

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Имитационное моделирование транспортной сети для оценки  
уровня выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта  
(на примере автомобильной развязки в районе «Стрелки» г.Саратова)**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_ 246 группы \_\_\_\_\_  
направления \_\_\_\_\_ 05.04.06 \_\_\_\_\_ Экология и природопользование \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Демьяненко Екатерины Владимировны \_\_\_\_\_

Научный руководитель  
старший преподаватель

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, уч. звание

Д.П. Хворостухин

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Зав. кафедрой  
к.с-х.н, доцент

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, уч. звание

В.А. Гусев

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Саратов 2023

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность:* в настоящее время транспорт является неотъемлемой частью жизни человека, он же играет ключевую роль в формировании городской инфраструктуры, нередко определяя экономическое и социальное положение города в целом. Процесс автомобилизации настигает каждый город России и несмотря на значимость развития транспортного комплекса, стоит брать во внимание и его серьёзное влияние на городскую экосистему. Таким образом, одна из актуальных проблем современности – загрязнение окружающей среды выбросами автотранспорта.

*Цель работы:* расчёт количества выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта на пересечении дорог проспекта имени 50 Лет Октября, улиц Тракторная и Украинская в Кировском районе г. Саратова, а также разработка предложений по оптимизации дорожной сети для снижения уровня выбросов.

*Основные задачи:*

- 1 Изучить теорию влияния автомобильного транспорта на окружающую среду города;
- 2 Изучить теоретическую основу моделирования улично-дорожной сети;
- 3 Изучить нормативную документацию по проектированию и устройству дорожной сети;
- 4 Осуществить сбор данных на изучаемой развязке города;
- 5 Разработать имитационную граф модель рассматриваемого участка дороги в программном комплексе PTVVissim (student);
- 6 Разработать дополнительные проектные решения для оптимизации транспортного потока на изучаемой развязке;
- 7 Рассчитать количество выбросов от автомобильного транспорта на действующей и возможной развязках, провести сравнительный анализ.

*Работа содержит авторские материалы:* паспорт структуры и интенсивности транспортных потоков на изучаемой развязке в районе

«Стрелки», граф-модель действующей транспортной сети, граф-модель планируемой реконструируемой транспортной сети, дополнительный проект реконструкции улично-дорожной сети, расчёт выбросов загрязняющих веществ.

*Основные положения работы, выносимые на защиту:*

1 Автоматизированное геоинформационное моделирование дорожной сети позволяет оценить возможную транспортную обстановку на этапе проектирования;

2 Уменьшение времени простоя на перекрёстке снижает количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

*Структура и объёмы работы:* выпускная квалификационная работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников и 9 приложений. К рассмотрению предлагаются 7 таблиц, 21 рисунок. При написании данной работы использовались 30 источников, из которых 20 печатных литературных и 10 электронных источников сети интернет.

### **Основное содержание работы**

#### **1 Воздействие автомобильного транспорта на городскую среду**

Рост автопарка городов происходит ежегодно и говорит о экономической стабильности населения. Однако, эта тенденция уверенно несёт в себе и негативное влияние как на окружающую среду, так и на качество жизни.

К негативному воздействию автомобильного транспорта на окружающую среду относят следующие явления:

1 Нарушение экосистем и территорий (изменение ландшафтов, изменение гидрологического режима территорий, нарушение почв, изменение естественных ареалов распространения растительности и животных);

2 Загрязнение окружающей среды во всех средах обитания (атмосфере, гидросфере и литосфере). Наиболее интенсивные и разнообразные воздействия дорога оказывает на атмосферу. В числе основных факторов загрязнения окружающей среды здесь следует отметить:

- вредные химические вещества - продукты выхлопа отработавших газов автомобилей (диоксид азота, оксид и диоксид углерода, диоксид серы, свинец, углеводороды, бенз(а)пирен и др.);

- пыль - твердые частицы (продукты стирания шин и перевозимых грузов) и сажа (продукт выхлопа дизельных двигателей);

- физические поля (акустическое, инфразвуковое и электромагнитное).

Характер и интенсивность этих воздействий зависит от интенсивности, скорости движения и состава транспортного потока, уровневости, рядности движения и прочее. Учитывая разнообразный характер этих факторов, универсальным показателем, указывающим на опасность вредного воздействия на окружающую среду (ОС), является предельное расстояние, на котором рассматриваемый фактор находится в пределах предельно допустимых уровней (ПДУ) или предельно допустимых концентраций (ПДК). Это расстояние можно условно назвать санитарно-защитной зоной (СЗЗ) по рассматриваемому фактору.

## **2 Особенности городского дорожного строительства**

На стадии разработки проектной документации для реконструкции или строительства улиц и дорог, попутно должно разрабатываться экологическое обоснование будущего проекта. Обоснование должно содержать качественную и количественную оценку всех возможных видов воздействия на городскую среду, а также оценку экологических рисков. Реализация проекта строительства должна соответствовать Закону «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [1] и «Об охране окружающей природной среды» [2].

Оценка экологического воздействия от дорожно-транспортных коммуникаций городов производится по следующим факторам:

- степень загрязнения атмосферного воздуха по следующим компонентам: окись углерода (CO<sub>2</sub>), оксид азота (NO), сажа, углеводород (CH), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), формальдегид, бенз(а)пирен и другие;

- уровень звука и вибрации;

- уровень загрязнения почвенного покрова;
- степень загрязнения водоёмов и сточных вод.

Оценка экологического воздействия должна осуществляться по основным автомагистралям города, на придорожных территориях, а также по линии жилой застройки первой линии. Теоретический расчёт загруженности дорог и, соответственно, расчёт влияния дорожно-транспортной сети должен быть выполнен на момент проектирования, на первую очередь строительства и на момент полной эксплуатации УДС.

При проведении строительных (реконструкционных) работ, капитального ремонта дорожной сети необходимо:

- обеспечить защиту почв, растительного и животного мира;
- разработать рекультивационные мероприятия для обустройства промышленной площадки, которая необходима для размещения применяемого при строительстве оборудования, материалов, подъездных путей и тд.;
- обеспечить устойчивость земельного полотна на участках строительства;
- реализовать мероприятия по охране поверхностных и грунтовых вод от загрязнения отходами производства строительства;
- обеспечить максимально возможное включение в работу имеющихся строительных материалов, а также утилизировать, согласно нормативной документации, отходы производства [3].

### **3 Геоинформационное моделирование дорожно-транспортной сети**

Закономерности перераспределения транспортных потоков по автодорожной сети городов на данный момент довольно подробно алгоритмизированы и превращены в коммерческие программные продукты. Решаемые задачи такими программами можно условно разделить на несколько классов в зависимости от их назначения и типа. Однако, на конкурентных рынках в области транспортного моделирования и прогнозирования производители программного обеспечения попытались

создать уникальные и неповторимые программные продукты, способные решать задачи различного назначения в области транспортного планирования городов.

Исходя из целей проектирования ДТС и удобства использования отдельных модулей программных средств производители предлагают к использованию ПО отражающее разную степень детализации дорожной сети и геометрические размеры моделируемых систем [4].

К наиболее популярным программным средствам для изучения дорожной сети на российском рынке относят автоматизированную ГИС-систему проектирования дорожного хозяйства – PTV Vision, который состоит из двух модулей: PTV Vissim, используемый для целей микромоделирования, и PTVVISUM, для составления глобальных макромоделей на городском уровне. Программное средство успешно решает задачи транспортного планирования на разных уровнях.

Он объединяет в себе полный пакет транспортного планирования и создания имитационной модели. PTV Vissim позволяет изучать уже действующие и возможные проекты и планы реконструкции улично-дорожной сети, так как позволяет отображать все виды транспорта, как личного, так и общественного в рамках едино-организованной модели.

Область применения PTV Vision обширна и многогранна: от подготовки проектов организации и анализа схем движения на перекрестках и развязках до исследований комплексных транспортных систем городов и регионов, включая создание перспективных интегрированных транспортных концепций для индивидуального и общественного транспорта. Одновременно с этим ПО решает задачи оперативного и стратегического транспортного планирования.

Благодаря многообразию функций PTV Vision круг его пользователей многообразен и широк, от строителей-проектировщиков до чиновников транспортных министерств и хозяйств.

#### **4 Моделирование дорожной развязки в районе остановки «Стрелка», а также улицы Соколовая и Мурманский проезд**

Перекрёсток в районе остановки «Стрелка» в Кировском районе можно назвать связующим звеном почти всех районов Саратова. В «часы пик» свободно проехать по данному участку практически невозможно. Кроме того, постоянный поток и скопление транспортных средств несёт за собой существенное негативное влияние на экологию района.

В ходе исследования были проведены полевые измерения по 15 минут в утренние, обеденные и вечерние часы. На основании полученных данных был составлен паспорт перекрёстка, в который были внесены числовые показатели загруженности транспортной сети по каждому направлению.

В программном комплексе была составлена граф-модель и запущена имитация. Результат моделирования подтвердил сложную дорожную обстановку. Наибольшая нагрузка оказалась сосредоточена по улице 50 лет Октября, в сторону Большой горной и Тракторной. Этот факт обусловлен популярностью проезда в этом направлении, наличием недоработанного светофорного цикла, пешеходных переходов, кроме того, нередко обостряет ситуацию и человеческий фактор [5].

В 2021 году был создан новый проект реконструкции изучаемой развязки, представленный на слайде». Проект был создан в одной увязке с созданием «скоростного трамвая» ООО «Институт «Проектмострестроительство». На городском слушании были вынесены следующие предложения:

- расширение основной магистрали «50 лет Октября – ул. Большая Горная» до 6 полос;
- полный вывод светофорного регулирования и наземного пешеходного сообщения;
- изменение траектории проезда в направлениях «ул. Тракторная – ул. 50 лет Октября», «ул. Соколовая – ул. Большая Горная»;
- ввод кольцевого разворота с ул. Тракторная в обратном направлении;

- выделение дополнительных полос движения для общественного транспорта.

После запуска транспортной модели по данному проекту были выявлены новые затруднения проезда. В основном они происходили на участках дороги, где в систему были введены новые закольцованные съезды.

Дорожная ситуация в направлении «проспект 50 лет Октября – ул. Тракторная» значительно улучшилась, так как проезду в данном направлении не препятствуют никакие факторы.

В противовес, было выявлена серьёзная пробка в направлении «ул. Большая Горная -проспект 50 лет Октября» так, как проезд в этом направлении популярен сам по себе, кроме того, к нему добавляется поток, идущий в направлении «ул. Тракторная – проспект 50 лет Октября». Также, в этот поток вклиниваются транспортные средства, идущие с ул. Соколова и других смежных проездов [6].

Кроме того, предлагается другой вариант реконструкции сети с кольцевым двухполосным перекрёстком, который соединяет проспект 50 Лет Октября, Украинскую и Тракторную в единую систему. Для оптимизации сети были установлены определённые правила:

- кольцевой перекрёсток и прилегающий к нему проспект 50 Лет Октября является главной дорогой;

- Движение в направлении 50 Лет Октября – Тракторная и Украинская осуществляется по дублирующей проспект дороге;

- разворот с Тракторной на 50 Лет Октября должен осуществляться через новый съезд, удалённый от основного перекрёстка.

В остальном, регулирование транспортных потоков остаётся неизменным, в том числе светофорное регулирование.

Распределение автомобильных потоков по «Развязке 1» в целом показало положительную динамику, несмотря на то что по модели всё же наблюдалось скопление автомобилей, однако, это скопление удаляется за



полный светофорный цикл. Таким образом, затор был уменьшен, относительно действующей развязки.

## **5 Оценка загрязнения окружающей среды от автомобильного транспорта**

В городской воздух автомобилями ежедневно выбрасывается большое количество загрязняющих веществ, таких как угарный газ, оксид азота, сажа, и многие другие вещества. Существует ряд методик их вычисления. Для расчёта выбросов в данной работе использовался метод расчёта, приведённый в ГОСТе 56162-2014 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчёта выбросов от автотранспорта для городских населённых пунктов».

Расчётными показателями при вычислении загрязнения от движущегося транспорта являются стандартный пробеговый выброс от каждой группы транспорта, количество групп автомобилей, количество транспортных средств, прошедших в каждом направлении, временной интервал и поправочный коэффициент. При вычислении загрязнения в заторе также учитывался светофорный цикл [7].

По итогу расчёта были составлены сводные графики, отражающие суммарный выброс каждого вещества на действующей, планируемой по проекту 2021 года и возможной по проекту «Развязка 1» развязке.

Была выявлена единая тенденция распределения объёмов загрязняющих веществ. Максимальное количество выбросов наблюдается на развязке проекта «Института «Проектмостреструкция» и минимальное количество по проекту «Развязка 1».

Таким образом, возможная развязка по проекту 2021 г. В целом улучшает динамику проезда, объём потока значительно вырастет, однако, вместе с этим и увеличится объём загрязняющих веществ.

Предложенный проект «Развязка 1» незначительно улучшает динамику проезда относительно действующей развязки, при этом расчетное содержание загрязняющих веществ становится значительно ниже. Кроме того, такой вариант реконструкции значительно проще в реализации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведённого исследования была подтверждена значимость геоинформационного моделирования в изучении дорожно-транспортного планирования.

Также были подтверждены и установлены следующие утверждения:

- настоящая дорожная ситуация на перекрёстке не удовлетворительна;
- проект реконструкции дорожной сети, утверждённый в 2021 году, незначительно улучшает дорожную ситуацию: расширение полос и исключение светофоров приводит к большей динамике проезда, но дополнительный простой несёт в себе большее удельное значение количества выбросов.

- Возможный вариант реконструкции, предусматривающий минимальные изменения в нынешней дорожной сети, разрешает частично решать проблемы действующей развязки и в целом снижает уровень выбросов.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (последняя редакция) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» // СПС КонсультантПлюс

2 Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) «Об охране окружающей среды» // СПС КонсультантПлюс

3 ГОСТ Р 59205-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Охрана окружающей среды. Технические требования; Разраб. – Федеральным автономным учреждение «росийский дорожный научно-исследовательский институт» Министерства транспорта Российской Федерации; введ.- Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2021 г. № 578-ст. – М.: Стандартинформ, 2021 г.

4 Просов, С.Н. Модель кольцевой маршрутизации перевозок грузов помашинными отправлениями: лабораторный практикум и методические указания для практических занятий по курсу «моделирование транспортных

процессов» / С.Н. Просов, Т.А. Феокистова // Учебное издание МАДИ. – М. 2019. – С.32-45

5 Цыбирганова, Е.В Имитационное моделирование и анализ транспортных потоков на автомобильной развязке в районе «Стрелки» / Е.В. Демьяненко // Саратовский государственный национальный исследовательский университет им. Н.Г. Чернышевского. - Саратов, 2022 г. - С.111-120

6 Представлена визуализация проекта развязки на «Стрелке» в Саратове. Опубликовано 17.01.2022 в 11:59 [Электронный ресурс]: Взгляд-инфо. URL. <https://www.vzsar.ru/> (дата обращения 15.01.2023). – Загл. с экрана. Яз. рус

7 ГОСТ Р 56162-2014. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчёта выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчётов для городских населённых пунктов; Разраб. – ОАО «НИИ Атмосфера»; внес. - Техническим комитетом по стандартизации ТК 409 «Охрана окружающей природной среды»; утв. и введен. – Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 октября 2014 г. N 1320-ст; дат. введения. – 01.07.2015. – М.: Стандартиформ, 2015