

СТАТЬЯ

УДК 656.11

**АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МНОГОУРОВНЕВЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ****Белоусов И.С., Голов Е.В.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: egorgoloff@yandex.ru*

В статье рассматриваются перспективы использования многоуровневых кольцевых развязок как одного из эффективных инструментов повышения пропускной способности улично-дорожной сети и снижения конфликтности транспортных потоков в условиях стеснённой городской застройки. Работа направлена на анализ целесообразности внедрения кольцевых пересечений на разных уровнях в транспортной системе города Санкт-Петербурга. В рамках исследования выявлены преимущества и ограничения данного типа пересечений в условиях плотной застройки. Цель исследования – определить перспективные направления и участки дорожной сети города Санкт-Петербург, на которых применение пересечения данного типа может быть наиболее эффективным. Особое внимание уделено определению критериев, по которым можно оценивать потенциальную эффективность реализации многоуровневых кольцевых развязок на конкретных участках сети. Рассмотрены подходы к оценке эффективности внедрения многоуровневых кольцевых развязок и предложены критерии, позволяющие обосновать их применение в транспортной системе Санкт-Петербурга. На основе анализа планировочной структуры, транспортных потоков и градостроительных факторов составлен перечень перекрёстков Санкт-Петербурга, где внедрение подобных развязок представляется наиболее рациональным. Полученные результаты могут быть использованы при разработке программ развития транспортной инфраструктуры, а также при создании комплексных схем организации дорожного движения и градостроительных планов развития городских территорий.

Ключевые слова: транспортные потоки, кольцевое пересечение, многоуровневые развязки, городская инфраструктура, организация дорожного движения, безопасность дорожного движения, оптимизация движения

**ANALYSIS OF THE PROSPECTS FOR USING
MULTI-LEVEL CIRCLE INTERSECTIONS TO IMPROVE
ROAD TRAFFIC IN THE URBAN ENVIRONMENT****Belousov I.S., Golov E.V.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»,
Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: egorgoloff@yandex.ru*

The article discusses the prospects of using multi-level roundabouts as one of the effective tools for increasing the capacity of the road network and reducing the conflict of traffic flows in conditions of cramped urban development. The work is aimed at analyzing the feasibility of introducing ring intersections at different levels in the transport system of the city of St. Petersburg. The study revealed the advantages and limitations of this type of intersection in a densely built environment. The purpose of the study is to identify promising areas and sections of the St. Petersburg city road network where the use of this type of intersection may be most effective. Special attention is paid to defining criteria by which the potential effectiveness of the implementation of multilevel roundabouts in specific sections of the network can be assessed. Approaches to assessing the effectiveness of the implementation of multilevel roundabouts are considered and criteria are proposed to justify their use in the transport system of St. Petersburg. Based on the analysis of the planning structure, traffic flows and urban planning factors, a list of intersections in St. Petersburg has been compiled, where the introduction of such interchanges seems to be the most rational. The results obtained can be used in the development of programs for the development of transport infrastructure, as well as in the creation of integrated traffic management schemes and urban development plans for urban areas.

Keywords: traffic flows, circular intersection, multi-level interchanges, urban infrastructure, traffic management, road safety, and traffic optimization

Введение

Рост автомобилизации и интенсивности транспортных потоков в крупных городах приводит к систематическому увеличению перегрузок на улично-дорожной сети (УДС) [1; 2]. Особенно остро данная проблема про-

является в местах пересечения магистральных дорог, где возникает наибольшее количество конфликтных точек, уменьшение средней скорости движения транспортного потока и транспортные заторы. В таких условиях особую значимость приобретает по-

иск инженерных и организационных решений, направленных на повышение пропускной способности и безопасности движения. Одним из вариантов решения данной проблемы выступает внедрение кольцевых пересечений, в том числе спроектированных на разных уровнях.

Традиционные типы пересечений улично-дорожной сети (рис. 1, 2) – прямоугольные (Т-образные и Х-образные) – являются наиболее распространенными благодаря простоте геометрии, компактности и отработанным технологиям проектирования.

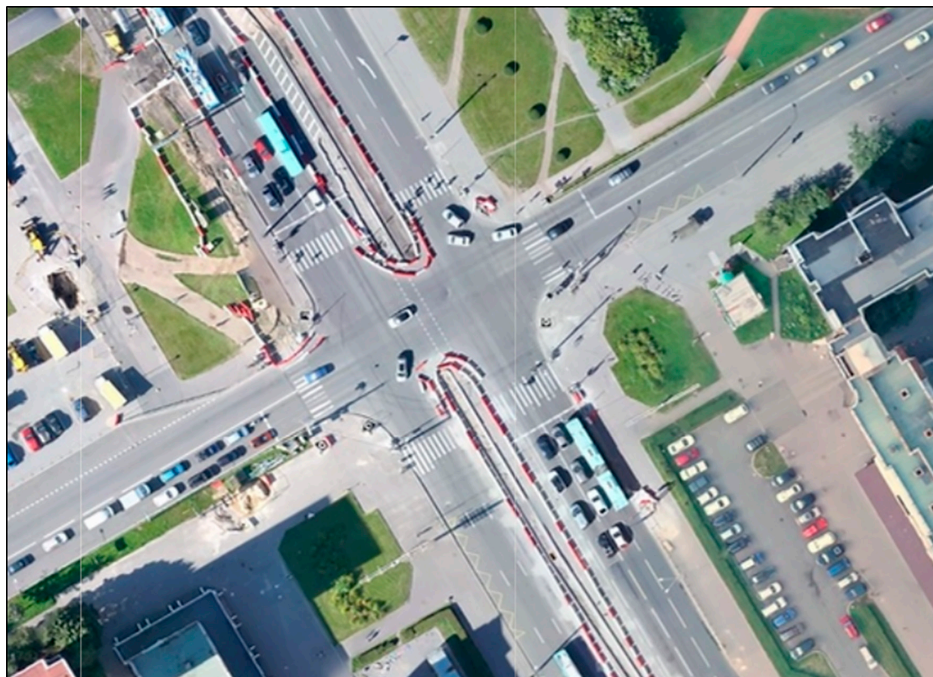


Рис. 1. Х-образное пересечение Комендантского проспекта и Долгоозёрной улицы в г. Санкт-Петербурге



*Рис. 2. Т-образное пересечение Софийской улицы и улицы Салова в г. Санкт-Петербурге
Примечание: изображения составлены авторами на основе сервиса «Яндекс. Карты»:
URL: <https://yandex.ru/maps> (дата обращения: 15.11.2025)*

Однако с ростом интенсивности транспортных потоков и усложнением структуры движения данные решения демонстрируют ряд существенных недостатков, ограничивающих их эффективность в современных городских условиях. Несовершенство данных конфигураций пересечений обуславливается высокой потребностью в применении светофорного регулирования, что вызывает вынужденные задержки транспортных средств, снижение средней скорости потока и рост времени в пути [3]. При неравномерных потоках или нарушении синхронизации фаз светофорного регулирования формируются заторы, которые распространяются на смежные участки УДС. Также существенным недостатком традиционных пересечений является низкая адаптивность к изменению транспортной нагрузки [4]. По мере роста интенсивности движения потенциал оптимизации таких пересечений практически исчерпывается. Расширение проезжей части или изменение схем движения лишь временно повышают пропускную способность и смещают заторы на ближайшие участки.

Кольцевые пересечения на разных уровнях представляют собой комплексные транспортные сооружения, в которых принципы кругового движения сочетаются с разделением потоков в пространстве. Данная модификация позволяет значительно сократить число пересечений транспортных траекторий, повысить среднюю скорость движения транспортных средств и обеспечить непрерывность дорожного движения. Благодаря отсутствию светофорного регулирования и оптимальному распределению транспортных потоков подобные перекрёстки способствуют снижению задержек и уменьшению вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия. Модель данной конфигурации пересечения представлена на рисунке 3.

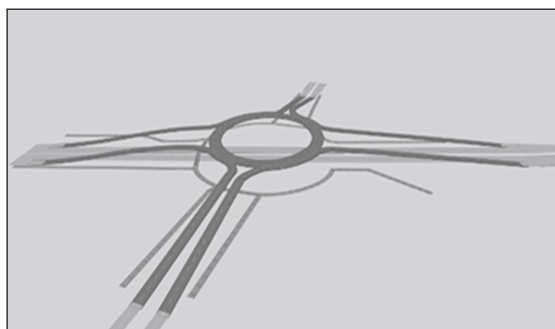


Рис. 3. Модель кольцевого пересечения в разных уровнях
Примечание: составлено авторами на основе исследования

Несмотря на явные преимущества разноразмерных кольцевых пересечений над классическими вариантами проектирования перекрёстков, данный тип требует индивидуального подхода с учётом градостроительных, планировочных и транспортных особенностей конкретной территории. В условиях плотной городской застройки и сложившейся конфигурации УДС необходимо проводить оценку целесообразности модернизации существующих транспортных узлов.

Целью данного исследования является определение перспективных направлений и участков дорожной сети города Санкт-Петербурга, на которых применение многоуровневых кольцевых пересечений может быть наиболее эффективным.

Материалы и методы исследования

Транспортная система Санкт-Петербурга характеризуется высокой сложностью и многоуровневой организацией, что обусловлено историческими особенностями формирования города и спецификой его планировочной структуры. Уличная сеть основана на радиально-кольцевой планировке и системе общегородских магистралей, которые обеспечивают связь между историческим центром и периферийными районами. Центральная часть города характеризуется плотной застройкой, узкими улицами и ограниченными земельными ресурсами, что значительно усложняет реализацию современных транспортных решений.

В центральных и прилегающих районах города плотная застройка и ограниченные размеры улиц затрудняют использование традиционных схем перекрёстков, что особенно заметно в районах с интенсивным движением и высокой долей маневров при повороте. В то же время на периферии и в новых районах Санкт-Петербурга есть районы с достаточными территориальными и планировочными возможностями для внедрения инновационных видов транспортных развязок, включая многоуровневые кольцевые перекрёстки.

Исходя из выявленных проблем организации движения и в связи с ограниченными возможностями расширения улично-дорожной сети в границах города задача поиска рациональных направлений реконструкции существующих пересечений становится наиболее актуальной. Одним из перспективных направлений является внедрение кольцевых пересечений, в том числе многоуровневых, которые позволяют значительно снизить конфликтные точки и обеспечить более равномерное распределение интенсивности движения [5].

В исследовании использовались методы сравнительного анализа и систематизации, а также метод экспертной оценки для определения приоритетных участков внедрения многоуровневых кольцевых пересечений.

Результаты исследования и их обсуждение

Для обоснования целесообразности данных решений необходимо определить методику оценки транспортно-эксплуатационных и градостроительных условий, влияющих на возможность реконструкции транспортных узлов улично-дорожной сети [6-8]. Данная методика должна учитывать не только текущие характеристики движения, но и прогнозируемые изменения спроса, особенности планировочной структуры и пространственные ограничения. При этом в ряде исследований отмечается значительное влияние факторов равномерности движения и инженерных ограничений, возникающих при проектировании подобных объектов [9; 10].

С целью предварительной оценки целесообразности внедрения кольцевых пересечений в разных уровнях на территории Санкт-Петербурга была разработана система параметров, отражающих как транспортно-эксплуатационные, так и градостроительные особенности узлов. В основу отбора критериев положены наиболее значимые показатели при реконструкции городских пересечений: интенсивность движения, геометрические характеристики, пространственные ограничения и ожидаемый эффект от изменения организации движения [11; 12]. Сводные параметры представлены в таблице 1.

Для предварительной оценки потенциальных мест размещения кольцевых пересечений в разных уровнях на территории Санкт-Петербурга был проведен анализ существующих узлов улично-дорожной сети, отличающихся высокой транспортной нагрузкой. Основной целью анализа являлось определение перекрестков, технически и территориально пригодных для реконструкции в многоуровневые кольцевые развязки. В процессе оценки пересечений использованы геометрические параметры узла, показатели интенсивности движения, наличие резервных территорий для размещения пересечений предложенного типа, а также потенциальный эффект по снижению числа конфликтных точек. Данные анализа представлены в таблице 2.

Проведенный анализ транспортных пересечений продемонстрировал, что интенсивность движения на большинстве рассматриваемых участках находится в диапазоне от трех до пяти тысяч автомобилей в час, что соответствует значениям, при которых реконструкция способна эффективно влиять на снижение задержек и повышение пропускной способности.

Также среди представленных объектов наиболее целесообразной представляется реконструкция для перекрестков с наличием свободных территорий. Такими пересечениями являются: Народная улица – проспект Большевиков и Ленинский проспект – проспект Маршала Жукова.

Для узлов с высокой плотностью застройки и отсутствием резервных территорий рекомендуется ограничиться оптимизацией организации дорожного движения без радикальных изменений планировочной структуры.

Таблица 1

Сводные параметры для определения целесообразности реконструкции пересечения

Параметр	Рекомендуемое значение
Интенсивность движения	От 3000 авт./ч (при >4000–5000 авт./ч – разноуровневые решения)
Площадь узла	Не менее 1,0–1,5 га
Радиус кольца	25–40 м
Наличие свободной территории	Свободная территория в радиусе до 80 м от центра пересечения
Количество подходов	3–5 подходов
Снижение конфликтных точек	На 30–40% меньше, чем у традиционных перекрестков
Градостроительные условия	Отсутствие плотной застройки, возможность интеграции в УДС

Примечание: составлено авторами на основе источников [13-15].

Таблица 2

Оценка перспектив реконструкции транспортных узлов

Пересечение	Интенсивность, авт./ч.	Площадь узла, Га	Радиус кольца (25–40 м)	Свободная территория	Подходы	Снижение конфликтов прогнозируемо, %	Градостроительный вывод
Коломяжский пр. – Парашютная ул.	2 800–3 200	1,2–1,5	возможно	Частично	4	30	Подходит с ограничениями; 2-уровневое решение предпочтительно
Комендантский пр. – Долгоозёрная ул.	3 000–3 600	1,5–2,0	возможно	Свободна	4	35–40	Реалистичный вариант для 2-уровневого кольца
Просп. Большевиков – Народная ул.	4 000–5 000	1,2–1,6	применимо	Есть резервы	4	30	Подходит при многоуровневой реконструкции
Софийская ул. – ул. Салова	3 000–4 500	1,0–1,8	технически-возможно	Есть промзона	3	30	Возможна реконструкция с многоуровневым кольцом; ограничение – плотная промышленная застройка
Просп. Ветеранов – Дачный пр.	3 500–4 200	1,5–2,0	возможно	Есть резервы	4	35–40	Перспективный узел, рекомендован к рассмотрению
Дунайский пр. – ул. Купчинская	3 000–4 000	1,5–2,2	возможно	Умеренно свободна	4	30–35	Реалистичный вариант: возможна реконструкция кольцевым движением на втором уровне
Ленинский пр. – пр. Маршала Жукова	4 000–5 000	1,8–2,3	применимо	Умеренно свободна	4	35–40	Высокая интенсивность, требуется многоуровневая организация движения

Примечание: составлено авторами в ходе исследования.

Заключение

В ходе исследования транспортных пересечений улично-дорожной сети Санкт-Петербурга выявлены узлы, характеризующиеся повышенной интенсивностью движения (до 5000 авт./ч.) и большим количеством конфликтных точек. На некоторых перекрестках наблюдается ограниченность свободных территорий и невозможность расширения проезжей части традиционными средствами организации движения.

Особое внимание уделено выбору проектных решений, обеспечивающих оптимальное распределение транспортных потоков при минимальном воздействии на окружающую среду. На данных участках реконструкция позволит достичь наибольшего эффекта по снижению конфликтно-

сти, увеличению пропускной способности и общему улучшению условий движения.

Несмотря на очевидные преимущества многоуровневых транспортных развязок, их реализация сопряжена с рядом существенных трудностей.

Прежде всего, это высокая стоимость строительства и последующего обустройства городской инфраструктуры. В отличие от пересечений в одном уровне, такие объекты требуют возведения дополнительных несущих элементов и инженерных конструкций, что значительно повышает общие затраты на проект. Кроме того, при проектировании многоуровневых узлов необходимо предусматривать сложные системы водоотведения и освещения, что усложняет процесс реализации и увеличивает его стоимость.

Таким образом, разработанные в работе предложения могут быть использованы при планировании и реконструкции транспортных узлов крупных городов, а также при моделировании перспективных схем организации движения.

Список литературы

1. Голов Е. В. Фактор скорости в системе безопасности дорожного движения // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ). 2021. № 3 (79). С. 44–53. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46531908> (дата обращения: 27.09.2025).
2. Великанов А.А. Разработка автоматизированной системы управления дорожным движением (асу дд) на кольцевых пересечениях // Конкурс научно-исследовательских работ студентов волго-градского государственного технического университета Волгоград. Волгоградский государственный технический университет. 25–29 апреля 2022. С. 43. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49232946> (дата обращения: 25.09.2025). EDN: RLJBIP.
3. Ветрогон А.А. Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. № 5. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36685319> (дата обращения: 01.10.2025).
4. Новиков А.Н., Катунин А.А., Магназаров Д.Д., Андреев К.С., Голенков В.А. Оптимизация загруженности улично-дорожной сети города Орла на примере перекрёстка улицы Лескова и Наугорского шоссе // Организация дорожного движения и безопасность на дорогах европейских городов: материалы Международной молодежной научно-практической конференции. Чешский технический университет в Праге, ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК». Орёл. 2014. С. 35–39. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24644624_69500253.pdf (дата обращения: 13.11.2025) EDN: UTHTLN.
5. Елугачёв П.А., Елугачёв М.А., Байгулов А.Н. Кольцевые пересечения в двух уровнях: инструменты проектирования есть, а правил выполнения нет // Современные проблемы транспортного строительства. 2019. № 2. С. 15–22. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21581960_40742165.pdf (дата обращения: 29.09.2025).
6. Голов Е.В., Жданова А.М. Организация кольцевого движения на пересечении равнозначных магистралей улично-дорожной сети // Магистратура – автотранспортной отрасли: материалы VIII Всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания». Санкт-Петербург, 2024. С. 267–273. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67899705> (дата обращения: 26.09.2025). EDN: BTVKEU.
7. Голов Е.В., Жданова А.М. Исследование современных видов кольцевых пересечений по критерию безопасности на городских улицах и дорогах // Безопасность дорожного движения. 2022. № 4. С. 45–53. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_65658067_40655648.pdf (дата обращения: 29.09.2025).
8. Логинова О.А. Проектирование кольцевого пересечения в одном уровне при реконструкции автомобильных дорог // Дорожная техника и технологии. 2020. № 3. С. 64–70. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49943164_96162698.pdf (дата обращения: 29.09.2025).
9. Медрес Е.Е., Голов Е.В., Бабенко Т.И. Факторы, влияющие на равномерность движения автомобильного транспорта в условиях насыщенных транспортных потоков // Транспортное дело России. 2019. № 5. С. 12–18. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_29289959_52428872.pdf (дата обращения: 09.09.2025).
10. Голов Е.В., Сорокина Е.В., Евтюков С.С. Проблемные вопросы использования спутниковой навигации при оценке состояния факторов «Дорога» и «Среда» в системе ВАДС // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2021. № 2. С. 51–59. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49454798_55819528.pdf (дата обращения: 29.09.2025).
11. Клоян А.Н., Бургунтдинов А.М., Сушков С.И. Оценка безопасности дорожного движения транспортного узла: кольцевые развязки как элемент снижения аварийности // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 6. С. 72–79. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36666514_98049600.pdf (дата обращения: 29.09.2025).
12. Поздняков М.Н., Филиппенко Д.В. Кольцевые пересечения – инструмент повышения безопасности движения // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств. Сборник научных трудов по материалам XVIII Международной научно-технической конференции. Саратов, Издательство: Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А. 2023. с. 106–110. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60276344> (дата обращения: 30.09.2025). EDN: JRYJCZ.
13. ГОСТ 32965–2014. Дорожное движение. Методы обследования интенсивности и состава транспортного потока. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/633/63358.pdf> (дата обращения: 02.10.2025).
14. СП 396.1325800.2018. Улицы и дороги населённых пунктов. Правила градостроительного проектирования. М.: Минстрой России, 2018. 76 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/552304870> (дата обращения: 01.10.2025).
15. ГОСТ Р 70555–2022. Дороги автомобильные общего пользования. Пересечения кольцевые. Правила проектирования. М.: Росстандарт, 2022. 40 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200194634> (дата обращения: 01.10.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ в рамках темы НИР № 7С25.

Financing: The research was carried out with the financial support of a grant from SPbGASU under the research topic № 7С25.