

# Методология экономической оценки сооружения транспортной инфраструктуры в мегаполисах



**А. Д. Разуваев,**  
к. э. н., старший  
преподаватель кафедры  
«Экономика транспорт-  
ной инфраструктуры  
и управление строитель-  
ным бизнесом» Российско-  
го университета  
транспорта  
(РУТ (МИИТ))

В статье рассматривается создание многоуровневых транспортных систем. Особое внимание уделено параметру связности транспортной инфраструктуры, приведены наиболее важные показатели: **терраэффект и пространственная эффективность, представлен алгоритм для оценки эффективности таких систем.**

Категория «терраэффективность транспортной системы» [1. С. 17] характеризует соотношение объемов перевозок с площадью поверхности земли, используемой для размещения транспортной системы. Один из инструментов повышения терраэффективности — расположение путей сообщения под землей (в тоннелях) либо над землей (на эстакадах). Сегодня самой перспективной представляется трехуровневая система, с использованием надземного, наземного и подземного пространства [2]. Во избежание превращения инфраструктуры мегаполиса в подземный многоуровневый туннель или надземную надстройку с несколькими уровнями необходимо выявить условия, определяющие количество уровней подземных и надземных участков транспортных путей.

К таким условиям следует отнести:

- объем грузо- и пассажиропотока и их прогнозный рост, что станет определяющим для подобных проектов;
- технические особенности, возможности строительных машин и материалов, а также инженерно-геологические и природно-климатические особенности территории строительства.

Перед формулировкой следующего граничного условия необходимо дать некоторые пояснения по современному представлению о формировании агломерации и развитии инфраструктуры крупных городов. Экономисты и социологи рассматривают функциональную географию территорий, объединенных понятием «коннектография» [3, 4]. Отмечается, что мегаполисы не могут функционировать по одному, для эффективной деятельности необходимо их объединение. Сети городов предполагают транспортные и ком-

муникационные платформы, которые облегчают межличностное и деловое взаимодействие, расширяют возможности связности как внутри городов, так и между ними благодаря цифровым технологиям. Внимание исследователей фокусируется на связности мегаполисов и агломераций, обеспечиваемой инфраструктурой. Связанность обеспечивается системой, состоящей из инфраструктурных объектов: дорог и мостов, энергетических сетей, оборудования для сети Интернет и т. д. Для инфраструктурной интеграции нет необходимости объединять территории разных стран, достаточно объединить сети. Доступ к инфраструктуре обозначает подключение к глобальным сетям, т. е. к связности. Следовательно, необходимо составлять карты дорог, железнодорожных путей, мостов, тоннелей, линий электропередач, подводных кабелей, станций сотовой связи, рек, каналов, т. е. всех объектов, соединяющих поставщиков с клиентами. Таким образом, коннектография — это превосходство функциональной географии над географией политической. Сегодня города рассматриваются как основная форма социальной организации. По мнению П. Ханна [5], происходит конституирование мира, в котором города будут иметь большее значение, чем государства. Хотя значительная доля экономики всякой страны связана с функционированием ее основного мегаполиса, не следует забывать о развивающихся городах. В их становление также необходимо инвестировать для поддержания единой агломерационной сети [5]. В концепции коннектографии развитие сетевого соединения между мегаполисами возможно благодаря транспортной инфраструктуре. Третье граничное условие — сопнаправленность строящихся путей сообщения

с коннектографическим отображением агломерационных связей.

Несогласованность трех указанных условий с реальной потребностью инфраструктурного обеспечения (с учетом направлений и интенсивности транспортных сообщений) означает несбалансированность развития агломераций, что затруднит экономический рост и социальное развитие.

В строительстве линейно-протяженных объектов транспортной инфраструктуры задействованы искусственные сооружения, поскольку спрямление участков и уклонов, преодоление рельефных преград и объектных пересечений осуществляется с помощью тоннелей, эстакад, мостов, водопропускных труб. Тоннели превосходят эстакады по терраэффективности и сравнимы с ними по пространственной эффективности [6, 7]. Но при сооружении тоннелей гораздо острее стоит вопрос о решении инженерно-технических задач [8]. С экономических позиций наиболее различие между тоннелями и эстакадами заключается в превосходящей скорости и более низкой стоимости сооружения последних.

Оценка экономической эффективности подобных проектов должна выполняться не только с учетом научно обоснованных методов [6, 9, 10], но и с учетом агломерационных эффектов, формирующихся вследствие создания связанной инфраструктуры путей сообщения. В контексте граничных условий по количеству уровней подземных и надземных участков транспортной инфраструктуры агломерационные эффекты следует понимать шире, как коннектографически значимые эффекты. К таким эффектам можно отнести терраэффект инфраструктурного решения и его пространственный эффект (являющийся элементом пространственной эффективности).

Вариант сооружения транспортной инфраструктуры на эстакаде или в тоннеле наиболее рационален в плане занимаемой площади земли и, как следствие, формирует экономические эффекты, которые можно объединить категорией «терраэффект». Важно отметить, что категория «терраэффективность» коррелирует с категорией «пространственная эффективность» транспортной системы, но не идентична ей. Терраэффективность характеризует использование участка на поверхности земли, выделенного для размещения транспортной системы, а пространственная эффективность — ис-

пользование транспортного пространства, ограниченного габаритами приближения строения или иными транспортными габаритами, безотносительно к площади землеотвода [1].

В работе [1] приводится формула для определения приведенного экономического эффекта при сравнении различных транспортных систем. Представляется целесообразным уточнить содержание параметра и ввести дополнительный параметр, отвечающий специфике рассматриваемой предметной области. Модифицированная формула также может быть использована для определения эффекта при выборе различных инфраструктурных транспортных решений:

$$\mathcal{E}_{\text{прив}}^{\text{инф}} = \Delta K_{\text{инв}} i + \Delta C_{\text{эксп}} + \mathcal{E}_{\text{доп}},$$

где  $\Delta K_{\text{инв}}$  — экономия инвестиционных затрат на сооружение альтернативных вариантов транспортной инфраструктуры;

$i$  — ставка процента на используемый капитал;

$\Delta C_{\text{эксп}}$  — экономия по годовым эксплуатационным затратам;

$\mathcal{E}_{\text{доп}}$  — дополнительные экономические эффекты при сравнении различных вариантов инфраструктурных решений.

Параметр  $\mathcal{E}_{\text{доп}}$  может включать в себя следующие эффекты:

$$\mathcal{E}_{\text{доп}} = \mathcal{E}_{\text{сокр. тр}} + \mathcal{E}_{\text{пр. дост}} + \mathcal{E}_{\text{вык. зем}} + \mathcal{E}_{\text{стр. мат}} + \mathcal{E}_{\text{вод}} + \mathcal{E}_{\text{огр}},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сокр. тр}}$  — эффект от сокращения трудозатрат; возможен как прямой, так и косвенный эффект;

$\mathcal{E}_{\text{пр. дост}}$  — эффект от сохранения пространственной доступности (социальной инфраструктуры) после сооружения транспортной инфраструктуры;

$\mathcal{E}_{\text{вык. зем}}$  — эффект от выкупа (изъятия) земли при строительстве;

$\mathcal{E}_{\text{стр. мат}}$  — эффект от снижения потребности в прирассовых карьерах, используемых для отсыпки земляного полотна;

$\mathcal{E}_{\text{вод}}$  — эффект от сокращения (отсутствия) необходимости устройства продольного водоотвода и водопропускных сооружений;

$\mathcal{E}_{\text{огр}}$  — эффект от сокращения (полного отсутствия) ограждения.

Алгоритм расчета агломерационного эффекта от рационального использования площади земли (формируемого терраэффекта) инфраструктурой транспорта представлен на рис. 1.

Как было сказано раньше, можно определить агломерационный эффект от рационального использования пространства инфраструктурой транспорта. В работе [11] приведена методологическая база и комплексная методика определения экономического и агло-

мерационного эффектов, возникающих при рациональном использовании пространства, занимаемого транспортной инфраструктурой. В табл. 1 представлены ключевые показатели, характеризующие эффективное использование транспортного пространства.

Зная пространственный потенциал, себестоимость и доходность использования транспортного пространства, можно определить значения показателей эффективности использования транспортного пространства: удельной прибыльности  $\pi_{\text{п}}$  и удельной рентабельности  $r_{\text{п}}$  (формулы приведены в табл. 1).

Критерии оптимального использования транспортного пространства следующие:  $\pi_{\text{п}} \rightarrow \max$ ;  $r_{\text{п}} \rightarrow \max$ ; критерии оптимального использования пространственного потенциала транспортной инфраструктуры:  $\pi_{\text{пшги}} \rightarrow \max$ ;  $r_{\text{пшги}} \rightarrow \max$ .

Важны не только значения параметров  $r_{\text{п}}$  и  $r_{\text{пшги}}$ , но и их соотношение. Если указанные величины достаточно близки, то это свидетельствует о гармоничном использовании транспортного пространства и о соответствующих экономических взаимоотношениях. Если же разница между ними велика, например значение  $r_{\text{п}}$  значительно выше значения  $r_{\text{пшги}}$ , то это означает низкую эффективность использования инфраструктурной составляющей либо недооценку ее полезности вследствие необоснованного регулирования экономических взаимоотношений на транспортном пространстве.

Алгоритм расчета агломерационного эффекта от рационального использования транспортного пространства представлен на рис. 2.

С учетом сказанного представим необходимые к выполнению этапы для принятия решения о целесообразном количестве уровней (о сооружении нового уровня) инфраструктуры транспортной системы (рис. 3).

Использование предложенной методологии позволит городским властям, транспортным компаниям и потенциальным инвесторам оценивать тенденции развития транспортной системы мегаполиса и выбирать эффективные направления ее совершенствования. Приведем алгоритм принятия решения о размещении транспортной инфраструктуры с несколькими уровнями (рис. 4).

Помимо сооружения эстакад и тоннелей можно помещать в полосе отвода транспортной инфраструктуры генераторы (источники) энергии. В качестве примера следует привести проект железных

Таблица 1. Ключевые показатели эффективности использования пространственного потенциала транспортной инфраструктуры

№	Наименование показателя	Аббревиатура	Расчетная формула	Составляющие формулы
1	Пространственный потенциал транспортной инфраструктуры	ПП <sub>ти</sub>	$ПП_{ти} = \sum S_i L_i$	$S_i$ — площадь, ограниченная габаритами приближения строений на линиях $i$ -го типа; $L_i$ — протяженность линий соответствующего типа
2	Себестоимость использования транспортного пространства	$C/C_n$	$C/C_n = C/ПП_{ти}$	$C$ — общие эксплуатационные затраты
3	Доходность использования транспортного пространства	$d_n$	$d_n = D/ПП_{ти}$	$D$ — доходы от перевозок
4	Удельная прибыльность использования транспортного пространства	$\pi_n$	$\pi_n = d_n - C/C_n$	
5	Удельная рентабельность использования транспортного пространства	$r_n$	$r_n = \pi_n / d_n$	
6	Себестоимость содержания пространственного потенциала транспортной инфраструктуры	$C/C_{ППти}$	$C/C_{ППти} = C_{инфр}/ПП_{ти}$	$C_{инфр}$ — эксплуатационные инфраструктурные затраты
7	Доходность пространственного потенциала транспортной инфраструктуры	$d_{ППти}$	$d_{ППти} = D_{инфр}/ПП_{ти}$	$D_{инфр}$ — доходы от перевозок в части инфраструктурной составляющей
8	Удельная прибыльность использования пространственного потенциала транспортной инфраструктуры	$\pi_{ППти}$	$\pi_{ППти} = d_{ППти} - C/C_{ППти}$	
9	Рентабельность использования пространственного потенциала транспортной инфраструктуры	$r_{ППти}$	$r_{ППти} = \pi_{ППти} / d_{ППти}$	

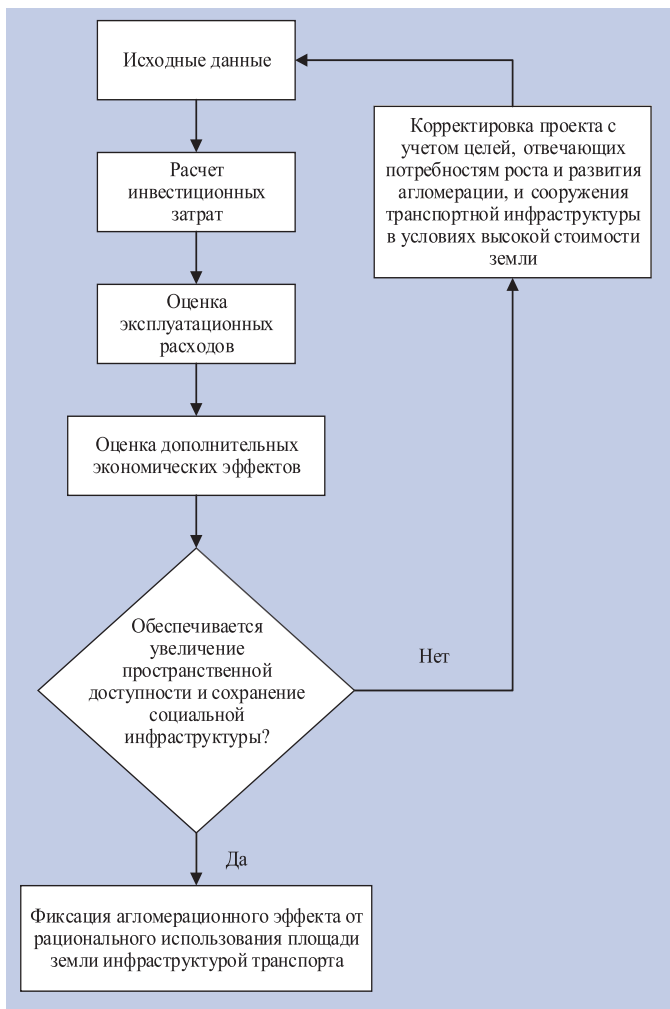


Рис. 1. Алгоритм определения агломерационного эффекта от рационального использования площади земли транспортной инфраструктурой

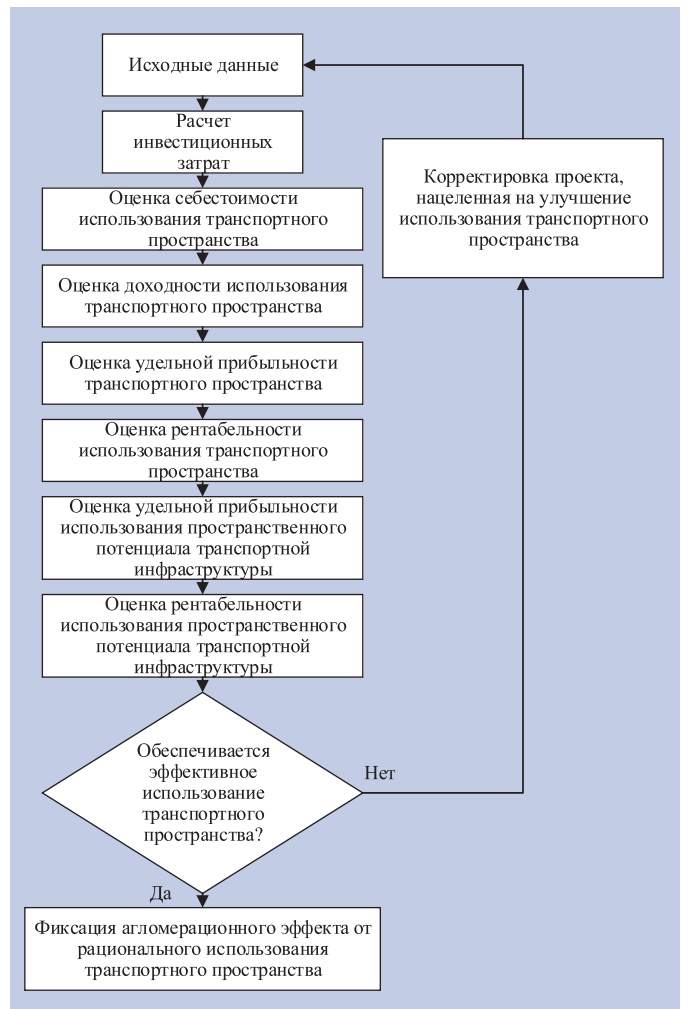


Рис. 2. Алгоритм расчета агломерационного эффекта от рационального использования транспортного пространства

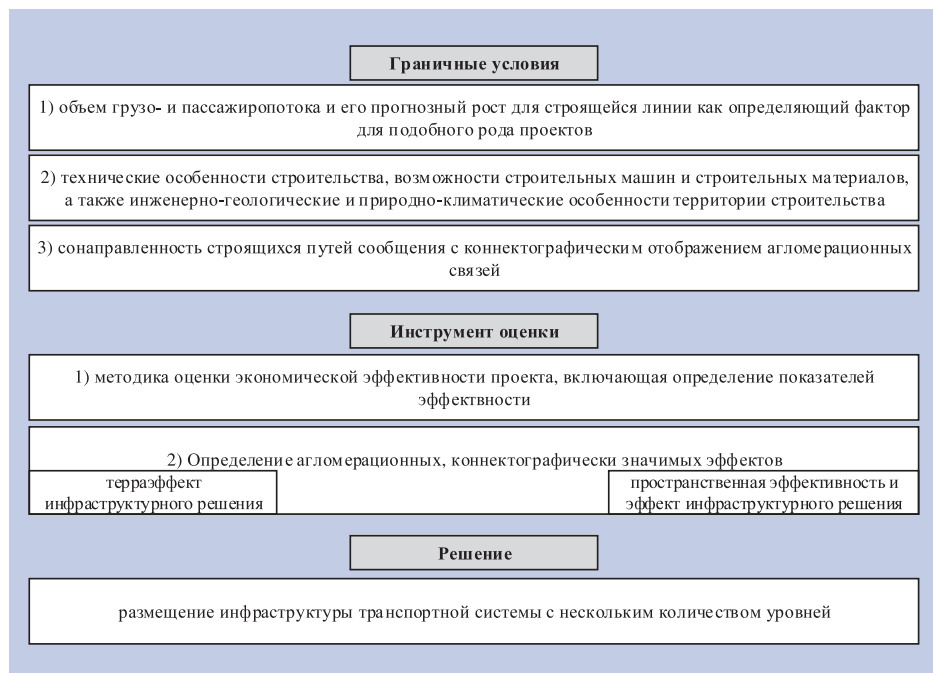


Рис. 3. Необходимые этапы для принятия решения о сооружении транспортной инфраструктуры с *n* уровнями

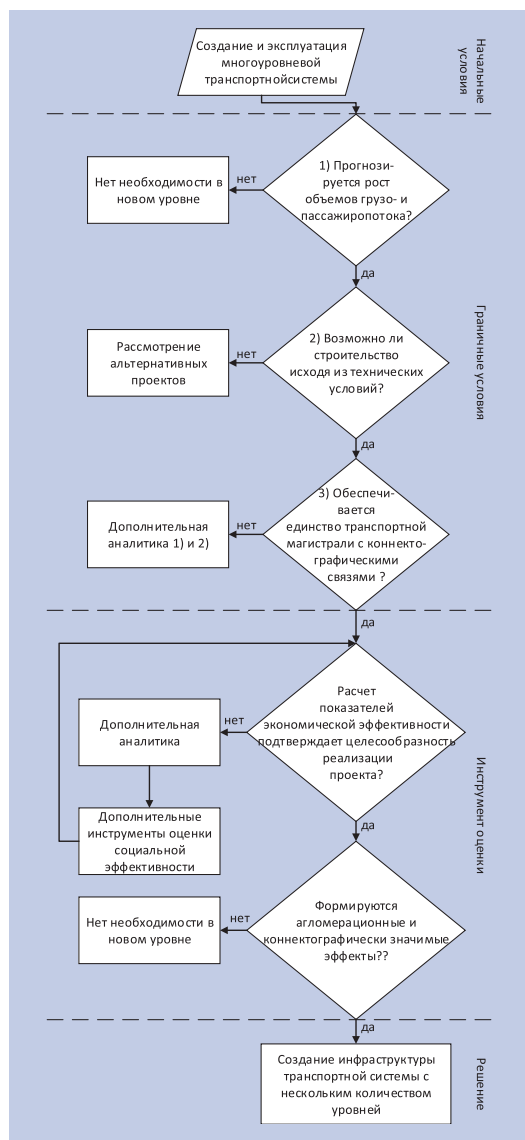


Рис. 4. Алгоритм оценки эффективности создания многоуровневой транспортной системы

дорог Великобритании по устройству солнечных панелей вдоль железнодорожных путей. Основная цель проекта — подача полученного электричества напрямую в двигательную систему поездов, минуя энергосети. Иными словами, частью инфраструктуры становятся не только выходные элементы выработки и подачи электроэнергии (как в случае с контактной сетью), но и энергетические установки [12]. Аналогичные проекты реализуются и в других странах.

В заключение нужно отметить, что выбор проектного решения по созданию инфраструктуры транспортной системы, особенно в условиях плотной городской застройки и высокой стоимости земли, должен быть результатом всестороннего анализа и системной оценки. При этом не следует ограничиваться рассмотрением прямых экономических или социальных эффектов. Ведь с позиций коннектографии эффект должен быть настолько масштабным, что участвующие в перемещении и перевозочном процессе субъекты будут озабочены развитием не только городов и регионов отправления и прибытия товаров или пассажиров, но и соединяющих транспортных сетей.

**Литература**

1. Лapidус Б. М., Мачерет Д. А. Методология оценки и обеспечения эффективности инновационных транспортных систем

// Экон. жел. дорог. 2016. № 7. С. 16–25.

2. Цыпин П. Е., Разуваев А. Д., Ледней А. Ю. Эстакадные и многоуровневые транспортные системы как фактор развития транспортной инфраструктуры мегаполисов // Устойчивое развитие: общество, экология, экономика: матер. XV межд. науч. конф.; в 4 ч. / под ред. А. В. Семенова, Н. Г. Малышева. — М.: Изд-во ЧОУВО «МУ им. С. Ю. Витте», 2019. Ч. 1. — 748 с.

3. Sassen S. The Global City: Enabling Economic Intermediation and Bearing Its Costs // City & Community. 2016. Vol. 15. № 2. June. P. 97–108.

4. Therborn G. Cities of Power: The Urban, The National, The Popular, The Global. London: Verso, 2017.

5. Khanna P. Connected Cities, Productive Cities // Governing: the States and Localities. — URL: [www.governing.com/columns/urban-notebook/parag-khanna-data-cities-lead-economicprogress.html](http://www.governing.com/columns/urban-notebook/parag-khanna-data-cities-lead-economicprogress.html).

6. Мачерет Д. А., Титов Е. Ю. Оценка целесообразности тоннелей: теоретические аспекты // Мир трансп. 2018. Т. 16. № 3 (76). С. 18–25.

7. Мачерет Д. А., Титов Е. Ю. Строительство железнодорожных тоннелей: экономический аспект // Экон. жел. дорог. 2018. № 10. С. 20–27.

8. Мачерет Д. А., Титов Е. Ю. Технико-экономическая оценка транспортных сооружений в условиях риска природных катастроф // Там же. 2018. № 12. С. 28–35.

9. Савин А. В., Разуваев А. Д. Сферы применения безбалластного пути // Вестн. Ин-та проблем естественных монополий: Техн. жел. дорог. 2016. № 3(35). С. 32–41.

10. Мачерет Д. А. Об экономических проблемах развития транспортной инфраструктуры // Мир трансп. 2011. № 3. С. 76–83.

11. Лapidус Б. М., Мачерет Д. А. Экономика транспортного пространства: методологические основы // Вестн. науч.-исслед. ин-та железнодорож. транспорта. 2012. № 2. С. 3–10.

12. Информационный ресурс Hi-news.ru. В Великобритании запустят поезда на солнечной энергии. — URL: [hi-news.ru/technology/v-velikobritanii-zapustyat-poezda-na-solnechnoj-energii.html](http://hi-news.ru/technology/v-velikobritanii-zapustyat-poezda-na-solnechnoj-energii.html).