

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА

В.Д. Тимоховец*, Я.И. Чичиланова

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень, Россия

*timohovetsvd@tyuiu.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной статье рассматривается вопрос оптимизации движения участников дорожного движения в условиях городской среды. Необходимость решения данного вопроса возникла из-за неоптимального проектирования улично-дорожной сети города, заключающегося в росте интенсивности движения до предельных значений и неспособности светофорного регулирования решать проблемы глобального спроса на передвижение транспорта. Также актуальным является решение вопроса о передвижении постоянно увеличивающихся пешеходных потоков. Оптимизация условий дорожного движения предполагается устройством комплексных транспортных схем. Основным недостатком решения данного вопроса является ограниченность нормативной документации, которая была бы применима в условиях городской среды.

Материалы и методы. В статье авторы использовали как основополагающий метод аналогии – сравнение категорий улиц и городских дорог с загородными автомобильными дорогами. Также были проанализированы достоинства единичных транспортных развязок и их системы и уровень удобства улиц г. Тюмени.

Результаты. Представляют собой варианты комплексных транспортных пересечений, удовлетворяющих требованиям, определенным заранее относительно различных типов перекрестков со следующими показателями: расстояние между второстепенными улицами, количество полос движения на улицах, радиусы круговых кривых.

Обсуждение и заключение. По результатам данной статьи целесообразно рассмотреть третий вариант комплексного пересечения, являющийся наиболее перспективным по рассматриваемым параметрам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: комплексная транспортная схема, обеспечение безопасности участников движения, заторные явления.

Поступила 4.06.2020, принята к публикации 23.08.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Тимоховец В.Д., Чичиланова Я.И. Разработка универсальной транспортной схемы для оптимизации дорожного движения в условиях города. *Вестник СибАДИ*. 2020; 17 (4): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-524-536>

© Тимоховец В.Д., Чичиланова Я.И.



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-524-536>

DEVELOPMENT OF UNIVERSAL TRANSPORT SCHEME FOR ROAD TRAFFIC OPTIMIZATION IN URBAN CONDITIONS

Vera D. Timokhovets*, Yana I. Chichilanova
Tiumen Industrial University,
Tiumen, Russia,
*timohovetsvd@tyuiu.ru

ABSTRACT

Introduction. This article addresses the issue of optimizing the movement of road users in an urban environment. The need to resolve this issue arose due to the suboptimal design of the city's street-road network, consisting in an increase in traffic intensity to limit values and the inability of traffic lights to solve the problems of global demand for vehicle movement. It is also important to address the issue of the movement of ever-increasing pedestrian flows. Optimization of traffic conditions is assumed by the device of integrated transport schemes. The main disadvantage of solving this issue is the limited regulatory documentation that would be applicable in urban environments.

Materials and methods. In the article, the authors used, as a fundamental method of analogy, a comparison of the categories of streets and urban roads with suburban highways. Also, the advantages of individual road junctions and their systems and the level of convenience of the streets of Tiumen were analyzed.

Results. The results are variants of complex traffic intersections that satisfy the requirements defined in advance regarding various types of intersections with the following indicators: distance between minor streets, number of lanes on the streets, radii of circular curves.

Conclusion. Based on the results of this article, it is advisable to consider the third variant of the complex intersection, which is the most promising in terms of the considered parameters.

KEYWORDS: integrated transport scheme; ensuring the safety of traffic participants, mash phenomena.

Submitted 3.06.2020, revised 23.08.2020.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Timokhovets V.D., Chichilanova Ya.I. Development of universal transport scheme for road traffic optimization in urban conditions. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020; 17 (4): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-524-536>

© Timokhovets V.D., Chichilanova Y.I.



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

С увеличением уровня автомобилизации как в Российской Федерации, так и в зарубежных странах возникает потребность в совершенствовании существующих и создании принципиально новых объектов транспортной инфраструктуры. Как показывает зарубежная [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] и Российская практика¹ [10, 11, 12, 13] в области исследований по безопасности дорожного движения, зачастую на улично-дорожной сети города интенсивность движения достигает предельных значений, что является решающим фактором для обеспечения удобства перемещения участников дорожного движения. Светофорное регулирование не способно решать проблемы глобального спроса на передвижение транспорта в силу некорректно настроенного режима работы, который становится основной причиной заторов (что требует необходимости создания адаптивной системы регулирования режимов для улично-дорожной сети в целом) [14, 15, 16]. Поэтому возникает несогласованность между пропускной способностью, которая является величиной постоянной при отсутствии совершенствования условий передвижения, и интенсивностью движения, стабильно прогрессирующей в своих значениях. Данный факт доказывает необходимость реконструкции существующих перекрестков (особенно на пересечениях загруженных улиц и дорог участниками дорожного движения) с разделением транспортных потоков на непересекающиеся мобильные артерии.

Помимо транспортной составляющей возникает вопрос о пешеходных потоках: увеличение уровня рождаемости приводит к росту числа пешеходов, которым также необходимо передвигаться по улично-дорожной сети города в комфортных и безопасных условиях, что требует создания транспортных развязок, учитывающих отделение пешеходных потоков от транспортных [17, 18].

Светофорное регулирование на перекрестках с транспортными потоками большой интенсивности в свою очередь приводит к внушительным задержкам транспорта и увеличению количества заторов [19, 20, 21, 22].

Заторные явления на дорогах становятся причиной большинства неблагоприятных по-

следствий, среди которых можно выделить следующие положения:

- Нарушение работы экстренных и оперативных служб.
- Общее увеличение времени в пути (до 25% от общей продолжительности вождения), приносящее экономический ущерб.
- Увеличение расхода топлива и выброса вредных веществ (на 7% и более).
- Увеличение износа автомобилей, шума и аварийности (около 20% аварий происходят в заторное время).
- Возникновение стрессовых ситуаций для всех участников дорожного движения.

Также значительное влияние на оптимизацию дорожного движения в условиях города оказывают следующие критерии: способность оценивать безопасность движения (выделение участков повышенной опасности, в которых наблюдается концентрация дорожно-транспортных происшествий и снижение пропускной способности); затраты времени на передвижение по улично-дорожной сети (удельное время движения и удельное время остановок на маршруте позволяют оценить качество организации перевозок и движения); сложность режимов движения (обеспечение стабильности режима движения, без частой смены последнеупомянутого) и экологическая безопасность (обеспечение благоприятных условий передвижения путем уменьшения значения шума ускорения). Именно данные аспекты нуждаются в повышении их качества, для обеспечения безопасного и комфортного передвижения всех участников дорожного движения в городских условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными этапами предлагаемой методики по улучшению условий дорожного движения в городских условиях путем разработки единой транспортной схемы стали:

1. Анализ существующей нормативной документации и обоснование её недостаточности для проектирования.
2. Сравнение системы транспортных развязок с единственным экземпляром: определение достоинств и недостатков.
3. Определение требований к системе современных проектируемых транспортных развязок.

¹ Проектирование и расчет транспортной развязки: методические П79 указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов направления 08.03.01 – Строительство профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы» / сост. Н.Г. Горшкова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 28 с.

4. Анализ ситуации на улично-дорожной сети г. Тюмени.

5. Формирование условий, необходимых для обустройства комплексных транспортных развязок.

В силу ограниченности нормативной документации, применимой к строительству и реконструкции транспортных сооружений в городских условиях, авторами предлагается начать решение данной проблемы со сравнения категорий улиц и городских дорог с загородными автомобильными дорогами и проведения аналогии между ними (таблица 1).

Согласно действующей нормативной документации транспортные развязки в разных уровнях следует устраивать на пересечениях между собой следующих разновидностей автомобильных дорог согласно ПНСТ 270–2018:

- категорий IA, 1Б – с автомобильными дорогами всех категорий;
- категории IB – с дорогами, расчетная интенсивность движения на которых превышает 1000 ед/сут;
- категории IB с числом полос движения шесть и более – с автомобильными дорогами всех категорий;

- категорий II и III – между собой при суммарной расчетной интенсивности движения более 12 000 ед/сут.

На сегодняшний день транспортные развязки являются распространённым объектом дорожного строительства, позволяющим оптимизировать транспортную ситуацию на улицах и дорогах города [23]. Существующий опыт показывает, что создание транспортной развязки в единственном экземпляре на любом участке улично-дорожной сети не решает проблемы устранения заторов, поскольку в большинстве случаев затор перемещается на соседние пересечения. Также нерентабельным является строительство отдельных сооружений на каждом перекрестке, что приводит к более высоким ресурсо- и финансовым затратам. Поэтому наиболее выгодным будет создание системы транспортных развязок, которые могут обеспечить непрерывное движение транспорта на всем его пути. Преимущества предложенной методики обустройства транспортной сети города представлены в таблице 2.

Таблица 1
Соответствие городских и загородных улиц

Table 1
Urban and suburban streets matching

Категория загородной дороги	Категория городской дороги	Сопутствующий документ
IA	Магистральные городские дороги (1-й, 2-й классы)	СП 396.1325800.2018 Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования; ПНСТ 270–2018 Дороги автомобильные общего пользования. Транспортные развязки. Правила проектирования
IB	Магистральные улицы общегородского значения (1-й класс)	
IV	Магистральные улицы общегородского значения (2-й класс)	
II	Магистральные улицы общегородского значения (3-й класс)	
III	Магистральные улицы районного значения	

Таблица 2
Достоинства единичных транспортных развязок и их системы

Table 2
Advantages of single transport interchanges and their systems

Единственная транспортная развязка	Комплекс транспортных развязок
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Сравнительно более экономный вариант $C_{(n=1=const)} < C_{(n=1,2,3...k)}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Устройство комфортного передвижения всех участников движения
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Увеличение пропускной способности на участке дороги $P_n^{yc} = P_n^{доп} \cdot q^{n-1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Увеличение пропускной способности на протяжении всей улицы $P_n^{доп} = P_n^{доп} \cdot q^{n-1}$
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Повышение безопасности движения на участке $B_n^{yc} = B_n^{доп} \cdot q^{n-1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Повышение безопасности на всем протяжении улицы $B_n^{доп} = B_n^{доп} \cdot q^{n-1}$
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Возможность сокращения путей между параллельными улицами $S \rightarrow min$
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Повышение удобства дорожного движения

Из данной таблицы становится доказанным факт целесообразности устройства единой транспортной развязки, объединяющей смежные перекрестки. В соответствии с ГОСТ 32944–14 пешеходные переходы устраиваются в местах сложившейся траектории движения пешеходов на расстоянии не менее 200 м друг от друга. Как правило, через каждые 200–300 м в городских условиях предусмотрено обустройство того или иного вида пешеходного перехода. В центрах пешеходной активности города переходы могут быть организованы менее чем через 120 м.

С учётом вышеуказанного можно сделать вывод, что современные транспортные развязки (независимо от их количества) должны удовлетворять следующим требованиям для комфорта всех участников дорожного движения:

1. Обеспечение безопасного движения на существующем пересечении и снижение аварийности.
2. Увеличение пропускной способности перекрестка и прилегающих улиц в целом.
3. Поддержание скоростного режима на постоянном уровне на прилегающей улично-дорожной сети.

4. Увеличение интенсивности движения как транспортных, так и пешеходных потоков.

5. Обеспечение комфортного перемещения всех участников дорожного движения.

Помимо требований из части организации дорожного движения необходимо учитывать требования безопасного проектирования, учитывающие следующие положения:

- Длина участков разгона переходно-скоростных полос транспортных развязок на участках примыкания транспортных потоков (180–200 м).
- Длина участков отгона переходно-скоростных полос транспортных развязок на участках примыкания транспортных потоков (100–120 м).
- Радиусы кривых в плане (30 м и более).
- Ширина переходно-скоростных полос транспортных потоков (3,5 м и более).
- Расстояние между пешеходными переходами и др.

Производя анализ транспортной ситуации на сегодняшний день на примере г. Тюмени, можно сделать вывод, что улицы и городские дороги достаточно перегружены, что наблюдается во многих городских агломерациях Российской Федерации [24, 25] (таблица 3).

Таблица 3
Анализ существующих улиц г. Тюмени с высокоинтенсивным движением

Table 3
Analysis of high-traffic streets in Tyumen

Уровень удобства	Процентное отношение улиц от общего числа, %
C	9,09
D	46,73
E	17,95
F	23,48

Как видно из таблицы 3, оптимальный уровень удобства для передвижения всех участников дорожного движения представлен крайне малым количеством объектов (2,75% от их общего количества).

В ходе исследования под рассматриваемые требования были запроектированы 4 комплексных транспортных развязки, объединяющие в единую сеть два перекрестка и позволяющие повысить удобство организации дорожного движения для каждого его участника. Все варианты призваны повысить пропуск-

ную способность перекрестков и безопасность передвижения по ним; снизить задержки в пути и аварийность, а также увеличить уровень удобства организации движения для всех групп участников. Разрабатываемые схемы движения могут быть применены на улицах и городских дорогах с высокой интенсивностью движения с целью оптимизации транспортной ситуации. Применение данных развязок на улично-дорожной сети города возможно в следующих случаях (таблица 4).

Таблица 4
Условия, необходимые для устройства вариантов комплексных развязок

Table 4
Conditions necessary for the construction of complex interchange options

Условие	I	II	III	IV
Расстояние между второстепенными улицами (м)	400–800	500–800	500–1000	600–1000
Кол-во полос для движения на основной улице (в одну сторону)	3			
Кол-во полос для движения на второстепенных улицах (в одну сторону)	2–3			
Устройство пешеходных и велосипедных зон	надземно-совмещенное	подземно-совмещенное	надземно-совмещенное	надземно-совмещенное
Основные радиусы на примыкающих и круговых кривых (м)	60 000–125 000			
Радиусы на круговых разворота (м)	> 3500 (желательно 5000)			

РЕЗУЛЬТАТЫ

Первый вариант комплексной развязки представляет собой простую модель стереографической проекции, соединяющей между собой соседние перекрестки. Прямые транспортные потоки, пересекающиеся на перекрестке, разведены в разные уровни, движение по главной магистрали на таких участках организовано ниже уровня земной поверхности (полутоннельный участок). Движение пешеходов и велосипедистов организовано по параллельным траекториям; в местах их пере-

сечения необходимо создание современных оборудованных надземных пешеходных переходов. Схема развязки показана на рисунке 1.

Второй вариант является производным от первого, поток на нём распределяется местно на развязке, обустроенной на месте перекрестка. Второстепенные улицы опускаются в прямом направлении в подземный уровень. Особенностью пешеходного движения является организация его над развязкой (надземный пешеходный переход) крестообразным направлением (рисунок 2).

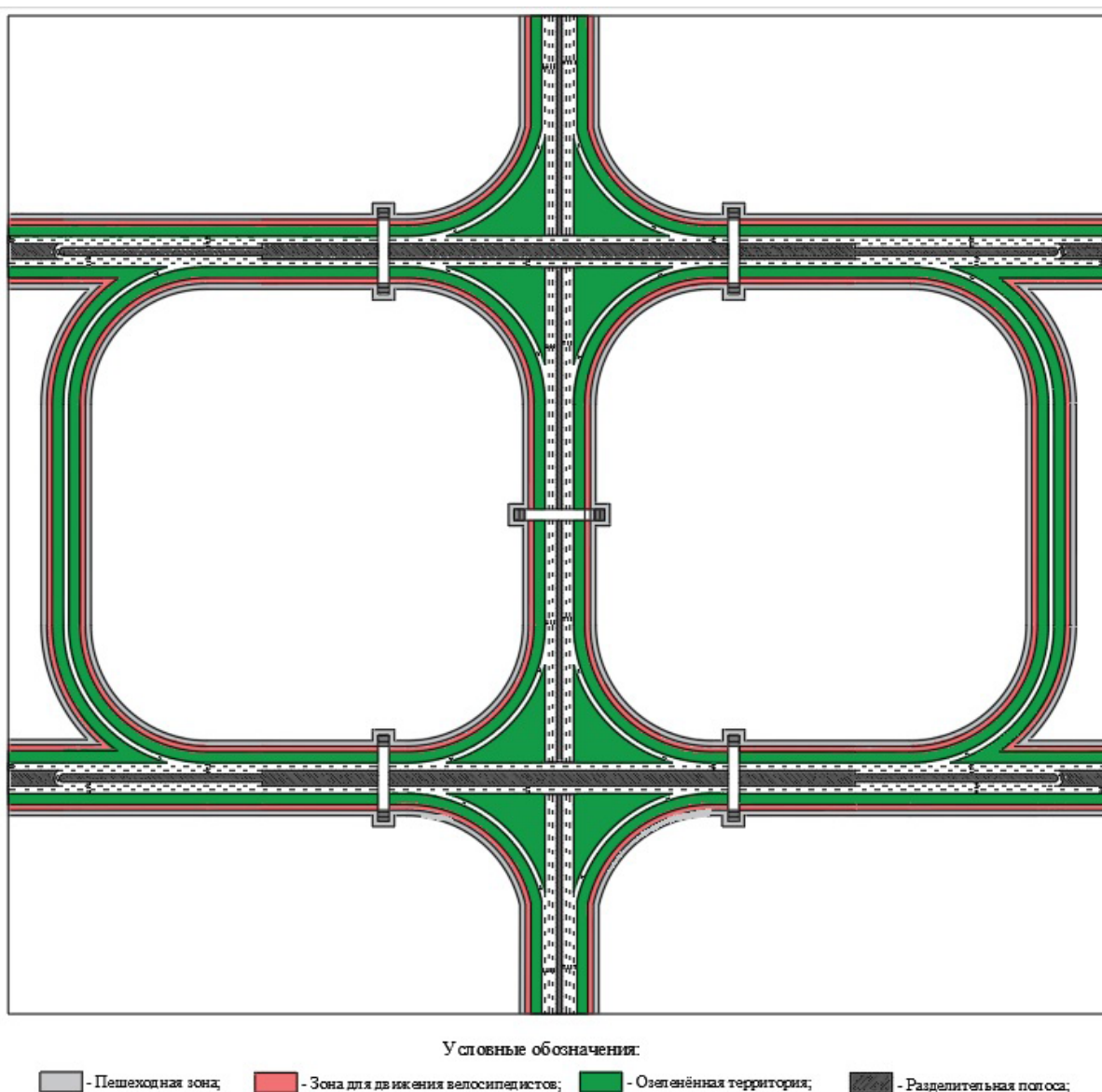


Рисунок 1 – Комплексная развязка в виде простой модели стереографической проекции

Figure 1 – Complex interchange in the form of a simple model of stereographic projection

Третий вариант представляет собой полукружное движение, обеспечивающее левый поворот и разворот для главной магистрали. В местах пересечения потоков магистраль возвышается над уровнем земли (устройство эстакад). Пешеходное движение, как и в первом варианте, предполагает строительство современных и оборудованных надземных пешеходов с учетом сформировавшихся регулярных пешеходных потоков, расположением остановок маршрутных транспортных средств, объектов притяжения пешеходов. Наглядное представление описанного варианта приведено на рисунке 3.

Четвертый вариант интегрированной транспортной развязки имеет визуальное сходство построения с диаграммой Шлегеля, но в плоском изображении и с наличием центральной транспортной артерии. Ключевым объединяющим объектом для 6 встречных потоков является окружное движение по эллиптической траектории, которая впоследствии и перераспределяет поток на множество. В данном варианте (рисунок 4) предложено обустройство двух полутоннелей для второстепенных транспортных объектов и одна эстакада над «кольцом». Пешеходные потоки движутся аналогичным принципом предыдущих вариантов.

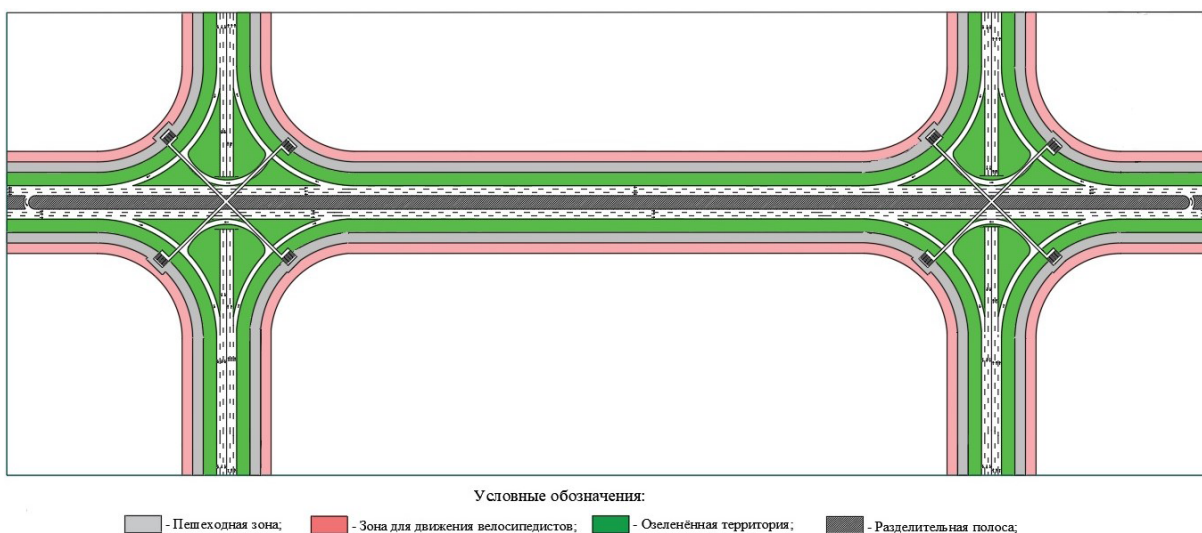


Рисунок 2 – Комплексная развязка как простейшая модель стереографической проекции с местным распределением потоков

Figure 2 – Complex interchange as the simplest model of stereographic projection with local flow distribution

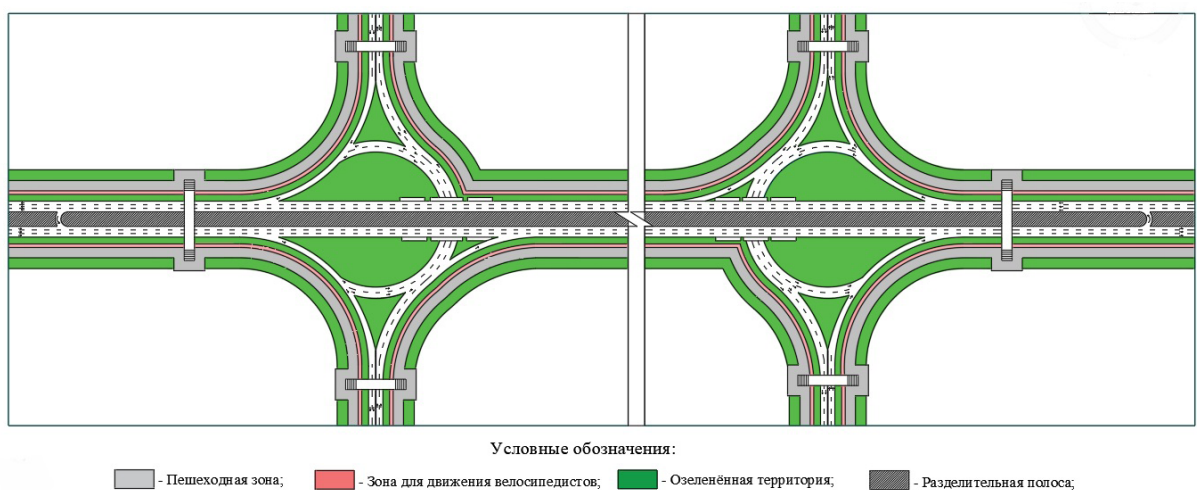
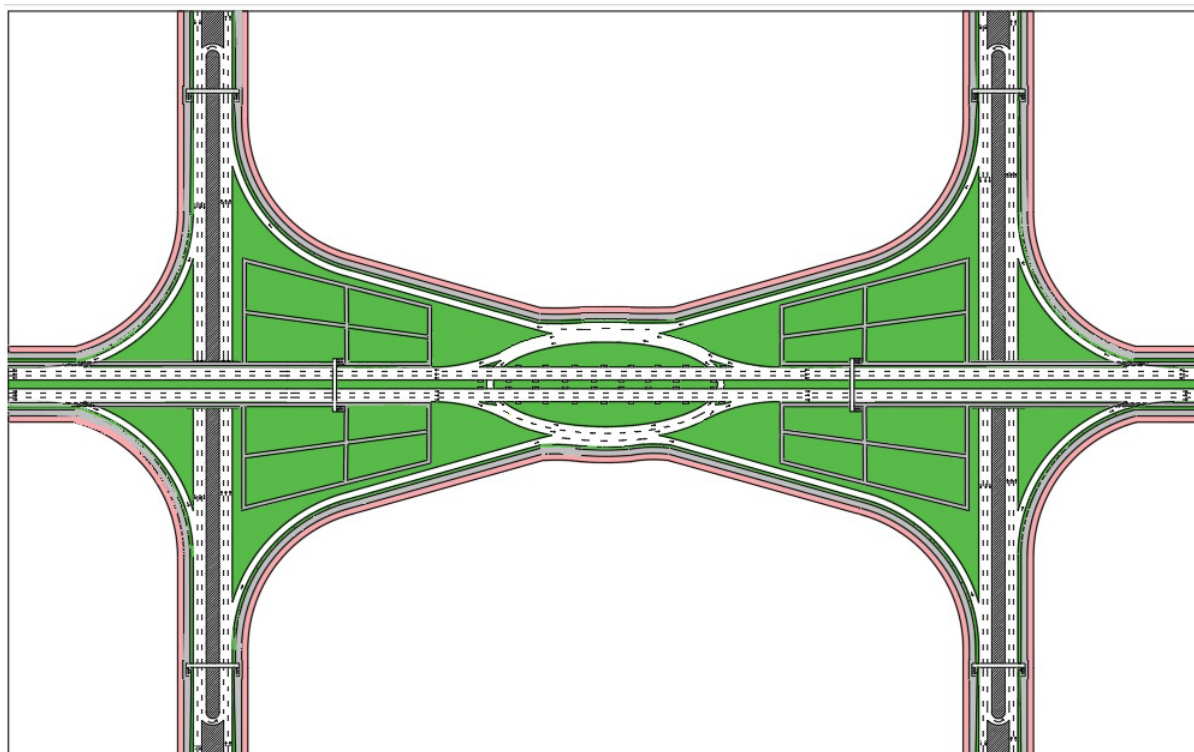


Рисунок 3 – Комплексная развязка с полукружным движением

Figure 3 – Complex interchange with semicircular motion



Условные обозначения:

- Пешеходная зона;
 - Зона для движения велосипедистов;
 - Озеленённая территория;
 - Разделительная полоса;

Рисунок 4 – Комплексная развязка диаграммой Шлегеля в плоском изображении с центральной транспортной артерией

Figure 4 – Complex interchange with Schlegel's diagram in a flat image with a central transport artery

Критериальная оценка предложенных вариантов развязок представлена в таблице 5.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из сравнительного анализа можно сделать вывод, что наиболее перспективной комплексной транспортной развязкой из вышерассмотренных можно считать третий вариант, не выдерживая сравнения с первым и вторым только по количеству элементов и объему работ.

Именно данный тип комплексного пересечения планируется проработать в дальнейшей перспективе, поскольку он представляет собой оптимальный вариант по рассмотренным критериям: площадь занимаемых земель небольшая, следовательно, возможность внедрения в существующие городские условия наиболее высокая; число конфликтных точек наименьшее и радиусы разворотов и поворо-

тов – наибольшие, следствием чего является обеспечение более высокого уровня безопасности для всех участников дорожного движения; возможность левого поворота и разворота – наиболее доступные.

В перспективе планируется трансформация улично-дорожной сети города в целом согласно предложенным вариантам комплексных транспортных развязок; рациональное распределение потоков в городских условиях с учётом удобства и безопасности участников дорожного движения; планирование транспортной схемы города, начиная с единичных транспортных объектов и до обхвата сети улиц в целом.

Впоследствии также планируется детальная проработка предложенных направлений с точки зрения проектирования, конструирование и экономическое обоснование данной методики.

Таблица 5
Сравнительный анализ предложенных вариантов транспортных сооружений

Table 5
Comparative analysis of the proposed options for transport facilities

Критерий	Удовлетворение критерию (значение)							
	I		II		III		IV	
	Транс-порт	Пеше-ходы	Транс-порт	Пеше-ходы	Транс-порт	Пеше-ходы	Транс-порт	Пеше-ходы
Стоимость, тыс.руб	1990864,2	584208,26	917684,7	1242286	1 106 517	1540146	2 468 663	359 643
Объем земляных работ, м3	59 776 выемка	–	45 893 выемка	–	61 931 насыпь	–	60 698 выемка	–
Скорость на: - прямых участках, км/ч	60–80	–	60–80	–	60–80	–	60–80	–
- круговом движении (и его элементах), км/ч	50	–	50	–	50	–	50	–
Площадь занимаемых земель: - длина, м	700		1450		900		1250	
- ширина, м	950		300		550		400	
Число уровней для движения потоков	2	2	2	2	2	2	2	2
Число конфликтных точек	10	–	14	–	8	–	12	4
Пропускная способность, авт/час,	2282		2282		2282		2282	
Возможность разворота	да	–	да	–	да	–	да	–
Доступность левого поворота	3/5	–	2/5	–	3/5	–	2/5	–
Проезд негабаритных автомобилей	да	–	да	–	да	–	да	–
Радиусы поворотов, м	125	100-125	125	100-125	65,5-125	100-125	34-130,5	115-125
Радиусы разворотов, м	12,5	–	12,5-45	–	12,5-65,5	–	12,5-34	–
Углы поворота: - правый	900	–	900	–	900	–	900	–
- левый	2700	–	2700	–	2700	–	2700	–
Количество элементов: - насыпей	–	–	–	–	4	–	2	–
- выемок	2	–	2	–	–	–	2	–
- надземных строений	–	5	–	4	2	6	2	6

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ahmed B., Hounsell N., Shrestha, B. Investigating Bus Priority Parameters for Isolated Vehicle Actuated Junctions, *Transportation Planning and Technology*. 2016. № 39 (1). Pp. 45-58.
2. Ghods, A.H., Fu L. Real-Time Estimation of Turning Movement Counts at Signalized Intersections Using Signal Phase Information // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 47. 2014. Pp. 128-138.
3. Cesme B., Furth P.G. Self-Organizing Traffic Signals Using Secondary Extension and Dynamic Coordination // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 48. 2014. Pp. 1-15.
4. Busiello M., Ratkeviciute K., Zilioniene D., Russo F., Biancardo S. A., & Dell'Acqua G. Preliminary Center of the Accident Rate in Italian and Lithuanian Road Networks. In *Environmental Engineering // Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property*. 2014. Vol. 9. 1 p.
5. Dobranskyte-Niskota A., Perujo A., Pregl M. Indicators to assess sustainability of transport activities. *European Commission // Joint Research Centre*. 2007.
6. Lim I., Kweon Y. Identifying High-Crash-Risk Intersections Comparison of Traditional Methods with the Empirical Bayes-Safety Performance Function Method, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2364. 2013. Pp. 44-50.
7. Gillis D., Semanski I., Lauwers D. How to control sustainable mobility in cities? // *Literature review in the framework of creating a set of indicators of sustainable mobility. Sustainability*. 2016. № 8, 29.
8. Peltola H., Rajamaki R., Luoma J. Tools Needed for Enhancing Transferability of Cost-Effective Road Safety Measures. *Social and Behavioral Science*. 2012. 48. Pp. 1234-1243.
9. Russo F., Biancardo S.A., Dell'acqua G. Road Safety from the Perspective of Driver Gender and Age as Related to the Injury Crash Frequency and Road Scenario // *Traffic Injury Prevention*. 2014. № 15(1). Pp. 25-33.
10. Картопольцев В.М., Кирыков Е.И., Бычков Н.О., Приведенная Т.С. Современные тенденции проектирования транспортных развязок с учётом архитектурно-композиционных решений // *Вестник ТГАСУ*. 2011. №1. С. 109-115.
11. Санников С.П., Тимоховец В.Д., Кузук А.Ю. Транспортная инфраструктура в моделях уплотнения городов // *Транспортное строительство*. 2019. С. 2-5.
12. Sannikov S., Timokhovetz V., Martuchenko A. Optimization of traffic at intersection of streets of Republic and Melnikayte in city Tyumen // *IOP Conf. Ser.:Vater. Sci. Eng*. 2018.
13. Sannikov S., Timokhovetz V., Ostapchuk E., Kuzuek A. A procedure for individual design of an interchange // *Transportation Research Procedia* 36. 2018. Pp. 682-688.
14. Исаков К., Стасенко Л.Н., Алтыбаев А.Ш., Турдубек Уулу А. Повышение пропускной способности регулируемых пересечений посредством изменения цикла светофорного регулирования // *Вестник КГУСТА*. 2016. №1. С. 313-320.
15. Исаков К., Стасенко Л.Н., Алтыбаев А.Ш., Дайырбекова Д. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛА СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ. *Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»*. 2019;16(2):146-155. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-2-146-155>.
16. Новиков А.Н., Еремин С.В., Шевцова А.Г. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА ПРОГРАММЫ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЯЕМЫХ СЕТЕЙ И ПОТОКА НАСЫЩЕНИЯ. *Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»*. 2019;16(6):680-691. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-6-680-691>.
17. Koekemoer K., Van Gesselleen M., Van Niekerk A., Govender R., Van As A.B. Child Pedestrian Safety Knowledge, Behaviour and Road Injury in Cape Town, South Africa, *Accident Analysis and Prevention* 99. 2017. (Part A): 202-209.
18. Fu L., Zou N. The Influence of Pedestrian Countdown Signals on Children's Crossing Behaviour at School Intersections, *Accident Analysis and Prevention* 94. 2016. Pp. 73-79.
19. Елькин Б.П., Карнаухов В.Н., Андронов Р.В. Программа «антипробки», первоочередные этапы реализации // *Проблемы функционирования систем транспорта*. 2010. С. 110-112.
20. Андронов Р.В. Расчет экономических потерь пользователей улично-дорожной сети на регулируемых пересечениях для обоснования мероприятий по реконструкции и улучшению организации движения // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2014. С. 38-40.
21. Андронов Р.В., Леверенц Е.Э. Расчет методом Монте-Карло задержек транспортных средств на изолированном регулируемом пересечении при его работе на высоких уровнях загрузки // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. С. 221-226.
22. Андронов Р.В. Переустройство регулируемых пересечений улично-дорожной сети крупного города на основе исследований заторов транспортных потоков. Омск, СибАДИ, 2012. С. 35-37.
23. Новиков А.Н., Новиков И.А., Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г. Применение системы ramp metering на двухуровневых развязках // *Вестник СибАДИ*. 2019. № 16 (2). С. 166-180. DOI.org/10.26518/2071-7296-2019-2-166-180.
24. Агуреев И.Е., Юрченко Д.А. Постановка задачи о загрузке удс города с учетом данных о функционировании придомовых стоянок автомобилей // *Вестник СибАДИ*. 2019. № 16 (6). С. 670-679. DOI: org/10.26518/2071-7296-2019-6-670-679.
25. Швецов В.И. Алгоритмы распределения транспортных потоков // *Автоматика и телемеханика*. 2009. № 10. С. 148-157.

REFERENCES

1. Ahmed B., Hounsell N., Shrestha B. Investigating Bus Priority Parameters for Isolated Vehicle Actuated Junctions. *Transportation Planning and Technology*. 2016; 39(1): 45-58.
2. Ghods A.H., Fu L. Real-Time Estimation of Turning Movement Counts at Signalized Intersections Using Signal Phase Information. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2014; 47: 128-138.
3. Cesme, B., Furth P.G. Self-Organizing Traffic Signals Using Secondary Extension and Dynamic Coordination, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2014; 48: 1-15.
4. Busiello M., Ratkeviciute K., Zilioniene D., Russo F., Biancardo S.A., Dell'Acqua G. Preliminary Center of the Accident Rate in Italian and Lithuanian Road Networks. In *Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering*. ICEE Vilnius Gediminas Technical University. *Department of Construction Economics & Property*. 2014; 9: 1 p.
5. Dobranskyte-Niskota A., Perujo A., Pregl M. Indicators to assess sustainability of transport activities. *European Commission, Joint Research Centre*. 2007.
6. Lim I., Kweon Y. Identifying High-Crash-Risk Intersections Comparison of Traditional Methods with the Empirical Bayes–Safety Performance Function Method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2364. 2013. 44-50.
7. Gillis D., Semanjski I., Lauwers D. How to control sustainable mobility in cities? *Literature review in the framework of creating a set of indicators of sustainable mobility*. *Sustainability*. 2016. № 8, 29.
8. Peltola H., Rajamaki R., Luoma J. Tools Needed for Enhancing Transferability of Cost-Effective Road Safety Measures. In *Procedia – Social and Behavioral Science*. 2012; 48: 1234-1243.
9. Russo F., Biancardo S.A., Dell'acqua G. Road Safety from the Perspective of Driver Gender and Age as Related to the Injury Crash Frequency and Road Scenario. *Traffic Injury Prevention*. 2014; 15(1): 25-33.
10. Kartopol'cev V.M., Kiryakov E.I., Bychkov N.O., Privedenaya T.S. Sovremennye tendencii proektirovaniya transportnyh razvjazok s uchjotom arhitekturno-kompozicionnyh reshenij [Modern trends in the design of transport interchanges taking into account architectural and compositional solutions]. *Vestnik TGASU*. №1. 2011. 109-115 (In Russian)
11. Sannikov S.P., Timohovec V.D., Kuzuek A.Yu. Transportnaja infrastruktura v modeljah uplotnenija gorodov [Transport infrastructure in urban densification models]. *Transportnoe stroitel'stvo*. 2019. 2-5 (In Russian)
12. Sannikov S., Timokhovetz V., Martuchenko A. Optimization of traffic at intersection of streets of Republic and Melnikayte in city Tyumen. *IOP Conf. Ser.:Vater. Sci. Eng*. 2018.
13. Sannikov S., Timokhovetz V., Ostapchuk E., Kuzuek A. A procedure for individual design of an interchange. *Transportation Research Procedia* 36. 2018. 682-688.
14. Isakov K., Stasenکو L.N., Altybaev A.SH., Turdubek uulu A. Povyshenie propusknoj sposobnosti reguliruemyh peresechenij posredstvom izmeneniya cikla svetofornogo regulirovaniya [Increase in capacity of adjustable traverses by means of change of the traffic light regulation cycle]. *Vestnik KGUSTA*. 2016; 1: 313-320. (in Russian)
15. Isakov K., Stasenکو L.N., Altybaev A.S., Daiyrbekova D. Influence of parameters of the traffic-light regulation cycle on the road capacity of regulated intersections. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2019;16(2):146-155. (In Russian) DOI:org/10.26518/2071-7296-2019-2-146-155.
16. Novikov A.N., Eremin S.V., Shevtsova A.G. Programoflight-formatregulationonthebasisofcontrolled networks and the saturations' flow: basic principles of calculation. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2019;16(6):680-691. (In Russian) DOI:org/10.26518/2071-7296-2019-6-680-691.
17. Koekemoer K., Van Gesselleen M., Van Niekerk A., Govender R., Van As A. B. Child Pedestrian Safety Knowledge, Behaviour and Road Injury in Cape Town, South Africa. *Accident Analysis and Prevention*. 2017; 99 (A): 202-209.
18. Fu L., Zou N. The Influence of Pedestrian Countdown Signals on Children's Crossing Behaviour at School Intersections. *Accident Analysis and Prevention*. 2016; 94: 73-79.
19. El'kin B.P., Karnauhov V.N., Andronov R.V. Programma «antiprobkii», pervoocherednye jetapy realizacii [Anti-traffic jam program, priority stages of implementation]. *Problemy funkcionirovaniya sistem transporta*. 2010. 110-112. (In Russian)
20. Andronov R.V. Raschet jekonomicheskikh poter' pol'zovatelej ulichno-dorozhnoj seti na reguliruemyh peresechenijah dlja obosnovaniya meroprijatij po rekonstrukcii i uluchsheniju organizacii dvizhenija [Calculation of economic losses of users of the road network at regulated intersections to justify measures for the reconstruction and improvement of traffic management]. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya*. 2014. 38-40. (In Russian)
21. Andronov R.V., Leverenc E.E. Raschet metodom Monte-Karlo zaderzhek transportnyh sredstv na izolirovannom reguliruemom peresechenii pri ego rabote na vysokih urovnjah zagruzki [Monte Carlo calculation of vehicle delays at an isolated controlled intersection when it is operating at high load levels]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2017. 221-226. (In Russian)
22. Andronov R.V. Pereustrojstvo reguliruemyh peresechenij ulichno-dorozhnoj seti krupnogo goroda na osnove issledovanij zatorov transportnyh potokov [Reconstruction of regulated intersections of the road network of a large city based on studies of traffic congestion]. Omsk, SibADI, 2012. 35-37. (In Russian)
23. Novikov A.N., Novikov I.A., Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G. USE OF THE RAMP METERING SYSTEM AT TWO-LEVEL JUNCTIONS. *The Russian Automobile and Highway Industry*

Journal. 2019;16(2):166-180. (In Russian)
DOI: org/10.26518/2071-7296-2019-2-166-180.

24. Agureev I.E., Yurchenko D.A. Functioning of the car parking places near houses: formulation of the problem of the road city network. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2019;16(6):670-679. (In Russian) DOI: org/10.26518/2071-7296-2019-6-670-679.

25. Shvecov V.I. Algoritmy raspredelenija transportnyh potokov [Algorithms for the distribution of traffic flows]. *Avtomatika i Telemekhanika*. 2009; 10: 148-157 (in Russian).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Тимоховец Вера Дмитриевна. Формулировка направления и темы исследования, руководство процессом разработки темы и написания статьи, консультирование по теме исследования.

Чичиланова Яна Ивановна. Анализ состояния вопросов и результатов исследования, выполненные расчеты и чертежи, разработка новых вариантов комплексных транспортных пересечений, оформление статьи.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Vera D. Timokhovets – direction and research topic formulation, guiding the process of developing a topic and writing the article, research advice.

Yana I. Chichilanova – status of the issue and the results of the research analysis, development of new options for complex transport intersections, performing calculations and drawings, design of the paper.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тимоховец Вера Дмитриевна – старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет», ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7175-1771> (625001, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38, e-mail: timohovetsvd@tyuiu.ru).

Чичиланова Яна Ивановна – студентка кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет», ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0711-4687> (625001, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38, e-mail: miss.tchi4ilanowa2014@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vera D. Timokhovets – Senior Lecturer, Roads and Airfields Department, Tiumen Industrial University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7175-1771> (625001, Volodarskogo Str. 38, Tiumen, e-mail: timohovetsvd@tyuiu.ru).

Yana I. Chichilanova – Student, Roads and Airfields Department, Tiumen Industrial University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0711-4687> (625001, Volodarskogo Str. 38, Tiumen, e-mail: miss.tchi4ilanowa2014@yandex.ru).