

Организация и распределение транспортных потоков на основе методов математического моделирования

В.И. Щеглов

Тихоокеанский государственный университет

Аннотация: В данной работе рассмотрена существующая организация дорожного движения в границах улиц Совхозная-Воронежская-Трехгорная г. Хабаровск, проанализирована аварийность дорожного движения методами количественного, качественного и топографического анализа, выявлены и охарактеризованы сформировавшиеся очаги аварийности. Для оценки существующих и на перспективу условий движения, построена имитационная компьютерная модель, позволяющая визуально и параметрически оценить эффективность различных мероприятий и событий, влияющих на транспортные потоки. Оценка вариантов развития улично-дорожной сети произведена графическим и расчетным методами, с учетом уровней обслуживания, установленных в соответствии с СП 34.13330.2021. По результатам моделирования выявлены основные места, снижающие безопасность, комфортность дорожного движения и пропускную способность рассматриваемой территории и предложены мероприятия по реконструкции/строительству для улиц и дорог, а также мероприятия по управлению транспортными потоками.

Ключевые слова: интенсивность, организация дорожного движения, транспортный поток, светофорное регулирование, дорожно-транспортное происшествие, очаг аварийности, транспортный узел, аварийность, безопасность дорожного движения, пропускная способность.

Введение

Автомобильный транспорт занял высокую позицию в экономике страны, что оказывает положительное влияние на нее. Но также присутствует и отрицательное воздействие, связанное с увеличением роста числа транспортных средств, как следствие - происходит увеличение количества дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими. А также, в свою очередь, большой прирост автомобилей несет с собой негативное влияние на экологию города и в местах массового скопления потока транспортных средств уменьшается пропускная способность дорог [1].

Основными показателями эффективности организации дорожного движения является повышение безопасности дорожного движения, снижение количества задержек транспорта и повышение пропускной способности

улично-дорожной сети, а также снижение негативного воздействия транспортных средств на окружающую среду.

В целях формирования комплексных решений об организации дорожного движения, реализующих долгосрочные стратегические направления обеспечения эффективности организации дорожного движения и совершенствования деятельности в области организации дорожного движения, необходимо применять средства математического моделирования транспортных потоков [2].

Решение проблемы обеспечения БДД относится к приоритетным задачам развития г. Хабаровска. Однако, данная проблема, несмотря на возросшее внимание к ней органов государственной власти, общественности и средств массовой информации, в последние годы приобрела особую остроту в связи с несоответствием существующей дорожно-транспортной инфраструктуры потребностям города в безопасном дорожном движении, недостаточной эффективностью функционирования системы обеспечения безопасности дорожного движения, крайне низкой дисциплиной участников дорожного движения и другими факторами [3]. Объектом исследования данной работы является улично-дорожная в границах улиц Совхозная-Воронежская-Трехгорная г. Хабаровск (Рис.1).

Методы исследования

В рамках разработки мероприятий, направленных на обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) необходимо предупредить причины возникновения дорожно - транспортных происшествий (ДТП), а также предусмотреть снижение тяжести их последствий [4].

Проведение количественного анализа ДТП - позволяет выявлять тенденции изменения показателей, при таком анализе, в первую очередь, пользуются абсолютными показателями, к которым относятся количество совершенных ДТП, число погибших и раненых в них людей.

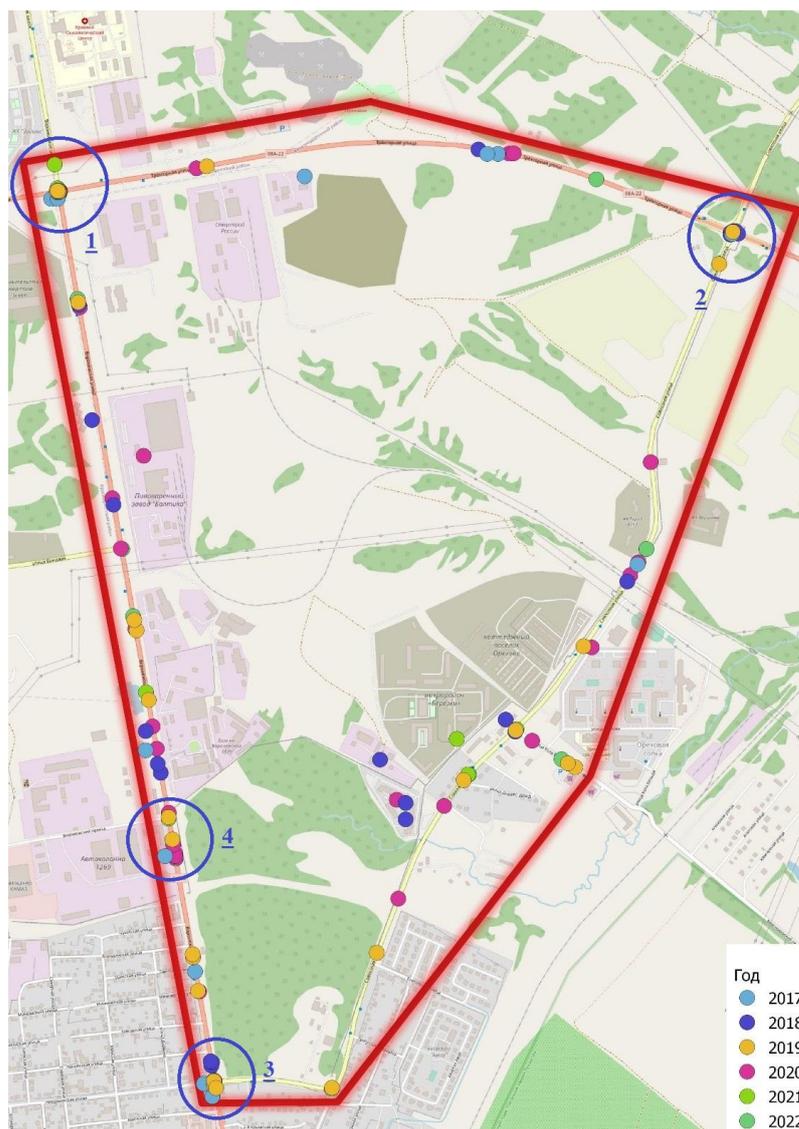


Рис. 1 – Распределение ДТП в границах участка 2017-2022 гг.

Проведение качественного анализа ДТП позволяет выявить причины и условия совершения ДТП и степень влияния каждого из них на аварийность.

Топографический анализ представляет собой нанесение мест совершения ДТП на карту местности с целью последующего выявления очагов аварийности [5].

Согласно «Приказу Министерства транспорта РФ от 30 июля 2020 г. N 274 "Об утверждении Правил подготовки документации по организации дорожного движения" выбор проектных решений по организации дорожного

движения на основании результатов прогнозирования основных параметров дорожного движения с использованием программных средств и методов математического моделирования [6].

Для оценки существующих условий движения и для перспективы, в данной работе построена имитационная математическая модель, позволяющая визуально и параметрически оценить эффективность различных мероприятий и событий, влияющих на транспортные потоки.

Анализ аварийности в границах участка

На основании полученных с портала stat.gibdd.ru/ данных, выполнен анализ распределения ДТП по годам (с января 2017 г. по август 2022 г.), видам и маршрутам движения в границах рассматриваемого района.

Наибольшее влияние на улично-дорожную сеть г. Хабаровска строительство проектируемого объекта будет оказывать в границах ул. Трехгорной – ул. Совхозной – ул. Воронежская. В связи с этим, из-за увеличения интенсивности транспортного потока, возможно увеличение ДТП в этом районе.

Согласно Правилам учета дорожно-транспортных происшествий (ДТП), утвержденных Постановлением Правительства РФ от 29 июня 1995 г. № 647, учету подлежат все дорожно-транспортные происшествия, то есть, события, возникшие в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при которых погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, груз, сооружения [7].

В результате количественного анализа дорожно-транспортных происшествий, произошедших в границах влияния объекта в период 01.01.2017-31.08.2022, можно увидеть, что произошло 138 ДТП, в которых было ранено 192 человека и 4 человека погибло (таблица 1).

Таблица № 1

Количественный анализ ДТП 2017 – 2022 гг.

Год/вид	ДТП	Ранено	Погибло
2017	15	29	0
Наезд на пешехода	1	1	0
Опрокидывание	1	1	0
Столкновение	13	27	0
2018	25	34	0
Наезд на велосипедиста	1	1	0
Наезд на пешехода	7	7	0
Наезд на стоящее ТС	1	1	0
Столкновение	15	24	0
Съезд с дороги	1	1	0
2019	35	44	3
Наезд на пешехода	6	4	2
Наезд на стоящее ТС	3	5	0
Столкновение	26	35	1
2020	32	45	1
Наезд на пешехода	8	8	0
Наезд на препятствие	1	1	0
Столкновение	19	32	0
Съезд с дороги	4	4	1
2021	14	20	0
Наезд на велосипедиста	1	1	0
Наезд на пешехода	3	3	0
Столкновение	10	16	0
2022	17	20	0
Наезд на пешехода	3	3	0
Опрокидывание	1	3	0
Столкновение	11	12	0
Съезд с дороги	2	2	0
Общий итог	138	192	4

Для оценки тяжести последствий в данной работе применен коэффициент тяжести последствий (1).

$$k_{\text{тяж}} = 100 * F / (F + R), \quad (1)$$

где F – число погибших в ДТП (F > 1 и всегда целое число); R – число раненых в ДТП (R > 1 и всегда целое число); 100 – коэффициент пропорциональности (в расчете на 100 пострадавших).

Не нулевое значение коэффициента тяжести последствий в границах влияния объекта в период 01.01.2017-31.08.2022 наблюдается в 2019 и 2020 гг., и равно 6,38 и 2,17 соответственно.

Для выявления мест концентрации ДТП и определения их характеристик, был проведен топографический анализ дорожно-транспортных происшествий, произошедших в границах влияния объекта в период 01.01.2017-31.08.2022 [8].

В границах влияния объекта наблюдаются 4 участка, на которых в период 01.01.2017-31.08.2022 были сформированы места концентрации ДТП (см. рис. 1).

В границах перекрестка ул. Трехгорная-ул. Воронежская выявлен регрессирующий очаг аварийности (№1).

В границах перекрестка ул. Трехгорная - ул. Совхозная выявлен прогрессирующий очаг аварийности (№2).

В границах перекрестка ул. Воронежская - ул. Совхозная выявлен ликвидированный после 2018 года очаг аварийности (№3).

По ул. Воронежской в районе дома №129 выявлен ликвидированный после 2020 года очаг аварийности (№4).

Анализ аварийности в границах влияния рассматриваемой территории показал зависимость роста числа аварийности от роста интенсивности в границах пересечения улиц; и уменьшение аварийности средствами технических и конструктивных элементов организации дорожного движения (уширение проезжей частей, канализация и ограждение транспортных и пешеходных потоков).

На основании данных, взятых из публичных источников Яндекс и Гугл, 2ГИС были верифицированы выявленные часы пик на рассматриваемой территории.

Утренний час пик в будние дни: с 8:00 до 9:00;

Вечерний час пик в будние дни: с 18:00 до 19:00

В выходные дни критических превышений пиковых условий движения в будние дни – не выявлено.

Наибольшие задержки транспорта наблюдаются на перекрёстках улиц: Шелеста ул. – Воронежская ул.; Воронежская ул. – Совхозная ул.; Трехгорная ул. – Воронежская ул.

Для отображения создаваемого транспортного потока на рассматриваемой территории был выбран вечерний час пик, как период наиболее плотного транспортного потока.

Мероприятия по организации дорожного движения

Оценка вариантов развития улично-дорожной сети произведена графическим и расчетным методами, с учетом уровней обслуживания, установленных, в соответствии с СП 34.13330.2021 «Свод правил. Автомобильные дороги» (актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85).

С целью определения узких мест, ограничивающих пропускную способность рассматриваемой территории в целом, выполнено моделирование с максимальной (в пропорциональном распределении) загрузкой транспортом с соседних территорий [9]. В таких условиях моделирования, ограничительными факторами служат транспортные объекты за пределами рассматриваемой территории с учетом их перспективного развития в краткосрочной перспективе [10].

На рассматриваемой территории выделено 11 транспортных узлов, влияющих на общую пропускную способность рассматриваемой территории.

В целях повышения эффективности системы управления транспортными потоками рассматриваем светофорные объекты, как единую сеть. Одним из способов сетевого управления является координация работы светофорных объектов по принципу «Зеленая волна».

Таблица №2

Расчет среднего расстояния между регулируемым объектами

Транспортный узел	Расст., м	Расстояние между узлами, м	Расстояние между светофорными объектами, м.
Шелеста	0	557	783
не рег пеш. пер	557	226	
Школа	783	397	
Совхозная	1180	380	580
не рег пеш. пер	1560	200	
персп ул	1760	340	340
Автоколонна	2100	960	960
Бондаря	3060	440	440
Балтика	3500	400	400
Банк	3900	410	410
Трехгорная	4310	557	557
Средне значение с учетом коэф. приращения (медиана)			398,5

Для наглядности расчетов приведем график координации светофорных объектов, на котором обозначены существующие и возможные светофорные объекты (Рис. 2).

Вывод

Улично-дорожная сеть рассматриваемой территории ограничивается пропускной способностью ключевых перекрестков Железнодорожного района города Хабаровска, а именно, пересечения: Воронежской ул. – Шелеста ул. и Воронежской – ул. Трехгорная ул.

С учетом расчетов оптимальных режимов движения в локальном режиме на светофорных объектах и геометрических параметрах расстояния между ними, подобран оптимальный цикл регулирования на рассматриваемой сети перекрестков кратный 35 сек. ($35 \cdot 2 = 70$ сек.) и скоростью 41 км./час.. Т.е., с целью соблюдения принципов координированного управления, по улице Воронежской применимы для

расчета следующие циклы регулирования на светофорных объектах: 35, 70, 105, 140 сек.

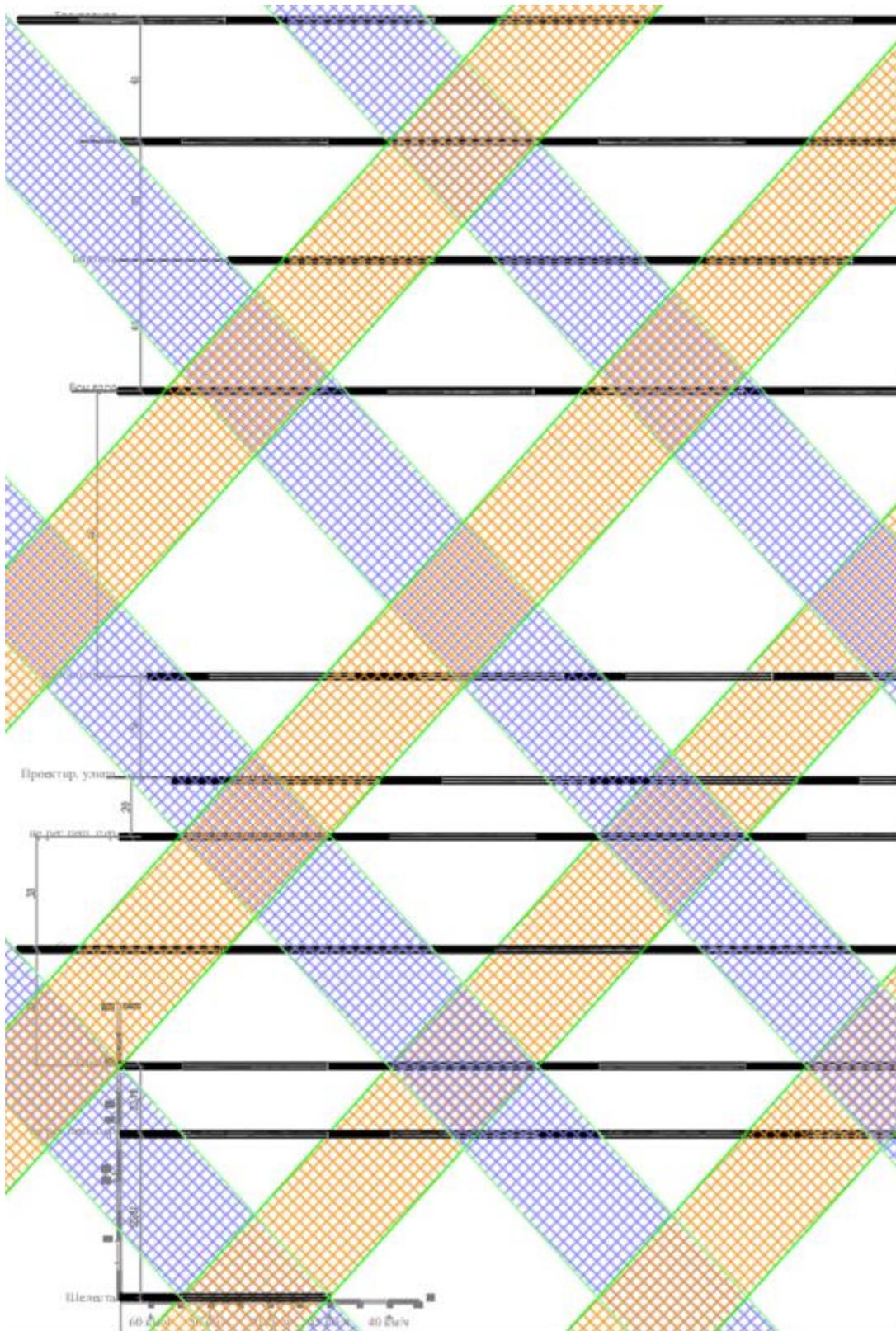


Рис. 2. – Оценка координации работы светофоров с выбором Цикла регулирования кратным 70 сек и скоростью потока 41 км/ч.

По результатам моделирования выявлены основные места, снижающие безопасность, комфортность дорожного движения и пропускную способность рассматриваемой территории и предложены мероприятия по реконструкции/строительству для улиц и дорог, а также мероприятия по управлению транспортными потоками.

Литература

1. Пугачев, И.Н., Щеглов В.И. Анализ влияния рекламных конструкций на возникновение ДТП // Инженерный вестник Дона. 2022. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7749.
2. Пугачев, И.Н., Каменчуков А.В., Щеглов В.И., Смирнова Н.Д. Технические, экономические и социальные аспекты, при выборе эффективного решения совершенствования дорожного движения в городах // Транспортные сооружения. 2020. Т. 7. № 2. С. 21-27.
3. Kamenchukov A., Kondratenko T., Voinash S., Prospects of Development and Design Features of Toll Roads in the Russian Far East // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 25–26 января 2021 года. – City of Vladivostok, 2021. – pp. 01-11.
4. Pugachev I., Kulikov Y., Cheglov V., Features of traffic organization and traffic safety in cities // Transportation Research Procedia: 14, Saint Petersburg, 21-24 октября 2020 года. Saint Petersburg, 2020. pp. 766-772.
5. Зильберов, Р. Д., Маилян В.Д., Коршунова Е. В. Организационно-технологические подходы к формированию городских общественных пространств // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7476.

6. Якимов, М. Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов / Москва: ООО "Издательская группа "Логос", 2013. 188 с.

7. Миронов В. Л. Социальный риск как один из показателей безопасности дорожного движения // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. 2019. №1(2). С. 311-315.

8. Пивоварова, И.И., Белоус П.С. ГИС-проектирование и анализ многолетней региональной изменчивости лесных пожаров // Инженерный вестник Дона, 2022, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7463.

9. Брызгина, Е.О., Казьмин Д.М. Транспортное планирование в России: проблемы и пути решения // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11-12 апреля 2019 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. С. 42-46.

10. Lyubimov I., Yakunin N., Yakunina N., Frolov O. Analytical platform for managing the structure of passenger road transport in the Arctic regions of the Russian Federation // Transportation Research Procedia, St. Petersburg, 2021. pp. 341-346.

References

1. Pugachev, I.N., Shheglov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7749.

2. Pugachev, I.N., Kamenchukov A.V., Shheglov V.I., Smirnova N.D. Transportny`e sooruzheniya. 2020. Т. 7. № 2. pp. 21-25.

3. Kamenchukov A., Kondratenko T., Voinash S. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 25–26 yanvaryaya 2021 goda. Vladivostok, 2021. pp. 01-11.



4. Pugachev I., Kulikov Y., Cheglov V. Transportation Research Procedia : 14, Saint Petersburg, 21–24 oktyabrya 2020 goda. Saint Petersburg, 2020. pp. 766-772.
5. Zil'berov, R. D., Mailyan V.D., Korshunova E. V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7476.
6. Yakimov, M. R. Transportnoe planirovanie: sozdanie transportny`x modelej gorodov [Transport planning: creating transport models of cities] Moskva: OOO "Izdatel'skaya gruppa "Logos", 2013. P. 188.
7. Mironov V. L. Upravlenie deyatel'nost`yu po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: sostoyanie, problemy`, puti sovershenstvovaniya. 2019. №1(2). pp. 311–315.
8. Pivovarova, I.I., Belous P.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7463.
9. Bryazgina, E.O., Kaz`min D.M. Sbornik trudov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 11–12 aprelya 2019 goda. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvenny`j arxitekturno-stroitel'ny`j universitet, 2019. pp. 42-46.
10. Lyubimov I., Yakunin N., Yakunina N., Frolov O. Transportation Research Procedia, St. Petersburg, 2021. pp. 341-346.