

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕНОСА ТРАНССИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ЗА ГРАНИЦЫ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Д. А. Захаров

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

TRANSPORT MODELLING APPLICATION IN ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE TRANS-SIBERIAN RAILWAY TRANSFER BEYOND THE BORDERS OF THE CITY OF TYUMEN

Dmitriy A. Zakharov

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В статье рассматриваются результаты имитационного моделирования на макроуровне сценария переноса Транссибирской железной дороги за пределы города Тюмени. Приводится анализ изменения рассчитанных в программе PTV VISUM параметров дорожного движения для утреннего времени суток на текущий момент для варианта переноса железной дороги из города. Рассматриваются варианты повышения полноты и точности результатов моделирования данного варианта развития инфраструктуры.

Ключевые слова: транспортное планирование и моделирование, макроскопическая модель, параметры и эффективность организации дорожного движения, транспортные потоки

Abstract. The article discusses the results of simulation at the macro level of the scenario of the Trans-Siberian railway transfer outside the Tyumen. The authors give the analysis of changes in the traffic parameters calculated in the PTV VISUM program for the morning time of the day at the current moment for the option of transferring the railway from the city, and consider the options for increasing the completeness and accuracy of the modeling results for this option of infrastructure development.

Key words: transport planning and modeling, macroscopic model, parameters and efficiency of traffic management, traffic flows

Введение

В России продолжается тренд на переезд жителей малых городов в региональные центры и крупные мегаполисы. Так, в Программе комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ) города Тюмени, утвержденной Тюменской городской думой в 2018 году, предполагается рост численности жителей с 800 до 1 200 тысяч, т. е. фактически на 50 %, а также дальнейший рост автомобилизации [1]. Эти факторы являются основанием для поиска муниципальными властями комплекса мероприятий, направленных на повышение качества транспортного обслуживания населения в будущем.

Территория Тюмени поделена на три крупные части: северную, центральную и южную, разграниченные р. Турой и Транссибирской железнодорожной магистралью (рис. 1). В южной располагаются в основном жилые районы, а рабочие и учебные (в вузах города) места находятся в центральной и северной частях. Из-за этого формируются транспортные корреспонденции между транспортными районами из разных ча-

стей города. Для движения с южного района существует пять маршрутов по путепроводам через Транссибирскую железную дорогу по улицам Монтажников, Пермькова, Мельникайте, Тракторной и автомобильной дороге Обход города. На данных путепроводах и соседних с ними перекрестках автодорог в часы пик возникают значительные транспортные заторы.

В 2007 году в СМИ было объявлено о том, что в Тюменской области рассматривается вопрос о переносе Транссибирской железной дороги за границы города. На этот счет высказывали мнение и давали экспертную оценку губернатор Тюменской области, специалисты-экологи, транспортники. При этом никто из специалистов не приводил данные по изменению качества транспортного обслуживания населения, времени на реализацию корреспонденций. Для проведения такого анализа требуется наличие транспортной модели города и проработка сценария переноса железной дороги за его пределы. В 2008 году был принят и утвержден Генеральный план города Тюмени, в котором не рассматривался данный

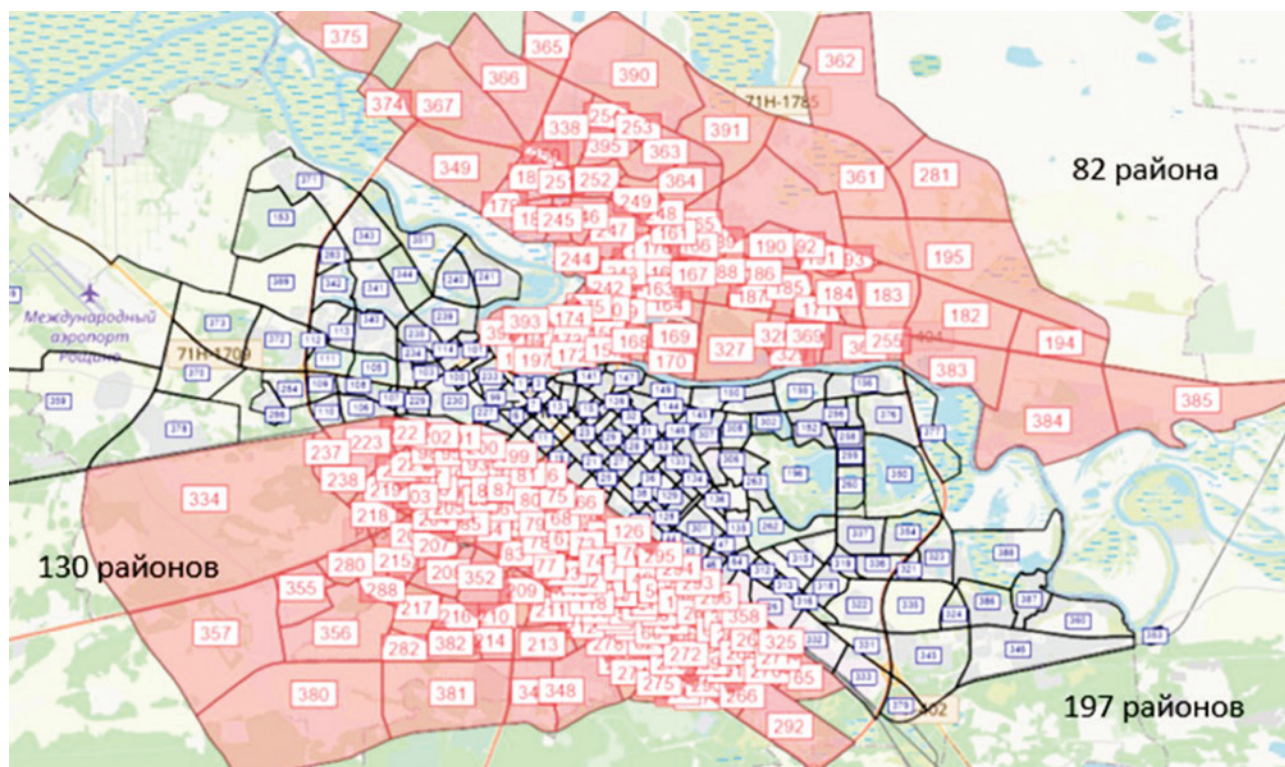


Рис. 1. Транспортные районы в макромоделе Тюмени

вопрос. Окончательное решение об отказе от плана переноса железной дороги озвучены губернатором области в 2012 году.

В ПКРТИ Тюмени вопрос переноса железной дороги не рассматривался. Программа действует до 2040 года, поэтому можно говорить о закрытии данной темы на среднесрочную перспективу. Однако вопрос оценки изменения параметров для данного сценария моделирования остается актуальным, так как темпы роста численности жителей в Тюмени по-прежнему одни из самых высоких в России.

Проблемам повышения качества транспортного обслуживания населения в российских городах посвящено большое количество работ [2–5]. Отдельные исследования проводились и для Тюмени [6, 7].

Объект исследования

Гипотеза исследования – перенос Транссибирской железной дороги за территорию города и создание дополнительных связей между транспортными районами позволит повысить связность территорий, сократить протяженность маршрутов движения между отдельными районами города и, следовательно, повысить качество транспортного обслуживания населения.

Объектом исследования является городская транспортная система Тюмени. Предметом – параметры дорожного движения, рассчитываемые с применением имитационной макроскопической модели.

В связи со сложностью и большими размерами этой системы и невозможностью провести реальные изменения транспортной инфраструктуры в данном исследовании применяются имитационное моделирование в программном комплексе PTV VISUM и транспортная макроскопическая модель города. Применение таких моделей позволяет выполнять прогнозирование транспортного спроса и его перераспределение

по видам транспорта¹, а также определять параметры функционирования транспортной системы в целом по городу, в каждом узле, отрезке и по отдельным маршрутам движения. Экспертами отмечается, что макроскопические имитационные транспортные модели относятся к среднему классу точности, поэтому при разработке крупных инфраструктурных проектов целесообразно проводить комплекс работ, в том числе с применением микромоделирования отдельных ключевых объектов.

Работе с макромоделями городов в мире и России посвящено большое количество исследований [9–13]. В них рассматриваются различные сценарии развития городских транспортных систем, в том числе конфигурация улично-дорожной сети и мероприятия по повышению связности территорий.

В макромоделе города для утреннего периода времени был смоделирован сценарий переноса железной дороги и строительство восьми участков улично-дорожной сети, которые соединяют автомобильные дороги в центральной и южной частях города в створе улиц Аккумуляторной, Таврической, Гранитной, М. Горького, Холодильной, Тульской, Бажова и Ялуторовский тракт, 11 км.

Результаты

Результаты моделирования показывают перераспределение транспортных потоков с наиболее загруженных участков УДС и появление новых маршрутов движения транспорта с различной интенсивностью (табл. 1).

В целом по городу для сценария переноса железной дороги улучшения параметров дорожного движения незначительны (табл. 2). Суммарное время на реализацию транспортных корреспонденций снижается на 3,7 %, среднее время – на 2,7 %.

Создание дополнительных связей между транспортными районами позволяет существен-

¹Использование программных продуктов математического моделирования транспортных потоков при оценке эффективности проектных решений в сфере организации дорожного движения : методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. – Москва, 2017. – 72 с. – Текст : непосредственный.

**Перераспределение транспортного
спроса на новые участки УДС Тюмени
для утреннего времени**

Таблица 1

Новый участок УДС	Транспортный спрос, ед./ч
Аккумуляторная	966
Таврическая	912
Гранитная	1 214
М. Горького	1 563
Холодильная	781
Тульская	1 428
Бажова	534
Ялуторовский тракт, 11 км	720

но снизить время на реализацию корреспонденций на отдельных маршрутах. Например, по маршруту *р-н аэропорта Плеханово – Центр города* (рис. 2) длина маршрута сокращается на 35,3 %, а время на реализацию корреспонденций в утренний час пик – более чем в два раза (табл. 3). При этом существенно разгружается участок самого загруженного путепровода через Транссиб в центре города по улице Тракторной.

По маршруту *р-н МЖК – металлургический завод* (рис. 3) время на реализацию корреспонденций в утренний час пик сокращается на 11,9 % (табл. 4), однако длина маршрута увеличивается почти на 10 %. В то же время разгружается участок другого загруженного путепровода через Транссибирскую железную дорогу по ул. Пермякова.

Таблица 2

**Параметры городской транспортной системы Тюмени
для утреннего времени**

Показатель	Текущая ситуация	Без железной дороги	Изменение, %
V_0 , км/ч	37	36	-2,8
V_a , км/ч	28	26	-7,7
t_0 среднее, ч	17 мин 54 с	17 мин 47 с	-0,7
t_a среднее, ч	23 мин 26 с	22 мин 48 с	-2,7
t_0 суммарное, ч	41 752 ч 46 мин	41 069 ч 11 мин	-1,7
t_a суммарное, ч	54 647 ч 12 мин	52 688 ч 10 мин	-3,7

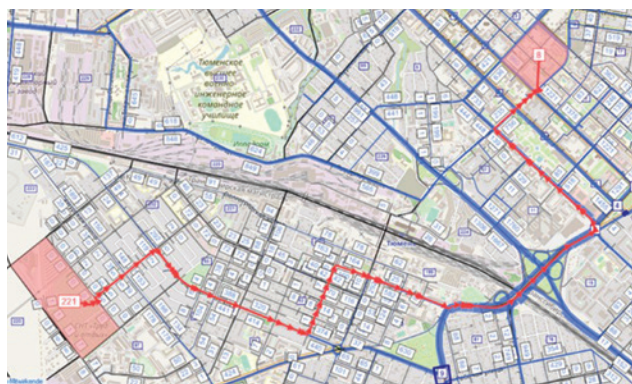


Рис. 2. Изменение маршрутов движения при формировании новых транспортных связей между районами Тюмени, *р-н аэропорта Плеханово – Центр города* (текущая ситуация – слева, при переносе железной дороги – справа)

Таблица 3

Параметры при движении ТС по маршруту р-н аэропорта Плеханово – Центр города

Показатель	Текущая ситуация	Без железной дороги	Изменение, %
V_a , км/ч	16	24	50
t_o среднее, ч	9 мин 56 с	9 мин 40 с	-2,8
t_a среднее, ч	24 мин	11 мин 50 с	-102,8
Длина маршрута, км	6,3	4,7	-35,3

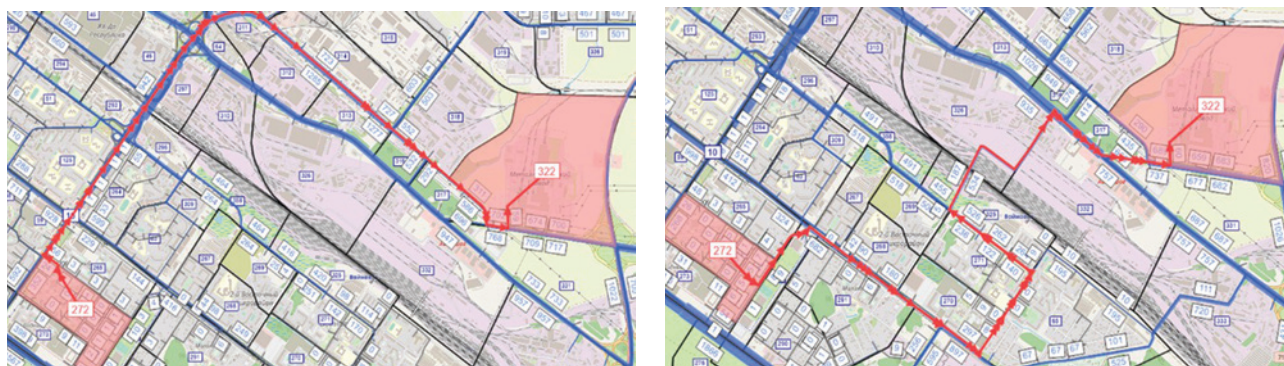


Рис. 3. Изменение маршрутов движения при формировании новых транспортных связей между районами Тюмени, р-н МЖК – металлургический завод (текущая ситуация – слева, при переносе железной дороги – справа)

Таблица 4

Параметры при движении ТС по маршруту р-н аэропорта Плеханово – Центр города

Показатель	Текущая ситуация	Без железной дороги	Изменение, %
V_a , км/ч	21	26	23,8
t_o среднее, ч	15 мин 4 с	17 мин 14 с	12,6
t_a среднее, ч	21 мин 20 с	19 мин 4 с	-11,9
Длина маршрута, км	7,37	8,1	9,9

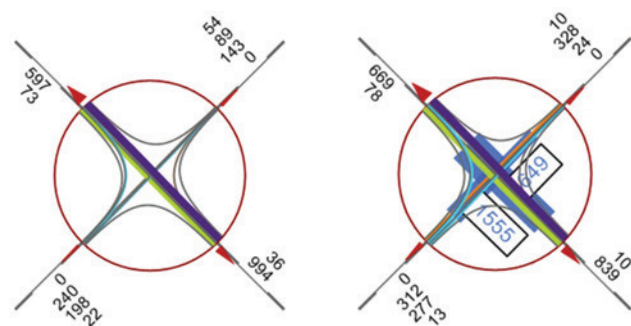


Рис. 4. Изменение интенсивности движения ТС в узлах (перекресток улиц Республики и Тульской) (текущая ситуация – слева, при переносе железной дороги – справа)

При создании нового участка автодороги по ул. Тульской на подходе к перекрестку с ул. Республики интенсивность движения увеличивается с 440 до 600 транспортных средств (рис. 4). На параллельном маршруте по путепроводу по ул. Мельникайте интенсивность движения снижается.

Обсуждение и выводы

Проанализировав результаты моделирования, можно сделать ряд выводов и рекомендаций.

- При рассмотрении предложений по строительству или ликвидации крупных инфраструктурных объектов необходимо рассматривать данные мероприятия в рамках документов транспортного планирования (ПКРТИ и КСОДД) и их возможных корректировок.
- При принятии решений об изменении ПКРТИ и КСОДД (строительство новых объектов или отказ от строительства, перенос на неопределенный срок) целесообразна оценка изменения параметров функционирования городской транспортной системы на основе имитационного моделирования.
- Моделирование целесообразно проводить не только в суточной модели, но и в транспортных моделях максимальных нагрузок в утреннее и вечернее время.
- Для исключения усреднения результатов целесообразно проводить моделирование на макроуровне с выделением в отдельную модель южную и центральную части города.
- В данной макромоделе необходимо детально учитывать сопротивление в узлах (например, за счет занесения сигнальных планов светофоров в макромоделю).
- Для уточнения параметров и повышения точности результатов моделирования целесообразно проводить моделирование отдельных узлов на микроуровне.

Библиографический список

1. Захаров, Н. С. Закономерности формирования количества легковых автомобилей на улично-дорожной сети города : монография / Н. С. Захаров, Е. Ф. Бояркина. – Тюмень : ТИУ, 2011. – 160 с. – Текст : непосредственный.
2. Солодкий, А. И. Транспортное моделирование в решении задач организации дорожного движения / А. И. Солодкий. – Текст : непосредственный // Транспортное планирование и моделирование : сборник трудов II Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 24–25 мая 2017 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. – С. 243–252.
3. Пиров, Ж. Т. Влияние распределения транспортных потоков на скорость сообщения на сегментах городских улиц с регулируемым движением / Ж. Т. Пиров, А. Ю. Михайлов. – DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-115. – Текст : непосредственный // Транспортное планирование и моделирование : Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2. – С. 115–124.
4. Зырянов, В. В. Динамическая маршрутизация транспортных потоков как метод снижения транспортной нагрузки на элементы УДС / В. В. Зырянов, А. А. Феофилова, Н. Н. Чуклинов. – Текст : непосредственный // Мир транспорта и технологий. – 2017. – № 1(60). – С. 74–80.
5. Солодкий, А. И. Проблемы функционирования транспортной инфраструктуры крупных городов России и пути их решения (на примере Санкт-Петербурга) / А. И. Солодкий. – Текст : непосредственный // Транспортное планирование и моделирование : материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26–27 мая 2016 года / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет ; Ассоциация транспортных инженеров. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. – С. 136–144.
6. Захаров, Д. А. Обоснование комплекса мероприятий по повышению эффективности организации дорожного движения на Тюменской кольцевой автомобильной дороге / Д. А. Захаров, А. А. Фадюшин, Д. А. Звездин. – DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-181-186. – Текст : непосредственный // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – №2(79). – С. 181–186.
7. Захаров, Д. А. Особенности развития дорожной инфраструктуры в городе Тюмени / Д. А. Захаров, Е. В. Дрогалева, В. С. Марилов – Текст : непосредственный // Строительный вестник. – № 2 (80). – 2017. – С. 56–61.

8. Корягин, М. Е. Моделирование маршрутной сети прямоугольного города с Манхэттенской метрикой / М. Е. Корягин, А. С. Березина. – Текст : непосредственный // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2018. – № 2. – С. 21–25.
9. Якимов, М. Р. Транспортное планирование : создание транспортных моделей городов : монография / М. Р. Якимов. – Москва : Логос, 2013. – 188 с. – Текст : непосредственный.
10. Якимов, М. Р. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных городах : монография / М. Р. Якимов, А. А. Арепьева. – Москва : Логос, 2016. – 280 с. – Текст : непосредственный.
11. Якимов, М. Р. Транспортное планирование. Практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM : монография / М. Р. Якимов, Ю. А. Попов. – Москва : Логос, 2014. – 200 с. – Текст : непосредственный.
12. Основы транспортного моделирования: практическое пособие / А. Э. Горев, К. Беттгер, А. В. Прохоров, Р. Р. Гизатуллин. – Санкт-Петербург : КОСТА, 2015. – 168 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Zakharov, N. S., & Boyarkina, E. F. (2011). Zakonomernosti formirovaniya kolichestva legkovykh avtomobiley na ulichno-dorozhnoy seti goroda. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 160 p. (In Russian).
2. Solodky, A. I. (2017). Transport modeling in the solution of tasks of organization of road traffic. Transportnoe planirovanie i modelirovanie: Sbornik trudov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, May, 24–25. St. Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering Publ., pp. 243-252. (In Russian).
3. Pirov, Zh. T., & Mikhailov, A. Yu. (2020). Influence of the distribution of traffic flow on the speed of communication on segments of city streets with controlled traffic. Intellect. Innovations. Investments, (2), pp. 115-124. (In Russian). DOI: 10.25198/2077-7175-2020-2-115
4. Zyryanov, V. V., Feofilova, A. A., & Chuklinov, N. N. (2017). Dynamic routing of transport flows as a method of reducing the transport load for macro elements. World of transport and technological machines, 1(60), pp. 74–80. (In Russian).
5. Solodkii, A. I. (2016). Problems of functioning of the transport infrastructure of major cities in Russia and their solutions (In St. Petersburg). Transportnoe planirovanie i modelirovanie: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, May, 26–27. St. Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering Publ., pp. 136-144. (In Russian).
6. Zakharov, D. A., Fadyushin, A. A., & Zvezdin, D. A. (2020). Substantiation of a set of measures aimed at improving the traffic management on the Tyumen ring highway. Vestnik Grazhdanskikh Inzhenerov (Bulletin of Civil Engineers), 2(79), pp. 181-186. (In Russian). DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-181-186
7. Zakharov, D. A., Drogaleva, E. V., & Marilov, V. S. (2017). Osobennosti razvitiya dorozhnoy infrastruktury v gorode Tyumeni. Stroitel'nyy vestnik, 2(80), pp. 56-61. (In Russian).
8. Koryagin, M. E., & Berezina, A. S. (2018). Simulation of the route network of the rectangular city with Taxicab geometry. Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka, (2), pp. 21-25. (In Russian).
9. Yakimov, M. R. (2013). Transport planning: creation of transport models of cities. Moscow, Logos Publ., 188 p. (In Russian).
10. Yakimov, M. R., & Arap'eva, A. A. (2016). Transportnoe planirovanie. Osobennosti modelirovaniya transportnykh potokov v krupnykh gorodakh. Moscow, Logos Publ., 280 p. (In Russian).
11. Yakimov, M. R., & Popov, Yu. (2014). Transport planning. Practical recommendations for creating transport models of cities in the software package PTV Vision® VISUM. Moscow, Logos Publ., 200 p. (In Russian).

-
12. Gorev, A. E., Bettger, K., Prokhorov, A. V., & Gizatullin, R. R. (2015). *Osnovy transportnogo modelirovaniya*. St. Petersburg, KOSTA Publ., 168 p. (In Russian).

Сведения об авторе

Захаров Дмитрий Александрович, к. т. н., доцент, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zaharovda@tyuiu.ru

Information about the author

Dmitriy A. Zakharov, Candidate of Engineering, Associate Professor, Head at the Department of Road transport operation, Industrial University of Tyumen, e-mail: zaharovda@tyuiu.ru

Для цитирования: Захаров, Д. А. Применение транспортного моделирования при оценке эффективности переноса Транссибирской железной дороги за границы города Тюмени / Д. А. Захаров. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-2-90-97. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 2. – С. 90–97.

For citation: Zakharov, D. A. (2021). Transport modelling application in assessing the efficiency of the Trans-Siberian Railway transfer beyond the borders of the city of Tyumen. *Architecture, construction, transport*, (2), pp. 90-97. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-2-90-97.