

ВОПРОСЫ ПЕРЕУСТРОЙСТВА СЪЕЗДОВ РАЗВЯЗОК С ПОЗИЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

О. С. Матигорова, Р. В. Андронов
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

ISSUES OF REARRANGEMENT OF ROAD INTERCHANGE EXITS FOR THE TRAFFIC SAFETY

Olga S. Matigorova, Roman V. Andronov
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. Статья посвящена проблемам модернизации одного из распространенных в нашей стране типов развязок в разных уровнях – «клеверного листа», т. к. наличие зон переплетения потоков петлевых съездов при значительной интенсивности движения снижает безопасность движения по ним и общую пропускную способность развязки. В данном исследовании производится моделирование работы развязки с левоповоротным полупрямым съездом в разных уровнях на наиболее загруженном левоповоротном направлении движения. Показывается значительная эффективность данного проектного решения.

Abstract. The article describes the possibility of modernization of one of the common types of interchanges at different levels in our country named "cloverleaf". It's important because the zones of interlacing flows of loop exits with a significant traffic intensity reduces the safety of traffic along them and the overall throughput of the interchange. This study simulates the operation of an interchange with a left-turn semi-direct ramp at different levels on the busiest left-turn direction of traffic. The aim of the article is to show the significant effectiveness of this design solution.

Ключевые слова: транспортное микромоделирование, улично-дорожная сеть, транспортные потоки, безопасность движения, развязка в разных уровнях

Key words: traffic micro modeling, road network, traffic flows, traffic safety, interchange at different levels

Для цитирования: Матигорова, О. С. Вопросы переустройства съездов развязок с позиции обеспечения безопасности движения / О. С. Матигорова, Р. В. Андронов. – DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-67-77. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2023. – № 1 (103). – С. 67–77.

For citation: Matigorova, O. S., & Andronov, R. V. (2023). Issues of rearrangement of road interchange exits for the traffic safety. *Architecture, Construction, Transport*, (1(103)), pp. 67-77. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-67-77.

Введение

Безопасность дорожного движения – главное качество автомобильных дорог – состояние процесса дорожного движения, отражающее степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий.

Существенный рост интенсивности движения, как следствие увеличения объемов грузовых и пассажирских перевозок, указывает на необходимость вложения огромного количества ресурсов для обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах.

Для поддержания нормативных скоростей сообщения при высоком транспортном спросе возникает потребность в проектировании и строительстве развязок в разных уровнях на дорогах высоких категорий. При этом не в последнюю очередь необходимо учитывать вопросы безопасности дорожного движения [1].

В населенных пунктах это может быть достигнуто прежде всего через снижение разрешенной скорости движения. Во многих европейских странах, например, в Скандинавии, скорость движения в центральной части городов снижена до 50 и даже 40 км/ч.

Но на основных транспортных артериях, связывающих города и районы города между собой, для поддержания необходимых потребительских качеств бесперебойности и удобства движения требуется, наоборот, повышать среднюю скорость сообщения [2].

Не стоит забывать и об острой необходимости реконструкции всей транспортной сети дорог. Так, по данным, предоставленным председателем Правительства РФ [3], объем денежных средств,

выделенных на ремонт автодорог в 2021 году, был рекордным за всю историю страны.

Существующие проблемы должны решаться поэтапно и системно, в конечном итоге все решения должны укладываться в концепцию так называемого «города, удобного для жизни» [4].

Объект исследования

Объектом исследования являются развязки в разных уровнях типа «клеверный лист». Транспортная развязка – комплекс дорожных сооружений (мостов, туннелей, дорог), предназначенный для минимизации пересечений транспортных потоков и, как следствие, для увеличения пропускной способности дорог. Преимущественно под транспортными развязками понимаются транспортные пересечения в разных уровнях.

Существует достаточное количество классификаций транспортных развязок. Согласно главной из них развязки подразделяются на полные и неполные. Развязка считается полной, если проехать через нее можно в любом возможном направлении, не пересекая другие транспортные потоки (отсутствуют конфликтные точки пересечения). Под неполной понимается развязка, двигаясь через которую либо нельзя совершить некоторые маневры, либо присутствуют конфликтные точки пересечения (возможно наличие светофоров). По планировочной схеме транспортные развязки можно разделить на следующие распространенные группы:

- кольцевые;
- крестообразные;
- клеверообразные.

В практике отечественного проектирования наибольшее распространение получили клеве-

рообразные пересечения автомобильных дорог с непрямыми левыми поворотами (петлевыми съездами) типа «клеверный лист» [5]. При таком пересечении в центре устраивают путепровод. Пересекающиеся дороги соединяют между собой съездами – однопутными или двухпутными.

Развязки по типу «клеверного листа» получили распространение еще в 30-х годах XX века в США. В связи с утрачиванием актуальности и снижением безопасности движения для пассажиров, а также наличием многих других отрицательных качеств, возникла необходимость переустройства развязок данных типов с учетом особенностей условий движения транспортных потоков по сети дорог и, особенно, с позиции аудита безопасности движения [6, 7].

Недостатками данного вида развязки являются:

- большие площади для размещения объекта;
- низкий уровень безопасности из-за наличия зон переплетения потоков;

- низкая пропускная способность зон переплетения потоков на петлевых съездах;
- сравнительно низкая безопасность петлевых съездов при малых их радиусах.

Постановка эксперимента

В данной статье анализируется работа транспортной развязки Тюменской кольцевой дороги (ТКАД) на пересечении с ул. Московский тракт.

Существенным слабым местом развязки по типу «клеверного листа» является наличие зон переплетения потоков между петлевыми левоповоротными съездами с ограниченной пропускной способностью¹.

Данные сервиса «Яндекс карты» (рис. 1) свидетельствуют о том, что в различное время года из-за значительного количества автомобилей при совершении поворота налево от ТКАД в сторону поворота на Московский тракт в направлении Екатеринбурга образуются заторы длиной от 1 до 3 км.

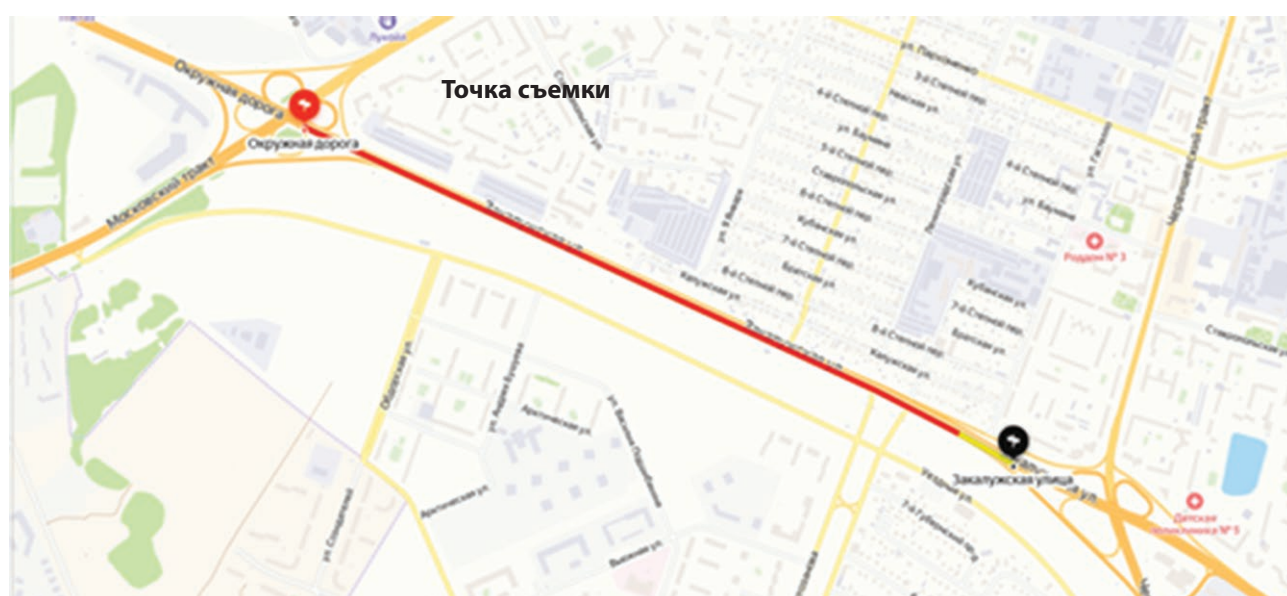


Рис. 1. Заторы на ТКАД (ул. Закалужская)

¹ Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог : ОДМ 218.2.020-2012 : разработаны АНО «Институт проблем безопасности движения», Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом, Иркутским государственным техническим университетом, Тихоокеанским государственным университетом, ФГУП «РОСДОРНИИ», ООО «ИНЭМДорТранс». – Москва : Информавтодор, 2012. – 148 с. – Текст : непосредственный.



Рис. 2. Движение транспортного потока в зоне переплетения левоповоротного съезда с ул. Закалужской в сторону г. Екатеринбурга

На рис. 2 приведен затор, образовавшийся по направлению к зоне переплетения транспортных потоков. Здесь хорошо различимы несколько потоков транспортных средств, движущихся с различной скоростью, что существенно повышает вероятность совершения ДТП при перестроении или обгоне.

Также значительно увеличивается время на проезд петлевых съездов в этом направлении. В то же время резко снижает безопасность дви-

Таблица 1

Количество ДТП с пострадавшими на данном объекте

Год	Всего ДТП	В том числе:	
		пострадавших	погибших
2017	3	3	–
2018	4	5	–
2019	7	12	–
2020	4	5	–
2021	8	10	–

жения наличие пешеходных переходов, которые за последние годы стали использовать намного чаще в связи со сданным в эксплуатацию жилищным комплексом «Колумб».

Был проведен анализ ДТП, произошедших на данном участке путепровода за период с 2017 по 2021 гг. (таблица 1).

Снижение аварийности в 2020 г. можно объяснить удаленным характером работы сотрудников во время пандемии COVID-19. В связи со сдачей в эксплуатацию ЖК «Колумб» и значительным увеличением движения пешеходов по развязке прогнозируется увеличение числа ДТП с пострадавшими и обычных ДТП на развязке.

Прогнозируемый рост числа ДТП также обусловлен ростом транспортной нагрузки на окружающую дорогу и Московский тракт (в связи со сдачей в эксплуатацию новых жилых комплексов).

Проблему низкой безопасности петлевых съездов и зон переплетения потоков на их выходе можно решать путем устройства полупрямых и прямых левоповоротных съездов. Устройство одного такого съезда на наиболее загруженном направлении позволяет увеличить среднюю ско-



*Рис. 3. Пример модификации клеверной развязки в трех уровнях.
Москва, МКАД – Ленинградское шоссе*

рость движения и существенно повысить безопасность транспортного сооружения.

На рис. 3 представлена такая развязка после реконструкции. В данном примере можно исследовать обустройство развязки в ее окончательном варианте с построенными левоповоротными эстакадами на МКАД.

Устройство выделенных левых поворотов с Ленинградского шоссе на МКАД путем строительства дополнительных эстакад на нескольких уровнях способствовало также снижению аварийности [8].

Еще одна развязка строится на пересечении МКАД и Липецкой улицы в Москве (рис. 4). В качестве зарубежного примера можно привести бывшую клеверную развязку в Колумбусе, штат Огайо (рис. 5).

При реконструкции старой клеверной развязки было выполнено: устройство выделенных

левых поворотов с шоссе I-270 на трассу 161 путем строительства дополнительных эстакад на нескольких уровнях; устройство выделенного левого поворота с трассы 161 на шоссе I-270 путем строительства тоннеля.

Особенностью реконструкции является то, что старые петлевые съезды убрали полностью, таким образом была устранена конфликтная зона, однако при этом исчезла возможность выполнить разворот.

Результаты

Все способы решения возникающих комплексных проблем требуют от государства материальных, трудовых, временных и финансовых ресурсов, поэтому выбор предпочтительного варианта необходимо делать на основе расчета приведенных суммарных затрат. Для этого необходимо произвести технико-экономическое обоснование.

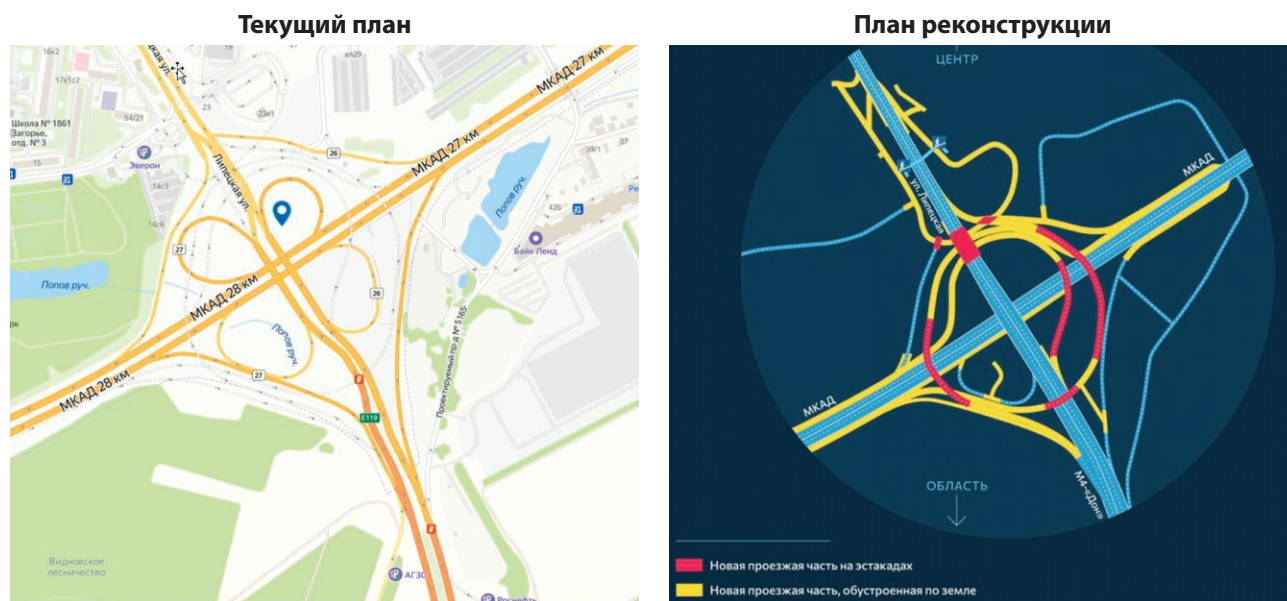


Рис. 4. Пересечение МКАД и Липецкой улицы, Москва

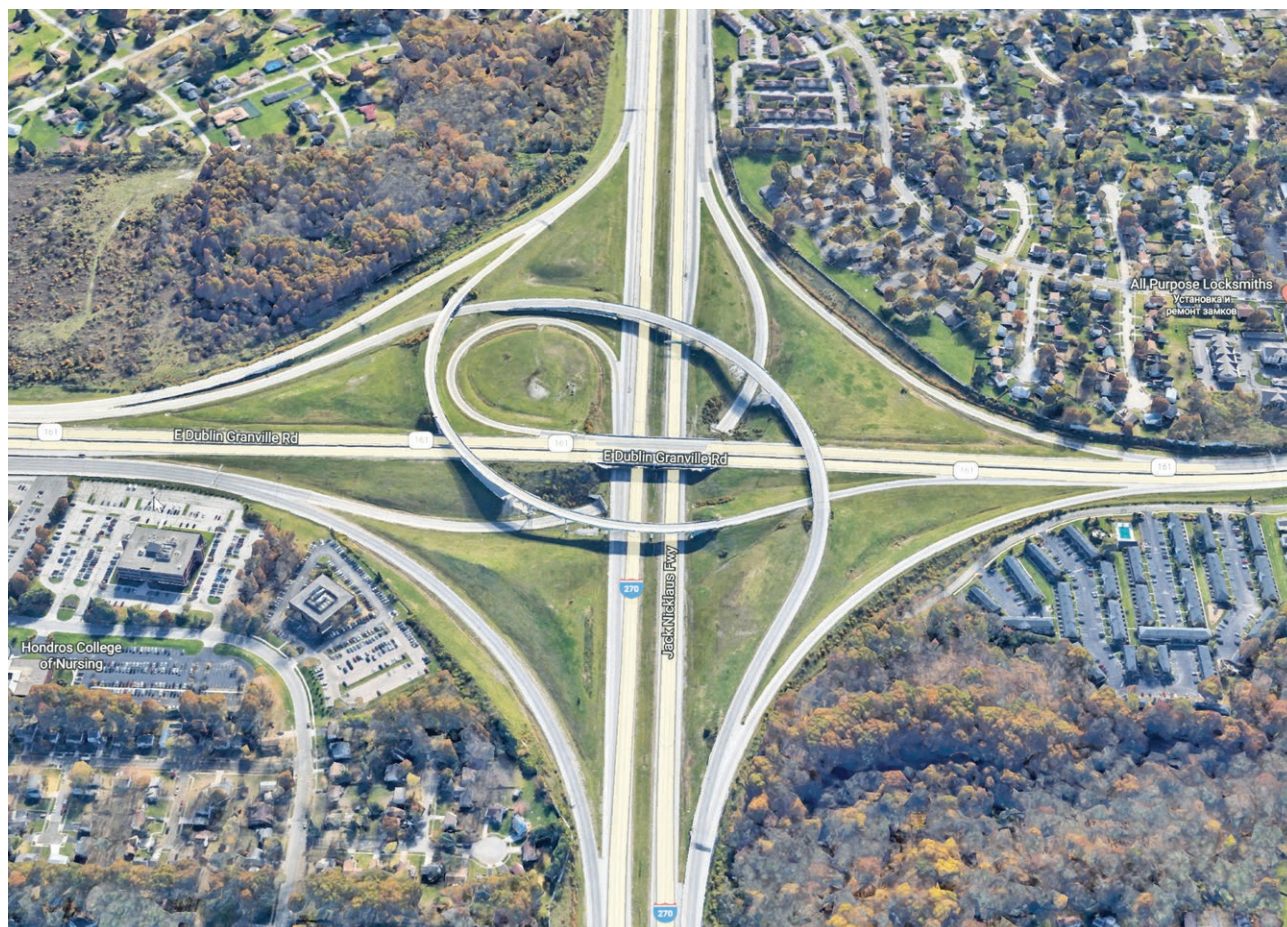


Рис. 5. Развязка шоссе I-270 и трассы 161 после реконструкции (спутниковый снимок). Колумбус, штат Огайо, США

В качестве инструмента при технико-экономическом обосновании можно использовать имитационное (транспортное) моделирование процессов дорожного движения, достаточно хорошо реализованное в ряде программных комплексов и продуктов, в частности в комплексе PTV VISSIM. Транспортное моделирование позволяет произвести поиск эффективных и оптимальных решений при проектировании УДС и организации дорожного движения с учетом всего многообразия характеристик транспортного потока, а также влияния внешних и внутренних факторов, что не может быть учтено при применении традиционных методов и инструментов [9].

PTV VISSIM – это программное обеспечение, которое позволяет отображать все виды индивидуального и общественного транспорта в единой модели. Как и все модели, транспортная модель представляет собой абстракцию реального мира. Целью моделирования является системный анализ, прогнозы воздействий и модельная подготовка решений, которые принимаются в реальном мире. VISSIM – ведущее во всем мире программное обеспечение для проведения транспортного анализа и прогнозирования, а также управления данными на базе ГИС в сфере транспорта и перевозок. VISSIM представляет собой программу транспортного планирования, которая служит для анализа и планирования транспортных систем. При этом транспортная система охватывает транспортное предложение индивидуального и общественного транспорта, а также спрос на транспорт. VISSIM помогает инженерам-планировщикам при разработке транспортно-технических мероприятий и рассчитывает воздействие этих мероприятий. Возможности VISSIM позволяют рассчитывать воздействие существующего или спланированного транспортного предложения, которое может включать в себя как дорожную сеть индивидуального транспорта, так и маршрутную сеть с расписанием [10].

С помощью PTV VISSIM возможно осуществлять:

- оценку влияния типа пересечения дорог на пропускную способность (нерегулируемый перекресток, регулируемый перекресток,

круговое движение, ж/д переезд, развязка в разных уровнях);

- проектирование, тестирование и оценку влияния режима работы светофора на характер транспортного потока;
- оценку транспортной эффективности предложенных мероприятий;
- анализ управления дорожным движением на автострадах и городских улицах, контроль за направлениями движения как на отдельных полосах, так и на всей проезжей части дороги;
- детальную имитацию движения каждого участника движения.

В исследовании предложена реконструкция рассматриваемой развязки на пересечении МКАД и Московского тракта. Одно из возможных решений вопроса – устройство выделенного левого поворота с МКАД на Московский тракт путем сооружения выделенной эстакады (рис. 6, выделено голубым цветом). Здесь необходимо строительство надземных или подземных пешеходных переходов (выделены зеленым цветом), что будет также способствовать повышению безопасности движения пешеходов.



Рис. 6. Предлагаемое переустройство, вариант 1

Удаление «лепестков» позволит разгрузить конфликтные зоны, однако у водителей не будет возможности выполнить разворот на развязке.

Второй вариант переустройства развязки представлен на рис. 7. Он подразумевает строительство выделенного левого поворота с МКАД

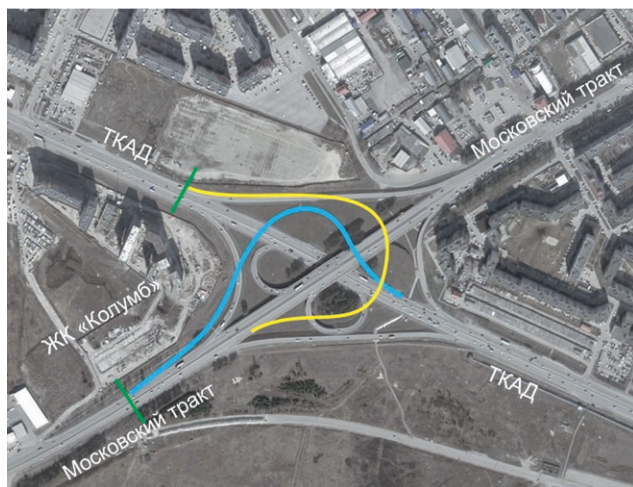


Рис. 7. Предлагаемое переустройство с организацией двух левоповоротных полупрямых съездов (выделены желтым и синим цветом) с сооружениями надземных пешеходных переходов (отмечены зеленым цветом), вариант 2

на Московский тракт путем сооружения выделенной эстакады и сооружение надземных пешеходных переходов от ЖК «Колумб».

Удаление двух «лепестков» позволит разгрузить конфликтные зоны без возможности разворота на развязке.

Обсуждение

Предварительные результаты моделирования выделенной левоповоротной эстакады по первому варианту дают обнадеживающие результаты как по повышению пропускной способности, так и по сокращению времени движения на проблемных направлениях.

Как следует из таблицы 2 и рис. 8–9, устройство только одного левоповоротного полупрямого съезда позволяет значительно улучшить транспортную ситуацию на развязке. В связи с устранением конфликтных зон на рассмотренных направлениях следует ожидать снижения аварийности с пострадавшими.

Выводы

Развязки типа «клеверный лист» являются одними из самых распространенных в мире благодаря своей относительно невысокой стоимости и хорошей пропускной способности.

При возрастании транспортной нагрузки развязки данного типа не справляются с нагрузкой, в результате в конфликтных точках и зонах переплетения уменьшается средняя скорость потока и происходят ДТП, которые, в свою очередь, увеличивают длину заторов.

Одним из решений является реконструкция развязок с устройством полупрямых левоповоротных съездов вместо петлевых. В настоящее время только в г. Москве идет реконструкция трех развязок типа «клеверный лист».

На развязке ТКАД – Московский тракт на направлении поворота с ул. Закалужской в сторону г. Екатеринбурга предлагается устроить левоповоротный полупрямой съезд в третьем уровне с целью ликвидации наиболее загруженной и аварийно-опасной зоны переплетения потоков и ликвидации систематически образующегося затора.

Таблица 2

Сравнение результатов имитационного моделирования пропускной способности и среднего времени в пути по маршрутам А-Б и В-Г до и после реконструкции развязки по варианту 1

Маршрут направления	Пропускная способность, авт./ч		Среднее время в пути, мин.	
	До реконструкции	После реконструкции	До реконструкции	После реконструкции
А – Б	1180	2640	20	1,1
В – Г	1970	2690	14	1,6



Рис. 8. Текущая ситуация на развязке Московский тракт – ТКАД в программном пакете VISSIM



Рис. 9. Моделирование левоповоротного съезда на развязке Московский тракт – ТКАД в программном пакете VISSIM

Библиографический список

1. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – Москва : Транспорт, 1977. – 303 с. – Текст : непосредственный.
2. Андронов, Р. В. Расчет экономических потерь пользователей улично-дорожной сети на регулируемых пересечениях для обоснования мероприятий по реконструкции и улучшению организации движения / Р. В. Андронов. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 38–40.

3. Астахов, Д. Мишустин сообщил, что в России за 2021 год отремонтировали рекордное количество дорог. – Текст : электронный // ТАСС : сайт. – 07 апреля 2022. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/14308843> (дата обращения: 20.01.2023).
4. Вучик, В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / Вукан Р. Вучик ; пер. с англ. А. Калинина под науч. ред. М. Блинкина. – Москва : Территория будущего, 2011. – 574 с.
5. Санников, С. П. Транспортная инфраструктура в моделях уплотнения городов / С. П. Санников, В. Д. Тимоховец, А. Ю. Кузук. – Текст : непосредственный // Транспортное строительство. – 2019. – № 2. – С. 2–5.
6. Выбор объекта локального исследования в целях повышения эффективности организации дорожного движения в центре крупного города / Е. В. Дрогалева, Л. А. Сухина, Р. Ф. Хайрулина, Е. Ю. Яшина // Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Международной научно-практической конференции, Тюмень, 16–20 мая 2016 года. Том III. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. – С. 172–175.
7. Washburn, Scott S. The Highway Capacity Manual 6th Edition: Overview and What's New / Scott S. Washburn, Leslie D. Washburn. – URL: <https://www.suncam.com/miva/downloads/docs/344.pdf> (date of the application 19.01.2023). – Текст : электронный.
8. Якимов, М. Р. Транспортное планирование: особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах / М. Р. Якимов, А. А. Арепьева. – Москва : Логос, 2016. – 277 с. – Текст : непосредственный.
9. Бекмагамбетов, М. М. Анализ современных программных средств транспортного моделирования / М. М. Бекмагамбетов, А. В. Кочетков. – Текст : непосредственный // Журнал автомобильных инженеров. – 2012. – № 6 (77). – С. 25–34.
10. Якимов, М. Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов : монография / М. Р. Якимов. – Москва : Логос, 2013. – 187 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Sil'yanov, V. V. (1977). Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya. Moscow, Transport Publ., 303 p. (In Russian).
2. Andronov, R. V. (2014). The calculation of city road users' economic losses in signal-controlled intersections to justify actions on reconstruction and improvement of traffic organization. Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya, (4), pp. 38-40. (In Russian).
3. Astahov, D. Mishustin soobshhil, chto v Rossii za 2021 god otremonirovali rekordnoe kolichestvo dorog. TASS. (In Russian). Available at: <https://tass.ru/ekonomika/14308843> (accessed 20.01.2023).
4. Vuchic, V. R. (1999). Transportation for Livable Cities. New York, Publ. Routledge, 378 p. (In English).
5. Sannikov, S. P., Timokhovets, V. D., & Kuzuek, A. Yu. (2019). Transport infrastructure in urban compaction models. Transportnoe stroitel'stvo, (2), pp. 2-5. (In Russian).
6. Drogaleva, E. V., Sukhina, L. A., Khayrulina, R. F., & Yashina, E. Yu. (2016). Vybor ob'ekta lokal'nogo issledovaniya v tselyakh povysheniya effektivnosti organizatsii dorozhnogo dvizheniya v tsentre krupnogo goroda. Novye tekhnologii – neftegazovomu regionu: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, May, 16-20. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., (III), pp. 172-175. (In Russian).
7. Washburn, Scott S., & Washburn, Leslie D. (2016). The Highway Capacity Manual 6th Edition: Overview and What's New. (In English). Available at: <https://www.suncam.com/miva/downloads/docs/344.pdf> (accessed 19.01.2023).

-
8. Yakimov, M. R., & Arep'eva, A. A. (2016). Transportnoe planirovanie: osobennosti modelirovaniya transportnykh potokov v krupnykh rossiyskikh gorodakh. Moscow, Logos Publ., 277 p. (In Russian).
 9. Bekmagambetov, M. M., & Kochetkov, A. V. (2012). Analysis of modern software transport modelling. Zurnal AAI, (6(77)), pp. 25-34. (In Russian).
 10. Yakimov, M. R. (2013). Transportnoe planirovanie: sozдание transportnykh modeley gorodov. Moscow, Logos Publ., 187 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Матигорова Ольга Сергеевна, магистрант,
Тюменский индустриальный университет, e-mail:
olgachurashovaa@gmail.com

Андронов Роман Валерьевич, канд. техн.
наук, доцент кафедры автомобильных дорог и
аэродромов, Тюменский индустриальный уни-
верситет, e-mail: andronovrv@tyuiu.ru

Information about the authors

Olga S. Matigorova, Graduate Student, Industrial
University of Tyumen, e-mail: olgachurashovaa@
gmail.com

Roman V. Andronov, Candidate in Engineering,
Associate Professor at the Department of Roads and
Airfields, Industrial University of Tyumen, e-mail:
andronovrv@tyuiu.ru