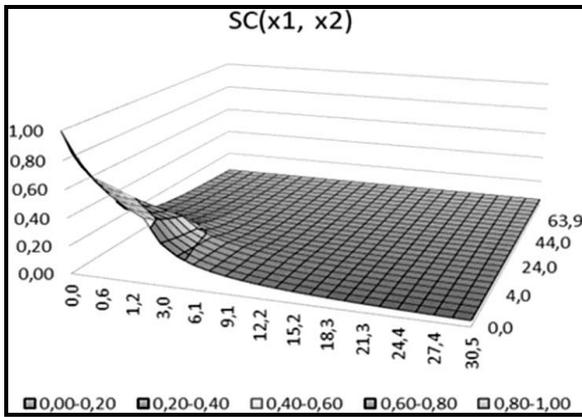


Рис. 5. Экономия от структуры (развитие сети без ограничений на инвестиции)

Рассмотрим далее результаты расчетов естественно-монопольных характеристик для сценариев с ограничениями на объемы инвестиций. В отличие от предыдущего варианта, расчеты показывают, что сжатие объема инвестиций (по вариантам: до 15 млрд. руб., до 10, до 5 млрд. руб.) изменяет оценки естественно-монопольных свойств. Соответствующие средние значения аналогичных естественно-монопольных индикаторов приведены в табл. 3-5.

Результаты расчетов показывают, что в условиях растущего спроса на перевозки экономия от структуры сети – при положительных ее значениях – может резко снижаться (более чем на порядок), вызывая исчезновение, как правило, растущей экономии от масштаба. Кроме того, может сопровождаться ростом средних приростных издержек по каждому из видов перевозок (см. данные табл. 3), что, согласно теории, ведет к нарушению достаточных условий субаддитивности функции многопродуктовых издержек, и, наконец, может переходить в область отрицательных значений (табл. 4, 5). Последнее означает нарушение необходимого условия существования естественной монополии, в данном примере – утрату свойства комплементарности грузовых и пассажирских перевозок, осуществляемых по одним и тем же дорогам.

Таблица 3

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (РАСЧЕТ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ НА БЮДЖЕТ ИНВЕСТИЦИЙ 15 МЛРД. РУБ. В ГОД)

Среднее арифметическое				Среднее геометрическое	
SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2	AIC(x1) по x1	AIC(x2) по x2	S(x1,x2) по x1	S(x1,x2) по x2
0,302	0,313	0,299	0,106	---	---
0,282	0,290	0,299	0,106	1,531	1,511
0,264	0,270	0,300	0,106	1,442	1,417
0,249	0,254	0,300	0,106	1,385	1,359
0,236	0,239	0,300	0,106	1,344	1,317
0,225	0,226	0,301	0,106	1,312	1,285
0,181	0,180	0,303	0,107	1,217	1,192
0,151	0,149	0,304	0,108	1,165	1,145
0,130	0,127	0,306	0,108	1,131	1,114
0,113	0,110	0,308	0,109	1,105	1,092

0,099	0,097	0,309	0,110	1,085	1,075
0,088	0,086	0,311	0,110	1,068	1,062
0,079	0,076	0,313	0,111	1,054	1,051
0,071	0,069	0,315	0,112	1,041	1,041
0,064	0,062	0,316	0,112	1,030	1,033
0,058	0,056	0,318	0,113	1,020	1,025
0,052	0,050	0,320	0,114	1,011	1,019
0,047	0,045	0,321	0,114	1,002	1,013
0,043	0,041	0,323	0,115	0,994	1,008
0,039	0,037	0,325	0,116	0,987	1,003
0,035	0,034	0,327	0,116	0,980	0,998
0,032	0,030	0,328	0,117	0,973	0,994
0,029	0,028	0,330	0,118	0,967	0,989
0,026	0,025	0,332	0,118	0,961	0,986
0,023	0,022	0,333	0,119	0,955	0,982

Таблица 4

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (РАСЧЕТ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ НА БЮДЖЕТ ИНВЕСТИЦИЙ 10 МЛРД. РУБ. В ГОД)

Среднее арифметическое				Среднее геометрическое	
SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2	SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2	SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2
0,691	0,789	0,103	0,013	–	–
0,677	0,762	0,109	0,016	–	–
0,664	0,735	0,116	0,018	–	–
0,650	0,709	0,122	0,021	–	–
0,636	0,684	0,129	0,023	–	–
0,623	0,660	0,135	0,026	–	–
0,553	0,547	0,167	0,038	–	2,042
0,482	0,448	0,199	0,050	–	1,475
0,411	0,361	0,231	0,063	1,547	1,205
0,339	0,284	0,264	0,075	1,155	1,041
0,270	0,217	0,296	0,087	0,957	0,932
0,205	0,158	0,328	0,099	0,834	0,854
0,145	0,106	0,360	0,112	0,751	0,795
0,091	0,061	0,392	0,124	0,693	0,750
0,043	0,022	0,424	0,136	0,650	0,715
0,003	-0,013	0,457	0,148	0,618	0,687
-0,032	-0,042	0,489	0,161	0,593	0,664
-0,062	-0,068	0,521	0,173	0,574	0,645
-0,086	-0,091	0,553	0,185	0,559	0,629
-0,107	-0,110	0,585	0,197	0,546	0,615
-0,124	-0,127	0,617	0,210	0,536	0,604
-0,138	-0,141	0,650	0,222	0,528	0,594
-0,150	-0,154	0,682	0,234	0,522	0,585
-0,159	-0,165	0,714	0,247	0,516	0,578
-0,167	-0,174	0,746	0,259	0,511	0,572

Таблица 5

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (РАСЧЕТ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ НА БЮДЖЕТ ИНВЕСТИЦИЙ 5 МЛРД. РУБ. В ГОД)

Среднее арифметическое				Среднее геометрическое	
SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2	SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2	SC(x1,x2) по x1	SC(x1,x2) по x2
0,731	1,009	0,095	0,052	–	–
0,697	0,915	0,122	0,063	–	–

0,666	0,831	0,150	0,073	–	–
0,638	0,756	0,177	0,083	–	–
0,613	0,689	0,204	0,094	–	–
0,591	0,629	0,231	0,104	–	–
0,521	0,392	0,368	0,156	–	–
0,465	0,221	0,504	0,208	–	–
0,316	0,086	0,640	0,260	0,575	0,698
0,091	-0,024	0,777	0,312	0,456	0,581
-0,096	-0,114	0,913	0,364	0,423	0,527
-0,215	-0,186	1,049	0,416	0,412	0,497
-0,285	-0,242	1,186	0,468	0,410	0,480
-0,325	-0,284	1,322	0,520	0,411	0,470
-0,348	-0,316	1,458	0,572	0,413	0,463
-0,359	-0,340	1,595	0,624	0,416	0,459
-0,364	-0,358	1,731	0,676	0,419	0,457
-0,364	-0,371	1,867	0,728	0,422	0,455
-0,362	-0,380	2,004	0,780	0,425	0,455
-0,357	-0,387	2,140	0,832	0,427	0,455
-0,352	-0,391	2,276	0,884	0,430	0,455
-0,346	-0,394	2,413	0,936	0,432	0,455
-0,340	-0,395	2,549	0,988	0,435	0,456
-0,333	-0,395	2,685	1,040	0,437	0,456
-0,326	-0,394	2,822	1,092	0,439	0,457

Заметим по данным табл. 3, что при не слишком жестком ограничении на инвестиции (хотя свойство субаддитивности и нарушается из-за растущей динамики средних приростных издержек), экономия от масштаба продолжает оставаться близкой к единице, т.е. сеть продолжает работать эффективно и условие комплементарности грузовых и пассажирских перевозок сохраняется. И картина совершенно меняется при дальнейшем ужесточении ограничений на инвестиции: данные табл. 4 и 5 показывают, что деятельность оптимально развиваемой сети фиксированной топологии перестает быть эффективной по всем из рассматриваемых естественно-монопольных индикаторов, и требуются структурные преобразования.

Результаты моделирования многопродуктовой функции издержек с использованием пакета *EViews* для сценария развития сети с ограничениями на бюджет инвестиций 10 млрд. руб. приведены на рис. 6-8, и эти результаты могут быть сопоставлены с приведенными ранее иллюстративными материалами по моделированию для сценария без ограничений на ресурсы (см. рис. 3-5).

Dependent Variable: Y				
Method: Panel Least Squares				
Date: 02/10/18 Time: 22:36				
Sample: 1 625				
Periods included: 25				
Cross-sections included: 25				
Total panel (balanced) observations: 625				
Y=C(1)+C(2)*X1+C(3)*X2+C(4)*0.5*X1^2+C(5)*X1*X2+C(6)*0.5*X2^2				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	2776889.	178341.0	15.57067	0.0000
C(2)	-0.006016	0.021852	-0.275304	0.7832
C(3)	-0.058753	0.008334	-7.050156	0.0000
C(4)	1.62E-08	1.41E-09	11.44202	0.0000
C(5)	8.05E-09	2.15E-10	37.38520	0.0000
C(6)	4.09E-09	2.06E-10	19.91840	0.0000
R-squared	0.966534	Mean dependent var	10141792	
Adjusted R-squared	0.966264	S.D. dependent var	7661556.	
S.E. of regression	1407229.	Akaike info criterion	31.16170	
Sum squared resid	1.23E+15	Schwarz criterion	31.20430	
Log likelihood	-9732.030	Hannan-Quinn criter.	31.17825	
F-statistic	3575.497	Durbin-Watson stat	0.275811	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Рис. 6. Результаты расчета при ограничении на объем инвестиций 10 млрд. руб.



Рис. 7. Вид зависимости затратной эластичности по выпускам от объемов инвестиций (при ограничении на инвестиции 10 млрд. руб.)

Из графика на рис. 7 видно, что средние значения затратной эластичности по выпускам (в соответствии с данными табл. 4) постепенно растут по мере развития сети, соответствующего росту спроса на грузовые и пассажирские перевозки, причем становятся больше единицы, когда спрoсoвая нагрузка на сеть увеличивается значительно. Это в данном случае означает, что работа развиваемой сети до определенного уровня нагрузки остается эффективной, а затем по мере увеличения нагрузки становится неэффективной. Действительно, приводимая на рис. 7 зависимость показывает, что с какого-то момента рост издержек начинает опережать рост объемов выпуска более чем в 1,5 раза

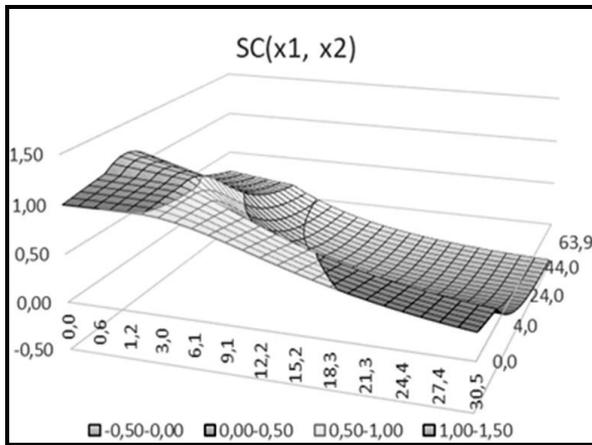


Рис. 8. Экономия от структуры (развитие сети при ограничении на инвестиции 10 млрд. руб.)

Данные, представленные на рис. 8, иллюстрируют ситуацию нарушения необходимого условия естественной монополии при существенном увеличении нагрузки на сеть. Положительные значения **SC**, убывая в рассматриваемой области переменных выпусков, с какого-то момента становятся отрицательными ($SC < 0$), т.е. транспортная сеть утрачивает естественно-монопольные свойства.

Приводимые результаты расчетов вполне соответствуют давно сложившимся и обоснованным представлениям о нецелесообразности ужесточения ограничений на инвестиции в развитие сети, которое приводит к неэффективности ее структуры и деятельности, потере в том числе присущего естественным монополиям синергетического эффекта. В итоге неэффективная экономия на инвестициях в развитие инфраструктурных подсистем приводит к их хроническому отставанию.

3.2.3. Анализ оценки естественно-монопольных характеристик при варьировании значений нормы дисконта. Приведем результаты серии расчетов, в которых, в отличие от предыдущих сценариев, варьируется только норма дисконта и ограничения на бюджет инвестиций отсутствуют. При построении пилотных вариантов моделей оценки естественно-монопольных индикаторов также использованы прежде всего квадратичные по выпускам функции издержек в предположении, что динамикой цен на факторы производства можно пренебречь. Компьютерные расчеты средних значений естественно-монопольных индикаторов (экономии от структуры, экономии от масштаба, приростных средних по каждому из переменных выпусков) показывают, что эффективно развиваемая транспортная сеть сохраняет свойства естественной монополии в отсутствие ограничений на инвестиции при значении нормы дисконта 10% (табл. 6). При этом по мере роста спроса экономия от структуры имеет место, хотя и постепенно исчерпывается, и динамика остальных технологических детерминант также отвечает естественной монополии: средние приростные издержки снижаются по каждому из продуктов. Значения экономии от масштаба по всей выборке, хотя и снижаются по

мере роста объемов выпуска, в среднем превышают единицы, что указывает на эффективный характер деятельности сети. Подобная картина наблюдается и при других значениях нормы дисконта, принимаемых в расчетах: 15% (табл. 7) и 30% (табл. 8). Другими словами, при таком варьировании дисконта сеть остается неперегруженной.

Таблица 6

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (РАСЧЕТ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ НА БЮДЖЕТ ИНВЕСТИЦИЙ, НОРМА ДИСКОНТА 10%)

Среднее арифметическое				Среднее геометрическое	
$SC(x1, x2)$ по $x1$	$SC(x1, x2)$ по $x2$	$SC(x1, x2)$ по $x1$	$SC(x1, x2)$ по $x2$	$SC(x1, x2)$ по $x1$	$SC(x1, x2)$ по $x2$
0,238	0,246	0,321	0,115	–	–
0,214	0,220	0,321	0,115	1,389	1,376
0,196	0,200	0,321	0,115	1,322	1,306
0,182	0,184	0,321	0,115	1,282	1,265
0,170	0,171	0,321	0,115	1,254	1,237
0,160	0,160	0,321	0,115	1,233	1,216
0,126	0,126	0,320	0,114	1,173	1,157
0,107	0,106	0,320	0,114	1,143	1,130
0,094	0,093	0,319	0,114	1,125	1,114
0,085	0,084	0,318	0,114	1,113	1,104
0,078	0,077	0,318	0,113	1,104	1,097
0,072	0,071	0,317	0,113	1,097	1,092
0,068	0,066	0,317	0,113	1,091	1,088
0,064	0,063	0,316	0,113	1,086	1,086
0,061	0,059	0,315	0,113	1,083	1,084
0,058	0,057	0,315	0,112	1,080	1,083
0,056	0,054	0,314	0,112	1,077	1,083
0,053	0,052	0,313	0,112	1,075	1,082
0,052	0,050	0,313	0,112	1,073	1,083
0,050	0,049	0,312	0,111	1,071	1,083
0,048	0,047	0,312	0,111	1,070	1,084
0,047	0,046	0,311	0,111	1,069	1,085
0,046	0,045	0,310	0,111	1,068	1,086
0,045	0,044	0,310	0,110	1,067	1,088
0,044	0,043	0,309	0,110	1,066	1,089

Однако, если сопоставлять усредненные значения естественно-монопольных характеристик при разных нормах дисконта, можно заметить следующее. В целом выявляется слабая зависимость от значений нормы дисконта, особенно для сценариев, в которых норма дисконта увеличивается в 1,5 раза, т.е. при переходе от 10 к 15%.

Ситуация немного меняется при удвоении нормы дисконта, т.е. при переходе от 15 к 30%. Сопоставление средних значений естественно-монопольных характеристик в табл. 9 и 10 показывает следующее. Значения экономии от структуры **SC** практически совпадают при относительно небольшой нагрузке на сеть (примерно, на протяжении одной трети массива объемов выпусков – спроса на грузовые и пассажирские перевозки). А далее при увеличении объемов выпусков экономия от структуры начинает убывать заметно быстрее для сценариев работы и развития сети при значении нормы дисконта 30%. И если снижение по мере роста объемов выпусков

значений экономии от структуры вообще свойственно развиваемым объектам и связано с ростом затрачиваемых на развитие объемов инвестиций, то ускорение такого снижения можно интерпретировать как уменьшение привлекаемых более дорогих инвестиций, уменьшение связанных с этим условно-постоянных издержек и, как следствие, уменьшение области субаддитивности, которую можно считать «запасом прочности» существования естественной монополии и неперегруженности сети.

Таблица 7

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (РАСЧЕТ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ НА БЮДЖЕТ ИНВЕСТИЦИЙ, НОРМА ДИСКОНТА 15%)

Среднее арифметическое				Среднее геометрическое	
$SC(x1,x2)$ по $x1$	$SC(x1,x2)$ по $x2$	$SC(x1,x2)$ по $x1$	$SC(x1,x2)$ по $x2$	$SC(x1,x2)$ по $x1$	$SC(x1,x2)$ по $x2$
0,248	0,254	0,348	0,126	–	–
0,224	0,229	0,348	0,126	1,421	1,402
0,206	0,209	0,348	0,126	1,351	1,329
0,192	0,194	0,347	0,126	1,308	1,286
0,180	0,181	0,347	0,126	1,279	1,257
0,170	0,171	0,347	0,126	1,256	1,235
0,137	0,136	0,345	0,125	1,193	1,174
0,117	0,116	0,344	0,125	1,162	1,146
0,104	0,103	0,343	0,124	1,143	1,130
0,095	0,094	0,342	0,124	1,131	1,120
0,088	0,087	0,340	0,123	1,121	1,113
0,083	0,082	0,339	0,123	1,114	1,108
0,078	0,077	0,338	0,122	1,109	1,105
0,075	0,074	0,337	0,122	1,104	1,104
0,072	0,071	0,335	0,121	1,101	1,103
0,069	0,068	0,334	0,121	1,098	1,103
0,067	0,066	0,333	0,120	1,096	1,103
0,065	0,064	0,331	0,120	1,094	1,104
0,063	0,062	0,330	0,119	1,092	1,105
0,062	0,061	0,329	0,119	1,091	1,106
0,060	0,060	0,328	0,118	1,090	1,108
0,059	0,058	0,326	0,118	1,089	1,110
0,058	0,057	0,325	0,117	1,088	1,112
0,057	0,056	0,324	0,117	1,088	1,115
0,056	0,056	0,322	0,116	1,087	1,117

Соответственно уменьшается (оставаясь при этом больше единицы) экономия от масштаба, причем темпы снижения, как показывают данные табл. 9 и 10, практически совпадают, также, примерно, на протяжении одной трети массива объемов выпусков – спроса на грузовые и пассажирские перевозки. Далее на остальной части массива исходных данных по спросу, по мере увеличения роста объемов выпусков экономия от масштаба начинает снижаться (приближаясь к единице сверху) быстрее при норме дисконта 30%, чем при 15%. Это означает, что затратная эластичность растет быстрее при более дорогих инвестициях, т.е. эффективность работы и развития сети быстрее приближается к своему исчерпанию, когда динамика роста издержек и выпусков совпадают. В том числе такая ситуация может быть проинтерпретирована как снижение инвестиционной активности при оптимизации развития

сети, если цены на инвестиции растут в значительной степени.

Таблица 8

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-МОНОПОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (РАСЧЕТ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ НА БЮДЖЕТ ИНВЕСТИЦИЙ, НОРМА ДИСКОНТА 30%)

Среднее арифметическое				Среднее геометрическое	
$SC(x1,x2)$ по $x1$	$SC(x1,x2)$ по $x2$	$SC(x1,x2)$ по $x1$	$SC(x1,x2)$ по $x2$	$SC(x1,x2)$ по $x1$	$SC(x1,x2)$ по $x2$
0,264	0,268	0,410	0,152	–	–
0,241	0,244	0,409	0,152	1,463	1,439
0,223	0,224	0,409	0,152	1,386	1,362
0,208	0,209	0,409	0,152	1,339	1,315
0,196	0,196	0,409	0,152	1,306	1,283
0,185	0,185	0,409	0,152	1,281	1,258
0,149	0,148	0,408	0,151	1,210	1,190
0,127	0,126	0,407	0,151	1,174	1,157
0,112	0,111	0,406	0,151	1,152	1,138
0,102	0,101	0,405	0,150	1,136	1,125
0,093	0,092	0,404	0,150	1,125	1,117
0,087	0,086	0,403	0,150	1,116	1,111
0,081	0,081	0,402	0,149	1,109	1,106
0,077	0,076	0,401	0,149	1,103	1,103
0,073	0,072	0,400	0,148	1,099	1,101
0,070	0,069	0,399	0,148	1,095	1,100
0,067	0,066	0,398	0,148	1,091	1,099
0,064	0,064	0,397	0,147	1,088	1,099
0,062	0,062	0,396	0,147	1,086	1,099
0,060	0,060	0,395	0,147	1,084	1,100
0,058	0,058	0,394	0,146	1,082	1,101
0,057	0,056	0,393	0,146	1,080	1,102
0,055	0,055	0,392	0,146	1,079	1,103
0,054	0,054	0,391	0,145	1,078	1,105
0,052	0,053	0,390	0,145	1,077	1,107

Сформулируем выводы по результатам экспериментальных расчетов для многопродуктового случая.

1. Применительно к анализируемой региональной транспортной сети разработан способ формирования исходных данных для моделирования двухпродуктовой функции издержек, отвечающей оптимизации технологии работы сети мезоуровня с нелинейными затратными характеристиками при растущем спросе и на грузовые, и на пассажирские перевозки.

2. Для построения пилотных вариантов моделей оценки экономических характеристик (технологических детерминант) использованы прежде всего квадратичные по выпускам функции издержек.

3. Компьютерные расчеты показывают, что эффективно развиваемая транспортная сеть сохраняет свойства естественной монополии в отсутствии ограничений на инвестиции. При этом по мере роста спроса экономия от структуры имеет место, хотя и снижается, и динамика остальных технологических детерминант также отвечает естественной монополии, так что в целом транспортная сеть остается неперегруженной.

4. Сжатие объема инвестиций изменяет оценки естественно-монопольных свойств. И в условиях

растущего спроса на перевозки экономия от структуры сети может не только резко снижаться, вызывая исчезновение, как правило, растущей экономии от масштаба, а также рост средних приростных издержек по каждому из видов перевозок (что ведет к субаддитивности многопродуктовых издержек), но и уходить в область отрицательных значений.

5. Получаемый результат означает нарушение необходимого условия естественной монополии, в данном сценарии – утрату свойства комплементарности грузовых и пассажирских перевозок, осуществляемых по одним и тем же дорогам.

6. Учитывая, что нарушение субаддитивности (потеря свойств естественной монополии) трактуется в случае целостной и неделимой транспортной сети как индикатор перегруженности, можно сделать аналогичный вывод и для многопродуктового случая: использование методов нормативной идентификации естественной монополии при стратегическом планировании эффективного развития транспортной сети позволяет улавливать переход к режиму перегруженности сети.

7. При отсутствии ограничений на бюджет инвестиций выявляется слабая зависимость средних значений естественно-монопольных характеристик от изменений значения нормы дисконта при увеличении ее в 1,5 раза (от 10 до 15%), и более заметная – при увеличении нормы дисконта в два раза (от 15 до 30%). При этом в последнем случае эффективность работы и развития сети снижается с ростом объемов выпуска, уменьшается область субаддитивности издержек и, следовательно, «запас прочности» существования естественной монополии.

8. Диагностика естественно-монопольных свойств, как и в однопродуктовом случае, может обеспечить корректировку допустимого множества альтернатив по развитию сети (в пространстве объемов спроса и инвестиций), обоснованное сокращение количества анализируемых вариантов, исключение ситуации «выбора наилучшего из плохих».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывают компьютерные эксперименты по моделированию более адекватных деятельности реальных инфраструктурных подсистем – многопродуктовых естественно-монопольных характеристик, результаты расчетов могут быть полезны для составления перспективных схем развития транспортных сетей – при диагностике «узких мест», сокращении их количества, анализе экономической целесообразности дублирования конкретных фрагментов сети, изменении ее структуры. Кроме того, можно считать, что практическая значимость предложенных методов учета естественно-монопольных свойств транспортных сетей заключается в развитии инструментария решения проблем анализа и управления издержками в рассматриваемой сфере. В целом представляется, что выполненные пилотные компьютерные эксперименты формируют основу, прежде всего, для проведения развернутых прикладных исследований по учету взаимосвязей инвестиционной активности и наличия/отсутствия естественно-монопольных свойств транспортных сетей с нелинейными характеристиками – для различных видов экономической деятельности, подпадающих под сферу государственного регулирования естественных монополий. Выявленные направления и особенности оценки естественно-монопольных индикаторов – с учетом воз-

можностей многопродуктового представления – позволяют расширить спектр возможных приложений теоретических моделей к анализу эффективности деятельности российских естественных монополий в системе аналитических обоснований их стратегического развития.

Литература

1. Анализ динамики технологических детерминант естественно-монопольных транспортных сетей при оптимальном их развитии [Текст] / В.Н. Лившиц, Н.И. Белоусова, С.П. Бушанский, Е.М. Васильева, С.Н. Гук // Аудит и финансовый анализ. – 2011. – Вып. 4. – С. 138-159.
2. Баумоль У. Дж. Состязательные рынки: мятеж в теории структуры отрасли [Текст] / У. Дж. Баумоль // Теория отраслевых рынков. Вехи экономической мысли / под общ. ред. А.Г. Слуцкого. – СПб. : Экон. школа, 2003. – Т. 5. – Вып. 27. – С. 110-140.
3. Белоусова Н.И. Вопросы теории государственного регулирования и идентификации естественных монополий [Текст] / Н.И. Белоусова, Е.М. Васильева. – М. : КомКнига, 2006. – 320 с.
4. Белоусова Н.И. Естественно-монопольные индикаторы деятельности: теоретические и прикладные аспекты анализа [Текст] / Н.И. Белоусова, Е.М. Васильева // Труды ИСА РАН. – 2018. – Т. 68. – Вып. 3.
5. Белоусова Н.И. и др. Модели идентификации естественных монополий и государственного управления ими (возможности расширения классической теории) [Текст] / Н.И. Белоусова, Е.М. Васильева, В.Н. Лившиц // Экономика и математические методы. – 2012. – Т. 48 ; №3. – С. 64-78.
6. Белоусова Н.И. и др. Моделирование оценок перегруженности транспортной сети и вариантов ее развития [Текст] / Н.И. Белоусова, С.П. Бушанский, Е.М. Васильева // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – №48. – С. 16-23.
7. Белоусова Н.И. Практика проведения реформ и теоретические модели государственного регулирования естественных монополий [Текст] / Н.И. Белоусова. – М. : ЛИБРОКОМ, 2008. – 112 с.
8. Васильева Е.М. Модели идентификации естественных монополий: российская практика государственного управления и современная экономическая теория [Текст] / Е.М. Васильева, Э.А. Масленников // Труды ИСА РАН. – 2016. – Т. 66. – Вып. 3. – С. 105-116.
9. Васильева Е.М. Российские естественные монополии и федеральные законы [Текст] / Е.М. Васильева, В.Б. Васильев // Экономическая наука современной России. – 2016. – №4. – С. 100-112.
10. Васильева Е.М. Формирование оценок эффективности естественно-монопольных производственных систем [Текст] / Е.М. Васильева. – М. : ЛИБРОКОМ, 2008. – 176 с.
11. Виленский П.Л. и др. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика [Текст] / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Поли Принт Сервис, 2015. – 1300 с.
12. Ершов Э.Б. Композитные производственные функции [Текст] / Э.Б. Ершов // Журнал ВШЭ. – 2013. – №1. – С. 117-140.
13. Информационная технология синтеза сложных сетевых структур нестационарной российской экономики: модели, алгоритмы, программная реализация [Текст] / Н.И. Белоусова, С.П. Бушанский, Е.М. Васильева, В.Н. Лившиц, Э.И. Позамантир // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – Вып. 1. – С. 50-88.
14. Левит Б.Ю. Нелинейные сетевые транспортные задачи [Текст] / Б.Ю. Левит, В.Н. Лившиц. – М. : Транспорт, 1972. – 144 с.
15. Лившиц В.Н. О применении математических методов при выборе оптимальной схемы развития транспорт-

- ной сети [Текст] / В.Н. Лившиц // Тр. Первой Всесоюзной конф. по оптимизации и моделированию транспортных сетей. – Киев : Изд-во Ин-та кибернетики АН УССР, 1967. – С. 45-64.
16. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Текст] : вторая редакция / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК РФ по стр-ву, архит. и жил. политике. – М. : Экономика, 2000. – 421 с.
 17. Моделирование развития нелинейных транспортных сетей с использованием характеристик субаддитивности издержек [Текст] / Е.М. Васильева и др. // Модели и методы инновационной экономики / ЦЭМИ РАН, МАОН. – 2015. – Вып. 8. – С. 15-26.
 18. Стенбринк П. Оптимизация транспортных сетей [Текст] / П. Стенбринк ; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1981.
 19. Baumol W.J. et al. Contestable markets and the theory of industry structure [Text] / W.J. Baumol, J.C. Panzar, R.D. Willig. – N.Y. : HBJ, 1982. – 497 p.
 20. Baumol W.J. et al. Parity pricing and its critics: a necessary conditions for efficiency in the provision of bottleneck service to competitors [Text] / W.J. Baumol, J.A. Ordover, R.D. Willig // Yale j. on regulation. – 1994. – Vol. 11 ; no. 1. – Pp. 145-163.
 21. Belousova N.I. et al. Modern approaches to natural monopoly identification and regulation under Russian Economic reform [Text] / N.I. Belousova, S.P. Bushanskiy, V.N. Livchits, E.M. Vasilieva // Progress in economic research : chapter 2 / ed. A. Tavidze. – N.Y. : Nova science publishers, 2015. – Vol. 32. – Pp. 39-65.
 22. Box G.E.P. An analysis of transformations [Text] / G. E. P. Box, D.R. Cox // J. of royal statistical society. – 1964. – Ser. B. 26. – Pp. 211-246.
 23. Bushansky S.P. et al. Optimization transport computations [Text] / S.P. Bushansky, E.M. Vasilieva, V.N. Livchits // Advances in economics and optimization: collected scientific studies dedicated to the memory of L.V. Kantorovich / David Wingkay Yeung ed. (economic issues, problems and perspectives). – Nova Science Publishers Inc. N.Y., 2014. – Pp. 19-36.
 24. Evans D. Test for subadditivity of the cost function with the application to the bell system [Text] / D. Evans, J.A. Heckman // American economic review. – 1984. – Vol. 74. – Pp. 615-623.
 25. Diewert W.E. Application of duality theory in M.D. [Text] / W.E. Diewert ; intriligator and D.A. Kendrick (eds.) // Frontiers of quantitative economics. – 1974. – V. II. – Pp. 106-171.
 26. Gasmi F. et al. The natural monopoly test reconsidered: an engineering process – based approach to empirical analysis in telecommunications [Text] / F. Gasmi, J.-J. Laffont, W. Sharkey // International j. of industrial organization. – 2002. – No. 20. – Pp. 435-459.
 27. Laffont J.-J. A theory of incentives in procurement and regulation [Text] / J.-J. Laffont, J. Tirole. – Cambridge : MIT Press, 1993.
 28. Miranda G. et al. Tree network design avoiding congestion [Text] / G. Miranda, H.P. Luna, R.S. de Camargo, L.R. Pinto // Applied mathematical modelling. – 2011. – Vol. 35. – Pp. 4175-4188.
 29. Pulley L.B. A composite cost function for multiproduct firms with an application to economies of scope in banking [Text] / L.B. Pulley, Y.M. Braunstein // The review of economics and statistics. – 1992. – Vol. 74. – Pp. 221-230.
 30. Roller L.H. Proper quadratic cost functions with an applications to the Bell System [Text] / L.H. Roller // The review of economics and statistics. – 1990. – Vol. 72. – Pp. 202-210.
 31. Shephard R.W. Cost and production functions [Text] / R.W. Shephard ; Princeton. – N. Y. : Princeton university press, 1953.

ектирование; модели и методы оптимизации; многопродуктовые функции издержек; квадратичные функциональные формы; субаддитивность; естественно-монопольные индикаторы деятельности; компьютерные эксперименты.

Белосова Наталья Ивановна

Бушанский Сергей Петрович

Васильева Елена Михайловна

Васильев Владимир Борисович

Ключевые слова

Естественная монополия; инфраструктурные подсистемы; нелинейные транспортные сети; инвестиционное про-

РЕЦЕНЗИЯ

Статья посвящена актуальной тематике – моделированию структурных характеристик транспортных сетей, причем не только с позиций интенсивно и успешно развиваемых в нашей стране многолетних исследований по анализу и синтезу нелинейных транспортных сетей, инвестиционному проектированию в данной области, но и с привлечением дополнительного и относительно нового (а для российской управленческой практики и безоговорочно нового) современного инструментария теории естественной монополии.

Авторы излагают предложения по методологии моделирования, способам их реализации и предварительные результаты по диагностике естественно-монопольных свойств транспортных сетей, причем впервые в отечественных разработках этой направленности применяют многопродуктовые функции издержек, т.е. аппарат, который для инфраструктурных сетевых подсистем может быть весьма полезен при оценке эффективности их работы и развития, анализе топологических свойств сетей, сегментации рынков услуг по видам деятельности и т.п. В статье рассматриваются теоретические и прикладные (применительно к фрагменту реальной сети) модели таких специальных индикаторов эффективности / технологических детерминант, как экономия от масштаба, экономия от структуры и т.п.

Можно высказать следующие замечания по работе. Первое – в расчетах приняты некоторые настолько упрощающие предпосылки (например, предположение об отсутствии динамики цен на ресурсы), что они в значительной степени снижают ценность получаемых результатов по оценке эффективности деятельности сети. Второе – название статьи представляется недостаточно логичным по конструкции фразы. Возможно, лучше было бы принять следующий порядок слов: «Многопродуктовые модели диагностики естественно-монопольных свойств транспортных сетей».

В целом, тем не менее, считаю, что статья представляет несомненный интерес для широкого круга читателей – экономистов, специалистов по менеджменту, моделированию сетевых инфраструктурных подсистем, преподавателей теории отраслевых рынков и др., и заслуживает опубликования в журнале «Аудит и финансовый анализ».

Лившиц В.Н., д.э.н., профессор, кафедра МФТИ (ГУ) «Системные исследования», направление специализации – «Оценка эффективности инвестиционных проектов», ФИЦ ИУ РАН, г. Москва.

[Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ](#)
[Вернуться к СОДЕРЖАНИЮ](#)