

УДК 338.49:625.711.1

А.С. Аксененко, М.Е. Корягин, А.А. Прудников

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск,
email: markkoryagin@yandex.ru

ОБОСНОВАНИЕ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ СЕТИ МЕЖДУ ВОСТОЧНЫМИ РЕГИОНАМИ РОССИИ И КАЗАХСТАНОМ

Ключевые слова: автомобильные дороги, международные автомобильные перевозки, гравитационная модель, выбор маршрута передвижения.

Рассматривается задача моделирования спроса на международные грузовые перевозки между восточными регионами Российской Федерации и Республикой Казахстан. Проанализированы пограничные пункты пропуска, структура дорог общего пользования по территории России. Проанализирована информация о валовом региональном продукте регионов России и Казахстана. Рассчитаны кратчайшие расстояния между крупными городами. На основе гравитационной модели рассчитан относительный в процентах спрос на грузовые перевозки между парами регионов (один в России, другой в Казахстане). Выбраны самые лучшие маршруты для перевозки грузов по критерию расстояния. Получено распределение перевозок по сети автомобильных дорог. Обосновано предложение по повышению статуса автомобильной дороги К-17р до уровня региональной или федеральной.

A.S. Aksenenko, M.E. Koryagin, A.A. Prudnikov

Siberian Transport University, Novosibirsk, email: markkoryagin@yandex.ru

SUBSTANTIATION FOR THE DEVELOPMENT OF THE AUTOMOBILE ROAD NETWORK BETWEEN THE EASTERN REGIONS OF RUSSIA AND KAZAKHSTAN

Keywords: highways, international road transport, gravity model, route choice.

The problem of modeling the demand for international freight traffic between the eastern regions of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan is considered. The border checkpoints, the structure of public roads on the territory of Russia are analyzed. Information on the gross regional product of the regions of Russia and Kazakhstan has been obtained. The shortest distances between major cities are received. On the basis of the gravity model, the relative percentage demand for freight transportation between pairs of regions (one in Russia, the other in Kazakhstan) was calculated. The best routes for the transportation of goods were selected according to the distance criterion. The distribution of traffic over the road network was received. The proposal to improve the status of the highway K-17r to the level of regional or federal is expressed.

Развитие инфраструктуры является одними важных стимулов развития экономики. По расчётам экспертов S&P, на каждый 1% ВВП вложенного в инфраструктуру, экономика может вырасти на 1,2% [19]. В данной статье речь идет об автомобильно-дорожной инфраструктуре. Россия, особенно восточная ее часть, характеризуется низкой плотностью населения. Поэтому затраты на инфраструктуру на одного жителя должны быть выше чем в странах с высокой плотностью населения. Дополнительно увеличивают затраты на строительство и содержание сложные климатические условия и грунты.

Условно Россию можно разделить на европейскую часть, сибирскую

и дальневосточную. Таким образом, для устойчивого развития страны необходимо сделать Сибирь ядром государства. Иначе страна может быть разорвана на две части западную и восточную. Поэтому вопрос строительства дорог в Сибири имеет для будущего страны стратегическое значение и это задача государственного, а не регионального и муниципального масштабов.

Бюджетная система страны устроена так, что без поддержки регионального и федерального бюджетов муниципальные органы власти зачастую не могут не только заниматься строительством и реконструкцией автомобильных дорог, но и их содержанием. В частности [14] на содержание 1 км федеральных дорог

тратится в 8 раз больше, чем на региональные. И на межмуниципальные и региональные дороги направляется менее 30% от нормативной потребности.

В [16] рассматривается перечень методов оценки инвестиций для социально-ориентированной экономики, в транспортной сфере задействованы три стороны – государство, бизнес и потребители транспортных услуг, поэтому необходимо правильно выстроить политику государства и критерии оценки социального эффекта от развития автомобильных дорог. В [4] рассматривается вопрос взаимодействия органов власти и частного бизнеса при строительстве дорог, сформулирована математическая модель, определяющая объемы инвестиций и доходы при перевозке грузов. При этом вопрос платных дорог и размер тарифов рассматривался в [5], но при низкой плотности населения такой подход экономически не оправдан.

Поэтому остро стоит вопрос повышения статуса сибирских автомобильных дорог, со статуса межмуниципальных и региональных до дорог федерального значения для обеспечения необходимого качества дорожного покрытия.

Для примера рассмотрена дорожная сеть, связывающая восточные регионы России с восточными регионами Казахстана. Также следует отметить [20], что развитие районов региона тесно связано с расстоянием до центра региона, с развитостью транспортной инфраструктуры, а с другой стороны близость к границам других регионов и стран позволяет улучшать качество жизни населения за счет взаимной торговли и миграции.

Исследованием торговли России и Казахстана занимаются различные ученые [2, 6, 7, 11, 15, 22], в основном приводится статистика разных лет, иногда с разбивкой по группам товаров, отмечается, что для Казахстана Россия является ключевым торговым партнером.

В [1] более подробно по регионам рассмотрено сотрудничество России и Казахстана, выделена Новосибирская область (преимущественно экспортируется продукция для машиностроительного и металлургического комплексов Казахстана). В [9] рассмотрено развивающееся сотрудничество Казахстана и Алтайского края.

В [17] отмечается сдвиг торговли между странами: сокращение доли продукции промышленного производства, но при этом в приграничных районах эта доля практически не изменилась.

Так же, как и в данной статье, со стороны Республики Казахстан остро стоит вопрос развития приграничных автомобильных дорог [3]. Таким образом, ученые Российской Федерации и Республики Казахстан ищут пути увеличения объемов торговли между странами.

Цель исследования

Основной целью данного исследования является ответ на вопрос: какая из автомобильных дорог наиболее перспективна с точки зрения развития торговли между восточными регионами России и Казахстана.

Для ответа на данный вопрос необходимо иметь большой объем исходной информации. Поэтому для начального рассмотрения приходится упрощать модель и использовать косвенные данные, которые доступны любому исследователю. Это данные статистических служб России и Казахстана по населению городов и регионов по валовому региональному продукту. Также расстояние между городами получено с помощью онлайн карт. Восточная часть России это Новосибирская, Кемеровская, Томская области и Алтайский и Красноярский края. Казахстан представлен 10 крупными городами, впоследствии список сокращен до 6 регионов.

Материал и методы исследования

При моделировании перевозок за основу берут четырехэтапную модель определения спроса [12]. На первых двух этапах при моделировании объемов перевозок (как грузовых, так и пассажирских) в первую очередь используют гравитационные [13, 21, 23] и энтропийные модели [10, 24, 26]. При этом в [12] определяется спрос на перевозки в Москве, в [13, 18] между регионами России, в [21] России с другими странами, в том числе с Казахстаном. Поэтому в данной статье выбрана модель из [21]:

$$\lambda_{i,j} = \frac{BPI_i^{\alpha_i} \times BPI_j^{\alpha_j}}{D_{i,j}^{\beta}}, \quad (1)$$

где $\lambda_{i,j}$ – величина торгового потока между регионами i и j ,

$D_{i,j}$ – расстояние между регионами i и j ,

$ВРП_i$ – валовый региональный продукт региона i ,

α, β – коэффициенты получаемые в результате калибровки модели по исходным данным.

Также стоит отметить, что третьим этапом в модели является выбор способа передвижения [12], который опускается в данной работе. Предполагается, что перевозки грузов автомобильным транспортом составляют примерно одинаковую долю перевозок между приграничными районами России и Казахстана.

Последний этап моделирования спроса – это выбор маршрута передвижения. Здесь классическим является первый принцип Вардропы [25], по которому для передвижения выбираются маршруты с меньшим временем передвижения. По мере увеличения потока транспорта скорость снижается и начинается

использование других маршрутов. Но в Сибири низкая плотность дорог и для каждой корреспонденции один маршрут оказывается значительно выгоднее других, а низкая интенсивность трафика не позволяет его переполнить.

Результаты исследования и их обсуждение

Отметим, что объем торговли между Российской Федерацией и Республикой Казахстан растет (рис. 1).

Экспорт в Казахстан значительно превышает импорт (рис. 1). Поэтому Россия, как экспортер, в большей мере заинтересована в развитии транспортных возможностей сотрудничества. Очевидно, что экспорт и импорт коррелированы между собой. Одной из причин изменения спроса является колебания в стоимости национальных валют.

Стоит отметить, что количество пограничных переходов и дорог в восточной части Казахстана ограничено (рис. 2).



Рис. 1. Динамика экспорта и импорта из Российской Федерации в Республику Казахстан в млн. долл.

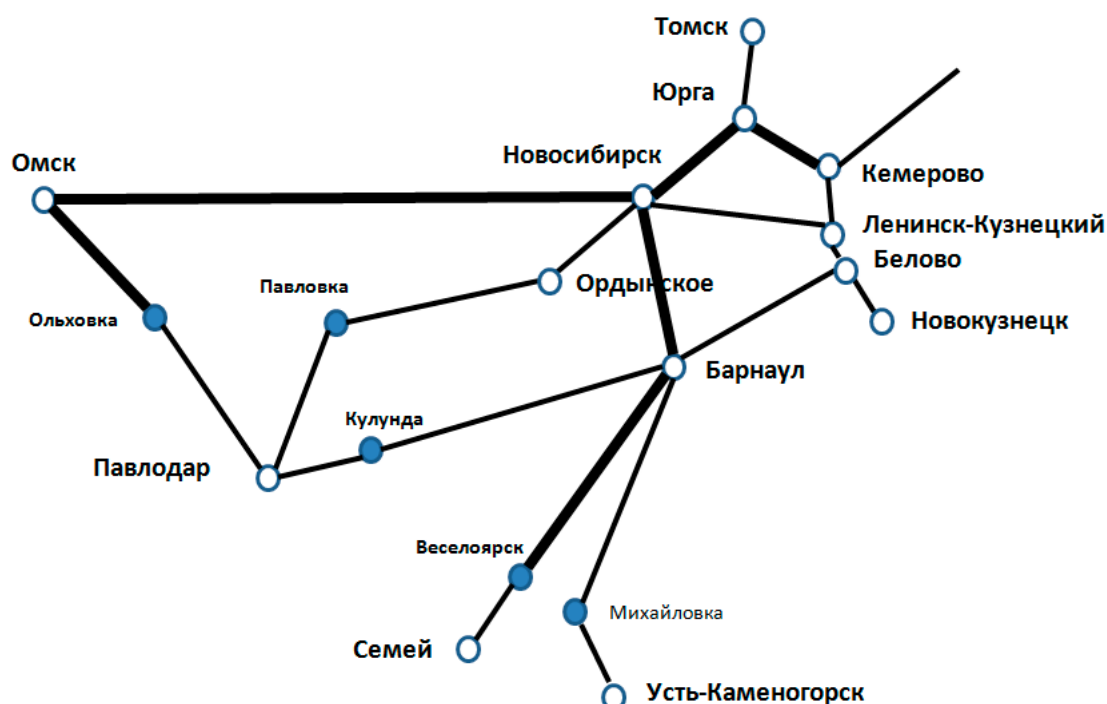


Рис. 2. Основные пограничные переходы (жирным выделены автомобильные дороги федерального значения)

Таблица 1

Расстояние от г. Новосибирск, км

		Население	К-17р	Р-256, Р-371	Р-256, А-322	Р-254, (М-38)
1	Алма-Ата	2 147 113	2031		1842	
2	Астана	1 340 782	1029	1175		
3	Шымкент	1 184 113	2301		2457	
4	Актобе	555 976				2143
5	Караганда	514 316	1030	1210		1386
6	Тараз	425 959	2111		2267	
7	Усть-Каменогорск	352 418			723	
8	Павлодар	333 703	595	740		
9	Атырау	315 274	2910			2770
10	Семипалатинск	306 838			668	

Большая часть автомобильных дорог имеет межмуниципальный и региональный статус. Дороги федерального значения выделены жирными линиями. Это трасса М-11 из Омска и А-322 из Барнаула. Также трассами Р-254 связаны Омск и Новосибирск, Р-255 – Новосибирск, Кемерово и Красноярск, Р-256 – Новосибирск, Барнаул.

Выделена дорога Новосибирск-Павловка К-17р (регионального и межмуниципального значения). Трасса Барнаул-Усть-Каменогорск частично проходит по трассе А-322. Барнаул и Павлодар соединены дорогой Р-371.

В первую очередь, проанализируем 10 крупнейших по населению городов Казахстана. Для каждого посчитаем расстояние по нескольким направлениям.

Таблица 2

Расстояние от г. Кемерово, км

		Р-255, К-17р	Р-384, Р-256, Р-371	Р-384, Р-256, А-322	Р-255, Р-254, (М-38)
1	Алма-Ата	2282		1975	
2	Астана	1279			
3	Шымкент	2552		2631	
4	Актобе				2398
5	Караганда	1285	1356		
6	Тараз	2362	2432	2409	
7	Усть-Каменогорск			898	
8	Павлодар	846	914		
9	Атырау				3026
10	Семипалатинск			843	

Таблица 3

Расстояние от г. Томск, км

		Р-400, Р-255, К-17р	Р-400, Р-256, Р-371	Р-400, Р-256, А-322	Р-400, Р-255, (М-38)
1	Алма-Ата	2283		2306	
2	Астана	1279	1424		
3	Шымкент	2553		2706	
4	Актобе				2399
5	Караганда	1286	1431		
6	Тараз	2363		2516	
7	Усть-Каменогорск			973	
8	Павлодар	847	989		
9	Атырау				3027
10	Семипалатинск	1177		918	

Пропуски в таблицах показывают заведомо нерациональные маршруты. Самые эффективные маршруты выделены черным цветом. Таким образом, трасса К-17р наиболее эффективна при передвижении в сторону Астаны, Шымкента, Караганды, Тараза, Павлодара. Трасса А-322 до Алма-Аты, Усть-Каменогорска и Семипалатинска. До Атырау и Актобе лучше добираться через Омск.

Трасса К-17р наиболее эффективна при передвижении в сторону Астаны, Шымкента, Караганды, Тараза, Павлодара. Трасса А-322 до Алма-Аты, Усть-Каменогорска и Семипалатинска. До Атырау и Актобе лучше добираться через Омск.

Трасса К-17р наиболее эффективна при передвижении в сторону Алма-Аты, Астаны, Шымкента, Караганды, Тараза, Павлодара. Трасса А-322 до Усть-Каменогорска и Семипалатинска. До Атырау и Актобе лучше добираться через Омск.

Резюмируя, трасса Р-371 выгодна для Алтайского края и юга Кемеровской области в направлении Павлодар, Караганда, Астана, Актобе, Шымкент, Атырау, Тараз. Расчеты от Кемерово также справедливы для севера Кемеровской области и всех более восточных регионов России, так как трасса Р-255 проходит через Кемерово. Например, для перевозок между Казахстаном и Красноярским краем.

В гравитационной модели используются разные варианты функции притяжения. В первую очередь учитывается расстояние и уровень валового регионального продукта (1).

Рассмотрим, расстояние лишь до ближайших крупных областей [21].

$$\sqrt{\frac{\text{ВРП}_i \times \text{ВРП}_j}{D_{i,j}}} \quad (2)$$

По сравнению с [21] здесь произведено объединение экспорта и импорта (степени у ВРП одинаковые), а также округлены значения до одного знака (сумма степеней у ВРП единица).

Оценим потенциал торговли, исходя из ВРП регионов России за 2020 г. (<https://rosstat.gov.ru/>) и Казахстана за 2022 г. (<https://stat.gov.kz/>). Отметим, что объем торговли не пропорционален физическим перевозкам в тоннах и не все перевозки осуществляются автомобильным транспортом, поэтому модель лишь показывает примерные объемы перевозок.

Применяя формулу (2) построим таблицу 5 и произведем нормировку значений, чтобы сумма всех перевозок была равна 1. То есть сумма всех значений в таблице это 100%, которые распределены по направлениям.

Таблица 4

Валовой региональный продукт и расстояния между регионами

Расстояние, км	Регион РФ	Кемеровская область	Томская область	Алтайский край	Новосибирская область	Красноярский Край
Регион РК	ВРП млрд. руб/ млрд. тенге	1038	567	672	1357	2723
Алматинская область и Алма-Ата	13879	1975	2283	1569	1842	2499
Акмолинская область и Астана	8255	1279	1279	954	1029	1803
Карагандинская область	4753	1285	1286	960	1030	1809
Восточно-Казахстанская область (Усть-Каменогорск)	2706	898	973	509	723	1422
Павлодарская область	2571	846	847	519	595	1370
область Абай (Семипалатинск)	1448	843	918	454	668	1367

Таблица 5

Процент грузопотоков между регионами

Регион	Кемеровская область	Томская область	Алтайский край	Новосибирская область	Красноярский Край
Алматинская область и Алма-Ата	4,2%	2,9%	3,8%	5,0%	6,0%
Акмолинская область и Астана	4,0%	3,0%	3,7%	5,1%	5,5%
Карагандинская область	3,0%	2,2%	2,8%	3,9%	4,2%
Восточно-Казахстанская область (Усть-Каменогорск)	2,7%	1,9%	2,9%	3,5%	3,5%
Павлодарская область	2,8%	2,0%	2,8%	3,8%	3,5%
область Абай (Семипалатинск)	2,1%	1,5%	2,3%	2,7%	2,6%

Темно-серым выделены перевозки по трассе А-322, а светло-серым по трассе К-17р, не выделенные используют Р-371. Вывод: автомобильная дорога федерального значения А-322 удобна для перевозки 45%, трасса К-17р для 46%, а Р-371 для 9% грузов при торговле между восточными регионами России и Казахстана. С другой стороны, если Кемеровскую область поделить на 2 части, то доля Р-371 возрастет на 5%, а К-17р на такую же величину снизится. При этом на долю Новосибирской области приходится 24% торговли, а Красноярского края – 25%. Несмотря на удаленность, 22% торговли приходится на Алматинскую область и Алма-Ату, при этом пограничная, но с низким ВРП, область Абай дает меньше всех – 11% торговли.

Выводы

Проведенное исследование позволяет оценить перспективы развития

автомобильно-дорожной сети, обеспечивающей междугородные пассажирские перевозки. Представленный подход позволяет при наличии минимальных данных, которые есть в открытом доступе (валовой региональный продукт, расстояния между городами) определить перспективность развития той или иной автомобильной дороги. Основой представленных расчетов является гравитационная модель, которая позволяет смоделировать спрос на грузовые перевозки. Развитие дорожной сети повысит скорость движения транспорта, снизит риски ДТП, что позволит снизить затраты на перевозки грузов, повысит качество жизни населенных пунктов, находящихся вдоль дороги, а самое главное – стимулирует развитие международного сотрудничества между восточными регионами Российской Федерации и Республики Казахстан.

Библиографический список

1. Абанина И.Н., Оглоблина Е.В. Развитие торгово-экономического сотрудничества приграничных регионов России и Казахстана // Теория и практика общественного развития. 2021. № 12 (166). С. 78-90.
2. Авдеева Е.С. Взаимная торговля России, Беларуси и Казахстана: возможности создания межнациональных кластеров // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). 2018. № 4. С. 7-17.
3. Бекмагамбетов М.М., Кочетков А.В. Развитие автотранспортных коридоров Республики Казахстан: некоторые аспекты совершенствования инфраструктуры трансграничных коммуникаций // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2013. Т. 3. № 1. С. 17.
4. Беленький А.С., Корнхаузер А., Федин Г.Г. Моделирование взаимодействия участников переговоров по формированию государственно-частного партнерства для разработки/развития региональной инфраструктуры грузовых перевозок // Управление большими системами: сборник трудов. 2019. № 81. С. 50-89.
5. Воронина Н.В. Влияние социально-экономических факторов на формирование платы за проезд // Управленческий учет. 2023. № 2. С. 192-198.
6. Гусаков Н.П., Маслова М.В. Россия и Казахстан: диапазон и динамика отношений в условиях возрастания взаимозависимости национальных экономик // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. 2019. Т. 27. № 3. С. 455-465.
7. Загидуллина З.Р. Анализ двусторонней торговли Казахстана и России и потенциал ее наращивания // Мировая наука. 2022. № 7 (64). С. 22-28.
8. Колесников А.М., Латыпова Р.Р. Количественная оценка риска при организации интермодальных грузоперевозок // Экономический вектор. 2017. № 3 (10). С. 16-24.
9. Кузьмина Л.В., Мищенко И.К. О межрегиональном и приграничном сотрудничестве России и Казахстана // Актуальные вопросы функционирования экономики Алтайского края. 2022. № 14. С. 106-120.
10. Лебедева О.А., Гозбенко В.Е. Оценка грузового спроса посредством восстановления матриц корреспонденций с использованием различных данных // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 1 (73). С. 86-94.

11. Литвинов А.И. Торгово-экономическое сотрудничество России и Казахстана // Российский внешнеэкономический вестник. 2019. № 11. С. 101-111.
12. Мазурин Д.С., Федотов А.А., Швецов В.И. Модель грузовых передвижений с применением к транспортной сети Московской области // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2016. Т. 66. № 4. С. 10-17.
13. Могилат А.Н., Сальников В.А. Оценка потенциала взаимной торговли стран Единого экономического пространства при помощи гравитационной модели торговли между регионами России // Журнал Новой экономической ассоциации. 2015. Т. 3. № 27. С. 80-108.
14. Отчет о результатах контрольного мероприятия «Проверка использования бюджетных ассигнований, направленных на содержание автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального и межмуниципального значения в 2018 году и истекшем периоде 2019 года» (с контрольно-счетными органами субъектов Российской Федерации), Счетная палата Российской Федерации, 2020, 39 с.
15. Петров А.Д. Россия-Казахстан: торговые отношения и потенциал их развития // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 12-2. С. 196-199.
16. Смирнов С.А., Смирнова О.Ю. Социально-экономический подход к оценке инвестиций на // Инновационные транспортные системы и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 135-145.
17. Соколов А.А., Руднева О.С. Пространственный анализ структурно-отраслевых сдвигов в российско-казахстанском трансграничном регионе // Географический вестник. 2021. № 3 (58). С. 37-45.
18. Томаев А., Каукин А., Павлов П. Внутренняя торговля России: применение гравитационной модели // Экономическая политика. 2020. Т. 15, № 5. С. 60-89.
19. Угурчиев О.Б., Угурчиева Р.О. Роль инвестиционной политики в совершенствовании региональной инфраструктуры // Управленческий учет. 2022. № 8-1. С. 5-12.
20. Уляева А.Г., Атаева А.Г. Анализ пространственных эффектов в развитии периферийных муниципальных образований // Управленческий учет. 2022. № 12-1. С. 291-299.
21. Упатина Э.Ю. Гравитационная модель внешней торговли в условиях торговых ограничений // Научные записки молодых исследователей. 2021. № 1. С. 22-30.
22. Цветков В.А., Дудин М.Н. Внешнеэкономическое сотрудничество России и Казахстана: от истории к современности // Проблемы рыночной экономики. 2019. № 1. С. 80-92.
23. Tamin O.Z., Willumsen L.G. Transport demand model estimation from traffic counts // Transportation. 1989. № 16. P. 3-26.
24. Timms P.M. A Review of Methods for Estimating Origin-Destination Trip Matrices Using Link Counts. Working Paper. Institute of Transport Studies, University of Leeds. 2001. Leeds, UK. [Электронный ресурс]. URL: https://eprints.whiterose.ac.uk/2069/1/ITS214_WP556_uploadable.pdf (дата обращения: 13.05.2023).
25. Wardrop J.G., Whitehead J.I. Correspondence. Some theoretical aspects of road traffic research // Proceedings of the institution of civil engineers. 1952. V. 1. № 5. P. 767-768.
26. Xie C., Kockelman K.M., Waller S.T. Maximum entropy method for subnetwork origin-destination trip matrix estimation // Transportation Research Record. 2010. V. 2196. № 1. P. 111-119.