

ТРАНСПОРТ

Научная статья
УДК 656.1

<https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-2-99>

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА И ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОГ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

К. В. Бакланова

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
e-mail: pulkristina@yandex.ru

Аннотация. Несмотря на положительный эффект от реализации существующих федеральных целевых программ и национальных проектов в области безопасности дорожного движения (БДД) уровень смертности на автомобильных дорогах остается достаточно высоким. В статье рассмотрено текущее состояние аварийности, динамика развития дорожной сети и уровень автомобилизации за последние 10 лет. Выявлены факторы, определяющие текущее состояние аварийности. На основе аварийности на территории Красноярского края выявлено, что наиболее тяжкие дорожно-транспортные происшествия (ДТП) происходят на дорогах вне городской черты, выявлен большой процент ДТП с участием автомобилей категорий М2, М3 и N. Исходя из анализа исследований в области оценки безопасности дорожного движения и статистических данных, определена цель исследования – выявление влияния параметров транспортного потока и характеристик дорог на безопасность дорожного движения.

В работе использованы методы математической статистики, содержательная часть которых определена в ходе исследования 20 участков на ФАД на территории Красноярского края. Для анализа были выбраны участки, отличающиеся уровнем аварийности, характеристиками транспортного потока и геометрическими параметрами.

В результате научного исследования математически подтверждено, что на БДД оказывают влияние состав транспортного потока и вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС. Определена зависимость вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС от состава транспортного потока, зависимость частного коэффициента аварийности K_{11} от вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС, полученная зависимость позволяет учитывать скоростной режим ТС при определении итогового коэффициента аварийности и оценки БДД на конкретном участке дороги. Получена регрессионная модель зависимости среднегодового количества ДТП от ширины обочины, радиуса кривой в плане, видимости, расстояния от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м, коэффициента сцепления, состава транспортного потока, вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС.

Научную новизну исследования составляет зависимость среднегодового количества ДТП от параметров транспортного потока и характеристик дороги.

Практическая значимость исследования заключается в повышении БДД за счёт использования при ее оценке метода итогового коэффициента аварийности, учитывающего состав транспортного потока и вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС.

Дальнейшие исследования направлены на выявление еще неучтенных факторов, оказывающих влияние на БДД.

Ключевые слова: состав транспортного потока, вариационный размах скоростей, характеристики автомобильных дорог, БДД.

Для цитирования: Бакланова К. В. Влияние параметров транспортного потока и характеристик дорог на безопасность дорожного движения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 2. – С. 99–110, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-2-99>.

INFLUENCE OF TRAFFIC FLOW PARAMETERS AND ROAD CHARACTERISTICS ON ROAD SAFETY

K. V. Baklanova

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

e-mail: pulkristina@yandex.ru

Abstract. *Despite the positive effect of the implementation of existing federal targeted programs and national projects in the field of road safety (RTS), the death rate on roads remains quite high. The article considers the current state of accidents, the dynamics of the development of the road network and the level of motorization over the past 10 years. The factors that determine the current state of accidents are identified. Based on the accident rate on the territory of the Krasnoyarsk Territory, it was revealed that the most serious road traffic accidents (RTA) occur on roads outside the city limits, a large percentage of accidents involving vehicles of categories M2, M3 and N. Based on the analysis of studies in the field of road safety assessment and statistical data, the purpose of the study is defined - to identify the impact of traffic flow parameters and road characteristics on road safety.*

The paper uses the methods of mathematical statistics, the content of which was determined in the course of a study of 20 sites on the FAD in the Krasnoyarsk Territory. For analysis, sections were selected that differ in the level of accidents, traffic flow characteristics and geometric parameters.

As a result of a scientific study, it is mathematically confirmed that traffic safety is influenced by the composition of the traffic flow and the variational range of speeds between the overtaken and overtaking vehicles. The dependence of the variational range of speeds between the overtaken and overtaking vehicles on the composition of the traffic flow, the dependence of the partial accident rate coefficient K_{11} on the variational range of speeds between the overtaken and overtaking vehicles are determined. A regression model has been obtained for the dependence of the average annual number of accidents on the width of the shoulder, the radius of the curve in plan, visibility, the distance from the edge of the carriageway to a cliff with a depth of more than 5 m, the friction coefficient, the composition of the traffic flow, the variation range of speeds between the overtaken and overtaking vehicles.

The scientific novelty of the study is the dependence of the average annual number of accidents on the traffic flow parameters and road characteristics.

The practical significance of the study lies in the increase in traffic safety due to the use of the final accident rate method in its assessment, which takes into account the composition of the traffic flow and the variational range of speeds between the overtaken and overtaken vehicles.

Further research is aimed at identifying yet unaccounted for factors influencing RTS.

Key words: *composition of the traffic flow, variation range of speeds, characteristics of highways, traffic safety.*

Cite as: Baklanova, K. V. (2023) [Influence of traffic flow parameters and road characteristics on road safety]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 2, pp. 99–110, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-2-99>.

Введение

Повышение БДД является актуальной проблемой для современного общества, это подтверждается различными федеральными программами, национальными проектами (ФЦП «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах», ФЦП «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах», НП «Безопасные и качественные дороги», «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» и т.д.) и исследованиями в данной области [1, 7, 8, 2, 10, 13–16, 18]. Несмотря на положительный эффект от реализации существующих программ, уровень смертности на автомобильных дорогах остается достаточно высоким и ежегодно в ДТП погибает около 20 тыс. человек и более 140 тыс.

получают ранения различной степени тяжести, динамика аварийности на территории РФ за последние 10 лет представлена на рисунке 1.

Текущее состояние аварийности определяет ряд факторов:

- несмотря на значительное увеличение протяжённости дорожной сети в рамках реализации программ ФЦП «Повышение безопасности дорожного движения» и НП «Безопасные и качественные дороги» динамика ее развития ниже динамики развития уровня автомобилизации;

- оценка БДД производится по устаревшим методикам [1, 2, 12, 17], где качественные и количественные характеристики транспортного потока отличаются от современных.

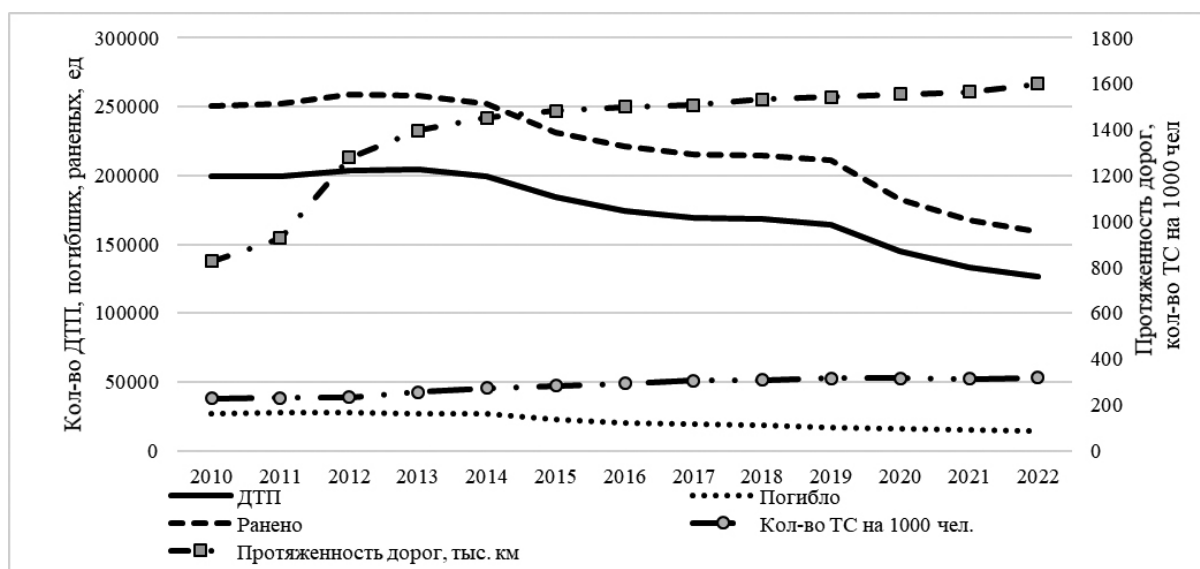


Рисунок 1. Уровень аварийности на территории РФ

Источник: составлено автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 20.11.2022) и показателей состояния БДД – URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 20.11.2022)

Наибольшая тяжесть ДТП наблюдается на автомобильных дорогах вне городской черты (70% погибших от общего количества погибших в ДТП, несмотря на то, что на дорогах данного типа происходит всего около 30% от общего количества ДТП), на рисунке 2 представлена лепестковая диаграмма распределения ДТП и погибших на территории Красноярского края на дорогах вне городской черты [3].

Также в ходе анализа аварийности на территории Красноярского края выявлены следующие факты:

1. 60% ДТП на дорогах вне городской черты происходит с участием ТС категорий М2, М3 и N, в которых погибает до 60% от общего количества погибших в ДТП по краю.

2. Основными причинами ДТП является выезд на полосу встречного движения и несоответствие скорости конкретным дорожным условиям.

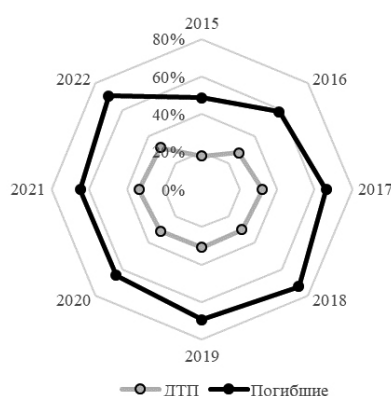


Рисунок 2. Процентное соотношение количества ДТП и пострадавших на автомобильных дорогах вне городской черты на территории Красноярского края

Источник: разработано автором

Оценка БДД производится с помощью качественных и количественных показателей, основные из которых представлены в ОДМ 218.4.005 – 2010 «Рекомендации по обеспечению безопасности дви-

жения на автомобильных дорогах» (утв. Распоряжением Минтранса РФ от 24.06.2002 № ОС-557-р). Одним из методов оценки БДД применяемым на практике и рассматривающим БДД с комплексной

оценки большинства элементов системы ВАДС является метод итогового коэффициента аварийности, который используется не только для выявления опасных участков на эксплуатируемых дорогах, но и при оценке проектных решений [17].

«Итоговый коэффициент аварийности» $K_{\text{итог}}$, является произведением частных коэффициентов аварийности K_p , которые характеризуют влияние отдельных элементов плана, продольного и поперечного профилей трассы дороги, интенсивности движения, придорожной полосы и других факторов на БДД [17].

Данная методика была разработана в 60-х годах прошлого века, на период создания методики качественный и количественный состав транспортного потока отличался от современного, так же как отличались тормозные и динамические свойства ТС.

Развитие данной методики представлено в трудах А. П. Васильева, В. П. Расникова, П. Шевякова, В. В. Варлашкина, Р. Картанбаева, С. С. Петросяна, С. С. Близниченко, А. Садырходжаева, А. Н. Нечаева, О. А. Дивочкина, В. И. Пуркина, Ю. М. Ситникова, В. В. Чванова [1, 4, 6–8, 2, 12–14], но в данных исследованиях не рассматривается совокупное влияние состава транспортного потока и вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС.

Существует ряд подходов, описывающих связь транспортного потока и скорости движения:

1) в ВСН 25–86 «Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» представлена методика определения средней скорости смешанного потока для сухого покрытия в летнее время года при коэффициенте загрузки от 0,1 до 0,85 с учетом влияния ДУ и интенсивности движения на двухполосных дорогах;

2) в ОДМ 218.2.020 – 2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» рекомендуются формула для расчета средних скоростей для дорог с коэффициентом загрузки z больше чем 0,8;

3) в ОДМ 218.4.005 – 2010 «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» представлена оценка скоростей движения транспортного потока на автомагистралях;

4) определение средней скорости потока на основе скорости движения одиночного автомобиля и от состава транспортного потока.

В перечисленных выше подходах учитывается влияние состава потока на среднюю скорость движения, но не вариационный размах скоростей, который возникает во время обгона и/или опережения ТС.

Ранее в исследованиях уже был предложен перечень частных коэффициентов аварийности, которые необходимо брать во внимание при оценке БДД методом итогового коэффициента аварийности, в чи-

сло которых входят коэффициенты, учитывающие состав потока и вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС [11]. Исходя из всего вышесказанного, была сформулирована цель научного исследования – определение влияния параметров транспортного потока и характеристик дорог на безопасность дорожного движения.

Методика определение параметров транспортного потока и характеристик дорог

В ходе предыдущих исследований [3] выявлено, что ежегодно на территории Красноярского края от 8 до 15 участков федеральных автомобильных дорог (ФАД) являются аварийно-опасными либо потенциально аварийно-опасными, как правило, один и тот же участок является аварийно-опасным на протяжении нескольких лет, поэтому на подготовительном этапе оценки влияния параметров транспортного потока и характеристик дорог на БДД на территории Красноярского края на основе статистических данных и изображений со спутника было выбрано 20 различных по конфигурации и аварийности участков на ФАД Р255 и Р257 (637, 670, 711, 714, 726, 737, 743, 763, 770, 772, 777, 785, 796, 799, 854, 879, 898, 913, 24 и 30 км). В число рассматриваемых участков вошли те, которые на протяжении 5 лет были отмечены как аварийно-опасные. Среди исследуемых участков 9 являются аварийно-опасными, на 10 – запрещен обгон, на 9 – скоростной режим меньше 90 км/ч, на 7 – интенсивность движения меньше 10000 авт/сут. На каждом из участков определен ряд параметров, перечень которых был определен ранее [11, 9].

Характеристики автомобильных дорог определялись измерительным контролем или визуально согласно ГОСТ Р 52577–2006 и ГОСТ 33383–2015, в зависимости от рассматриваемого параметра. Искомые значения заносились в итоговую ведомость, образец которой представлен на рисунке 3.

Параметры транспортного потока определялись визуальным методом на основе видеозаписей. Для учета состава транспортного потока все ТС в потоке были разделены на 4 группы по категориям согласно ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»: 1 группа – Категория L, 2 группа – Категория М1, 3 группа – Категория N, 4 группа – Категория М2/ Категория М3.

Вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС фиксировался при движении ТС группами (от 3-х ТС), определялся путем нахождения разности скоростей между обгоняющим и обгоняемым ТС на основе видеозаписи. Совместно с вариационным размахом фиксировался состав транспортного потока ТС.

Так как исследователями установлены закономерности изменения интенсивности движения в течение года и в ходе предыдущих исследований

установлено, что в летний период значения интенсивности и состава транспортного потока отличны от значений в другие времена года [9], для фикса-

ции наибольшего количества значений исследуемых параметров измерения проводились четыре раза для каждого исследуемого участка.

Участок _____ Дата _____ Время ____ - ____

Описание погодных условий: _____

Описание участка (местность, наличие пересечений, ограждений, технических средств освещения, удаленность населенного пункта, наличие технических средств организации дорожного движения, четкость дорожной разметки):

Параметр	Значения
Ширина полосы движения, м	
Ширина обочины, м	
Продольный уклон, о/оо	
Радиус кривой в плане, м	
Видимость в плане, м	
Видимость в профиле, м	
Число основных полос на проезжей части для прямых направлений движения	
Ширина разделительной полосы, м	
Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м, м	
Ширина разделительной полосы, м	

Рисунок 3. Ведомость для фиксации значений характеристик дороги

Источник: разработано автором

Количество ДТП и коэффициент сцепления определялись исходя из статистических данных, представленных на официальном сайте ГИБДД.

Таким образом была получена генеральная совокупность данных для исследуемых параметров,

в которой зафиксировано 158 обгонов ТС в транспортном потоке на 15 участках. Объем выборки ($n = 126$) определялся по уравнению, рекомендуемому В. В. Сильяновым:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2} \quad (1)$$

где

t – показатель кратности ошибки;

σ – среднее квадратическое отклонение;

Δ – величина допустимой ошибки.

Обработка экспериментальных данных производилась с помощью корреляционно-регрессионного анализа [5].

Результаты исследования

Значения параметров, характеризующих автомобильную дорогу и определяющих ее техническую категорию, условно постоянны для конкретного рассматриваемого участка. Значения ширины полосы движения и ширины обочины могут менять свое значение в зимнее время года, в зависимости от погодных условий и уровня содержания автомобильных дорог.

Значения параметров, характеризующих транспортный поток, уникальны для каждого рассматриваемого участка. В таблице 1 приведены основные параметры и характеристики движения транспортного потока на ФАД Красноярского края.

Несмотря на низкие коэффициенты загрузки движением, для ФАД на территории Красноярского края характерно движение ТС как малыми группами (2–5 шт.), так и большими группами (5–14 шт.). В основном на ФАД Красноярского края характерно движение ТС группами 5–14 ТС, что вызвано следующими факторами:

1. Значительное количество ТС категорий М2, М2 и N в транспортном потоке (рисунок 4). Анализ состава транспортного потока показал, что он неоднороден, особенно это заметно на участках, находящихся в значительной отдаленности от крупных населенных пунктов (Красноярская агломерация, г. Ачинск). В ходе анализа состава транспортного потока выявлено, что в течение часа доля ТС категорий М2, М3 и N на различных участках ФАД колеблется от 5% до 65% от общего количества зафиксированных ТС. При этом на долю ТС категорий М2 и М3

в среднем приходится всего от 1 до 2% транспортно-го потока. В среднем на ФАД на территории Красноярского края транспортный поток на треть состоит из ТС категорий М2, М3 и N. Так как динамические

и тормозные свойства ТС разных категорий различны, ТС категорий М2, М3 и N в силу своих характеристик и ограничений на скоростной режим со стороны закона создают за собой группу ТС.

Таблица 1. Параметры и основные характеристики движения транспортного потока ФАД Красноярского края

Участок	Среднесуточная интенсивность авт/сут	Среднечасовая интенсивность авт/час	Средний состав транспортного потока, % М2, М3 и N	Средний коэффициент загрузки движением	Средняя скорость движения, км/ч	Средний вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС, км/ч
30	6712	374	37	0,37	87	20
24	9480	587	12	0,52	62	16
637	9307	557	37	0,48	77	0
670	11411	690	35	0,65	95	0
711	12476	713	36	0,44	97	42
714	12455	718	42	0,43	95	38
726	11689	687	11	0,47	87	0
737	11629	623	29	0,45	92	22
743	10994	646	18	0,46	87	25
763	7842	441	33	0,38	97	39
770	10768	643	34	0,41	94	43
772	11235	650	34	0,45	95	0
777	14316	851	36	0,43	91	15
785	15221	884	36	0,44	85	21
796	19309	1144	33	0,46	96	22
799	23156	1380	24	0,47	94	25
854	14473	852	12	0,45	99	18
879	5673	334	12	0,38	91	36
898	8785	536	23	0,53	80	38
913	7655	447	40	0,44	83	0

Источник: разработано автором

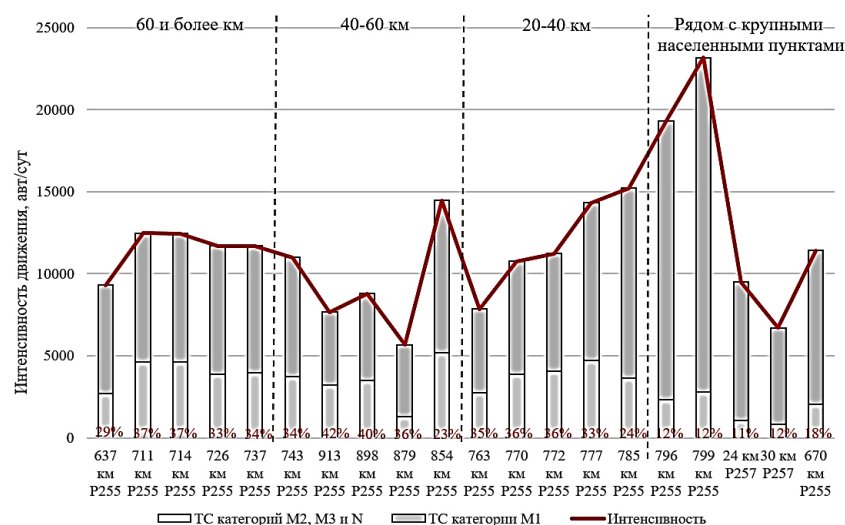


Рисунок 4. Средние значения интенсивности и состава транспортного потока на рассматриваемых участках

Источник: разработано автором

2. Сложный рельеф местности. Для ФАД на территории Красноярского края характерны следующие особенности:

- длинные затяжные подъемы/спуски;
- затяжные повороты большого радиуса;
- повороты малого радиуса;
- резкие переходы от прямого однородного участка к повороту малого радиуса.

Из-за особенностей рельефа на возникает «шум» скорости, который особенно характерен для ТС категорий М2, М3 и N в силу их геометрических особенностей, что также приводит к образованию групп ТС, двигающихся за медленно едущим «лидером» группы.

В ходе анализа маневра обгон на потенциально

аварийно-опасных участках и аварийно-опасных участках выявлено, что при движении ТС группами обгон происходит не по одному ТС, а части либо сразу группы ТС, в зависимости от ее численности.

Таким образом, в связи с перечисленными выше факторами с ростом доли в транспортном потоке автомобилей большей грузоподъемности и автопоездов увеличивается расслоение транспортного потока по скорости движения.

Для анализа зависимости количества ДТП от рассматриваемых факторов был проведен корреляционный анализ, результаты которого представлены в таблице 2. Оценка значения коэффициента корреляции проводилась по шкале Чеддока.

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа

Фактор	Коэффициент корреляции				<i>t</i> критерий-Стьюдента	
	суммарное количество ДТП за отчетный период		среднегодовое значение количества ДТП		суммарное количество ДТП за 5 лет	среднегодовое значение количества ДТП
	количественная мера тесноты связи	качественная характеристика силы связи	количественная мера тесноты связи	качественная характеристика силы связи		
Интенсивность движения	0,04	Слабая	0,05	Слабая	12,90	40,59
Ширина полосы движения	0,42	Умеренная	0,25	Слабая	0,64	15,78
Ширина обочины	0,18	Слабая	0,04	Слабая	3,81	0,17
Продольный уклон	0,34	Умеренная	0,28	Слабая	3,72	28,03
Радиус кривой в плане	0,06	Слабая	0,20	Слабая	6,10	2,40
Видимость	0,18	Слабая	0,20	Слабая	13,11	2,77
Число основных полос на проезжей части	0,42	Умеренная	0,33	Умеренная	2,20	3,50
Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м	0,13	Слабая	0,07	Слабая	2,90	13,99
Коэффициент сцепления	0,13	Слабая	0,14	Слабая	4,90	0,71
Средний состав транспортного потока	0,28	Умеренная	0,24	Слабая	10,39	11,08
Средний вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС	0,45	Умеренная	0,44	Умеренная	5,02	17,28

Источник: разработано автором

Анализ парных коэффициентов корреляции показал, что наибольшее влияние на количество ДТП оказывает вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС. Этот фактор имеет самое высокое значение коэффициента парной корреляции ($r = 0,44$) при анализе суммарного количества ДТП за отчетный период и среднегодового значения.

Сопоставив значения парных коэффициентов корреляции, представленные в таблице 2, с табличным значением (коэффициентом корреляции Пир-

сона) $r(20;0,05) = 0,43$, видим, что вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС статистически значим. Вычисленные значения превышают критическое значение критерия Стьюдента $t(20;95\%) = 2,09$, что также подтверждает значимость данного парного коэффициента корреляции).

Исследование влияния вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС на БДД проводилось на различных участках дороги, в том числе на которых обгон запрещен. В ходе

эксперимента установлено, что на 10 из 20 участках обгон запрещен, но так как участники дорожного движения нарушают требования дорожных знаков

и разметки (рисунок 5), вариационный размах скоростей был зафиксирован на 15 из рассматриваемых участков.

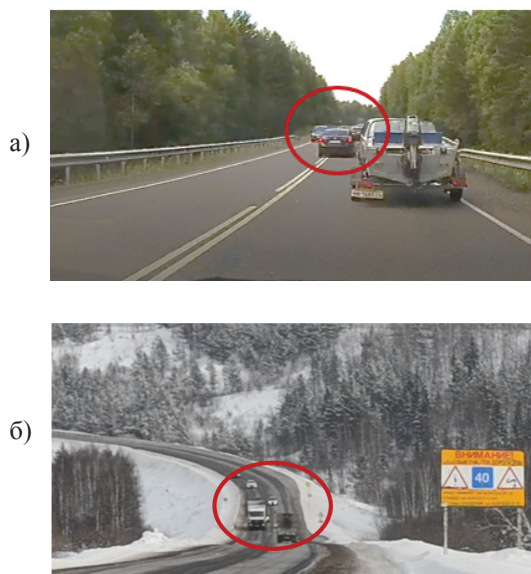


Рисунок 5. Образец нарушения требований дорожных знаков и разметки на аварийно-опасных участках: а) Р255 770 км, б) Р255 898 км

Источник: разработано автором

Между составом транспортного потока и вариационным размахом скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС установлена высокая связь по шкале Чеддока ($r = 0,83$), поэтому с помощью регрессионного анализа была получена зависимость

вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС (y) от состава транспортного потока (x) на потенциально аварийно-опасных участках, которая представлена на рисунке 6 и в виде выражения 2:

$$y = 13,97 \ln(x) - 11,94 \quad (2)$$

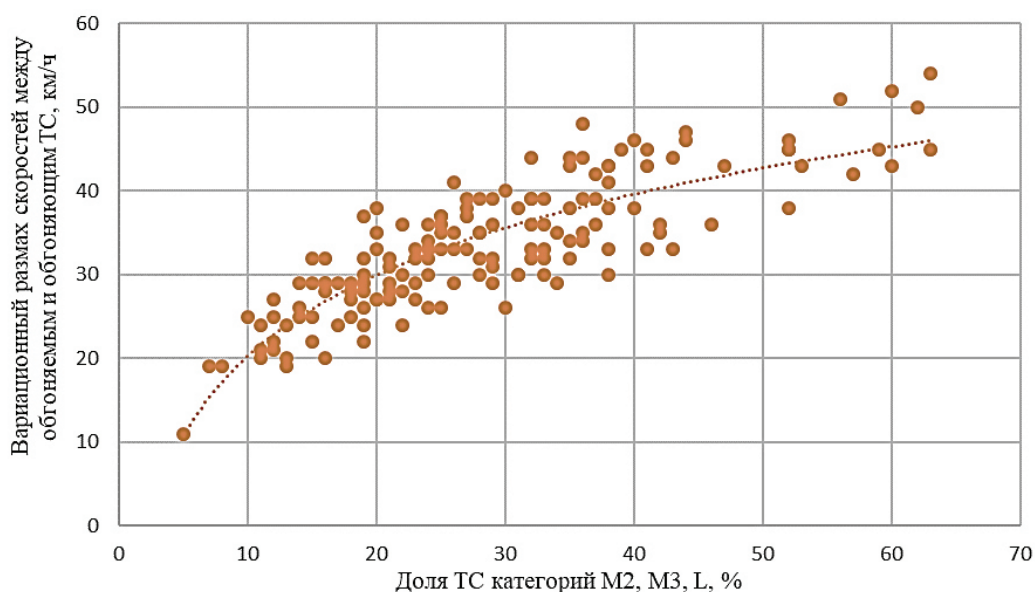


Рисунок 6. График зависимости вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС от состава транспортного потока на потенциально аварийно-опасных участках

Источник: разработано автором

Коэффициент детерминации равен 0,71, это говорит о том, что данная модель приемлема. Увеличение вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС с увеличением в потоке ТС категорий М2, М3 и L связано с тем, что при увеличении доли ТС возрастает эмоциональная напряженность водителей, которые стараются располагать ТС ближе к оси дороги, выжидая момент для совершения обгона, при этом водители стара-

ются совершать обгон сразу пачки ТС, поэтому для скорейшего завершения маневра водители обгоняющих ТС развивают скорость, значительно превышающую скорость обгоняемого ТС.

В ходе анализа параметров транспортного потока была выявлена зависимость, характеризующая вероятность возникновения обгона на потенциально аварийно-опасных участках от параметров транспортного потока:

$$y = 0,0001 \cdot x_1 + 0,0008 \cdot x_2 - 0,0181 \cdot x_3 + 0,0017, \quad (3)$$

где

x_1 – состав транспортного потока, % ТС категорий М2, М3 и N;

x_2 – вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС, км/ч;

x_3 – коэффициент загрузки движением.

Статистическая значимость модели проверялась с помощью критерия Фишера (F): $F(3; 6) = 12,74 > F_{\text{крит}}(4,76)$, $R^2 = 0,86$.

Из зависимости 3 видно, что вероятность возникновения обгона на потенциально аварийно-опасных участках увеличивается с увеличением вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС и уменьшается с увеличением коэффициента загрузки движением, который по-

мо характеристик движения транспортного потока отражает дорожные условия.

Также в ходе анализа экспериментальных данных и статистики ДТП на территории Красноярского края была получена зависимость значения частного коэффициента аварийности $K_i(y)$ от вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС (x):

$$y = 0,05 \cdot x + 1,00. \quad (4)$$

С увеличением вариационного размаха скоростей увеличивается количество обгонов, следовательно возрастает вероятность возникновения ДТП.

Полученная зависимость позволяет учитывать скоростной режим ТС при определении итогового коэффициента аварийности.

Заключение

Научная новизна исследования заключается в установлении зависимости вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС от состава транспортного потока и установлении влияния параметров транспортного потока и характеристик дорог на безопасность дорожного движения.

Состав транспортного потока и вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС оказывают прямое влияние на безопасность дорожного движения. Так как динамические свойства автомобилей категорий М2, М3 и N в значительной степени отличаются от легковых, с увеличением в потоке ТС большой грузоподъемности увеличивается диапазон скоростей движения ТС, чаще возникает потребность в совершении обгонов,

как следствие увеличивается вероятность возникновения ДТП. Также грузовые автомобили и автобусы ограничивают видимость следующих за ними автомобилей, что особо актуально для ТС с правым расположением рулевой колонки. Скорость является усугубляющим фактором, который повышает тяжесть всех ДТП. С увеличением средней скорости возрастает и вероятность аварии, а также увеличивается риск летального исхода или тяжелых травм при возникновении ДТП.

Так как математически доказано влияние состава транспортного потока и вариационного размаха скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС на БДД, необходимо учитывать данные факторы при оценке БДД методом итогового коэффициента аварийности.

Рекомендуется внести изменения в нормативно техническую документацию по проектированию и эксплуатации автомобильных дорог, а именно, предусмотреть оценку проектов дорог методикой итогового коэффициента аварийности с учетом коэффициентов, учитывающих состав транспортного потока и вариационный размах скоростей между обгоняемым и обгоняющим ТС.

Литература

1. Абрамова Л. С., Ширин В. В., Птица Г. Г. Анализ методов определения показателей безопасности дорожного движения // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2015. – № 69. – С. 118–123. EDN: VBYGLV.

2. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города / А. Н. Новиков [и др.] // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – 2 (85). – С. 222–231, <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231> EDN: OZFVPR.
3. Бакланова К. В., Воеводин Е. С. Анализ статистики ДТП на федеральных дорогах Красноярского края // Борисовские чтения: материалы Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 100-летию юбилею первого ректора Политехнического института В.Н. Борисова, Красноярск, 17–19 октября 2017 г. – Красноярск. – 2017. – С. 97–100. EDN: CESXHD.
4. Близначенко С. С., Крапивина Е. А., Овеченко А. Р. Совершенствование метода коэффициентов аварийности // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Омск, 26–27 апреля 2012 г. – Омск. – 2012. – С. 43–48. EDN: YKLIAL.
5. Гржибовский А. М., Иванов С. И., Горбатова М. А. Однофакторный линейный регрессионный анализ с использованием программного обеспечения STATISTICA и SPSS // Наука и Здравоохранение. – 2017. – № 2 – С. 5–33. EDN: YPMLPR.
6. Джурук Д. С. Методика оценки и прогнозирования числа ДТП на загородных двухполосных автодорогах // Мир транспорта и технологических машин. 2018. – № 4. – С. 69–75. EDN: YSULNB.
7. Добромиров В. Н., Евтюков С. С., Куракина Е. В. Совершенствование методов оценки безопасности дорожного движения на скоростных автомобильных дорогах // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 1 (56). – С. 94–100. EDN: YHWVHD.
8. Евтюков С. С., Голов Е. В. Аудит безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах регионального значения в Ленинградской области // Транспорт Урала. – 2017. – № 2 (53). – С. 85–89, <https://doi.org/10.20291/1815-9400-2017-2-85-89> EDN: YUNJAN.
9. Исследование интенсивности транспортного потока на Р255 и Р257 на территории Красноярского края / К. В. Пулянова [и др.] // Сборник статей XII Международной научно-практической конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса» – 2018 – С. 71–74.
10. Парсаев Е. В., Рябоконь Ю. А., Тетерина И. А. Повышение безопасности дорожного движения на федеральных дорогах Омской области // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: сборник материалов II национальной научно-практической конференции, Омск, 18–19 апреля 2019 г. – Омск. – 2019. – С. 294–299. EDN: UEISMK.
11. Совершенствование метода коэффициентов аварийности для междугородней сети / Е. С. Воеводин [и др.] // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 110-й Междунар. научн.-техн. конф. ТОМ I (Иркутск, 2–4 июня 2021 г.). – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2021. – С. 246–252.
12. Чванов В. В. Метод оценки качественных состояний безопасности дорожного движения и область его применения // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2010. – № 2(53). – С. 11–16. EDN: MLIGCF.
13. Ярмолинский А. И., Пугачев И. Н., Шешера Н. Г. Совершенствование методики оценки аварийности автомобильных дорог по степени обеспечения безопасности движения в городских условиях // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2016. – № 3(42). – С. 33–42. EDN: WYMQRN.
14. Chunyang Han Helai, Huang Jaeyoung, Lee Jie Wang (2018) Investigating varying effect of road-level factors on crash frequency across regions: A Bayesian hierarchical random parameter modeling approach, *Analytic Methods in Accident Research*. Vol. 20, pp. 81–91, <https://doi.org/10.1016/j.amar.2018.10.002>.
15. Johnsson C., Laureshyn A., De Ceunynck T. (2018) In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: a review of surrogate safety indicators, *Transport Reviews*. Vol. 38. Is. 6 pp. 765–785, <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1442888>.
16. Lai Zheng, Tarek Sayed, Fred Mannering (2021) Modeling traffic conflicts for use in road safety analysis: A review of analytic methods and future directions, *Analytic Methods in Accident Research*. Vol. 29, 100142, <https://doi.org/10.1016/j.amar.2020.100142>
17. Pulyanova K. V. et al. (2019) Analysis of road safety assessment methods, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 632, 12015, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/632/1/012015>.
18. Vaiana Rosolino, et al (2014) Road Safety Performance Assessment: A New Road Network Risk Index for Info Mobility // *Procedia – Social and Behavioral Sciences* Vol. 111. pp. 624–633, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.096>.

References

1. Abramova, L. S., Shirin, V. V. (2015) [Bird Analysis of methods for determining indicators of road safety]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta* [Bulletin of the Kharkov National Automobile and Road University]. Vol. 69, pp. 118–123. (In Russ.).
2. Novikov, A. N. (2021) [Analysis of existing methods for assessing the probability of occurrence of an

accident on sections of the street and road network of the city] / A. N. Novikov [et al.] *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Vestnik grazhdanskikh inzhenerov]. Vol. 2 (85), pp. 222–231, <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231> (In Russ.).

3. Baklanova, K. V., Voevodin, E. S. (2017) [Analysis of traffic accident statistics on the federal roads of the Krasnoyarsk Territory]. *Borisovskiye chteniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letnemu yubileyu pervogo rektora Politekhnikeskogo instituta V. N. Borisova, Krasnoyarsk, 17–19 oktyabrya 2017 g* [Borisov readings: materials of the All-Russian scientific and technical conference dedicated to the 100th anniversary of the first rector of the Polytechnic Institute V. N. Borisov, Krasnoyarsk, October 17–19]. Krasnoyarsk, pp. 97–100. (In Russ.).

4. Bliznichenko, S. S., Krapivina, E. A., Ovetchenko, A. R. (2012) [Improving the method of accident rates]. *Razvitiye dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noy infrastruktury na osnove ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiyem), Omsk, 26–27 aprelya* [Development of the road transport complex and construction infrastructure based on rational environmental management: materials of the VII All-Russian scientific and practical conference (with international participation), Omsk, April 26–27]. Omsk, pp. 43–48. (In Russ.).

5. Grzhibovsky, A. M., Ivanov, S. I., Gorbatova, M. A. (2017) [Single-factor linear regression analysis using STATISTICA and SPSS software]. *Nauka i Zdravookhraneniye* [Science and Healthcare]. Vol. 2, pp. 5–33. (In Russ.).

6. Dzhuruk, D. S. (2018) [Methods for estimating and predicting the number of accidents on suburban two-lane highways]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [The world of transport and technological machines]. Vol. 4, pp. 69–75. (In Russ.).

7. Dobromirov, V. N., Evtyukov, S. S., Kurakina, E. V. (2017) [Improving the methods for assessing road safety on high-speed highways]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of Transport and Technological Machines]. Vol. 1 (56), pp. 94–100. (In Russ.).

8. Evtyukov, S. S., Golov, E. V. (2017) [Audit of road safety on regional roads in the Leningrad region]. *Ural transport* [Transport of the Urals]. Vol. 2 (53), pp. 85–89, <https://doi.org/10.20291/1815-9400-2017-2-85-89> (In Russ.).

9. Pulyanov, K. P. (2018) [Study of the intensity of the traffic flow on P255 and P257 in the territory of the Krasnoyarsk Territory]. *Sbornik statey XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivnyye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa»* [Collection of articles of the XII International Scientific and Practical Conference “Perspective directions for the development of the motor transport complex”], pp. 71–74. (In Russ.).

10. Parsaev, E. V., Ryabokon, Yu. A., Teterina, I. A. (2019) [Improving road safety on the federal roads of the Omsk region]. *Obrazovaniye. Transport. Innovatsii. Stroitel'stvo: sbornik materialov II natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Omsk, 18–19 aprelya 2019 g* [Education. Transport. Innovation. Construction: collection of materials of the II National Scientific and Practical Conference, Omsk, April 18–19]. Omsk, pp. 294–299. (In Russ.).

11. Voevodina, E. S. (2021) [Improvement of the accident rate method for the long-distance network]. *Bezopasnost' kolosnykh transportnykh sredstv v usloviyakh ekspluatatsii: materialy 110-y Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. TOM I (Irkutsk, 2–4 iyunya 2021 g.)* [Safety of wheeled vehicles under operating conditions: materials of the 110th Intern. scientific-technical conf. VOLUME I (Irkutsk, June 2–4, 2021)]. Irkutsk: Publishing House of IRNITU, pp. 246–252. (In Russ.).

12. Chvanov, V. V. (2010) [Method for assessing the qualitative conditions of road safety and its scope]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli* [Science and technology in the road industry]. Vol. 2 (53), pp. 11–16. (In Russ.).

13. Yarmolinsky, A. I., Pugachev, I. N., Sheshera, N. G. (2016) [Improving the methodology for assessing the accident rate of highways according to the degree of traffic safety in urban conditions]. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Pacific State University]. Vol. 3 (42), pp. 33–42.

14. Johnsson, C., A. Laureshyn, T. De Ceunynck (2018) In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: a review of surrogate safety indicators, *Transport Reviews*. Vol. 38, Is. 6, pp. 765–785, <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1442888> (In Eng.).

15. Lai Zheng, Tarek Sayed, Fred Mannering (2021) Modeling traffic conflicts for use in road safety analysis: A review of analytic methods and future directions. *Analytic Methods in Accident Research*. Vol. 29, 100142. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2020.100142> (In Eng.).

16. Lai Zheng, Tarek Sayed, Fred Mannering (2021) Modeling traffic conflicts for use in road safety analysis: A review of analytic methods and future directions. *Analytic Methods in Accident Research*. Vol. 29, 100142, <https://doi.org/10.1016/j.amar.2020.100142> (In Eng.).

17. Pulyanova, K. V. et al. (2019) Analysis of road safety assessment methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 632, 12015, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/632/1/012015> (In Eng.).

18. Vaiana Rosolino, et al (2014) Road Safety Performance Assessment: A New *Road Network Risk Index for Info Mobility*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol. 111. pp. 624–633, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.096> (In Eng.).

Информация об авторе:

Кристина Вячеславовна Бакланова, старший преподаватель кафедры транспорта, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Scopus Author ID: 57222128259

e-mail: pulkristina@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 01.12.2022; принята в печать: 23.03.2023.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Kristina Vyacheslavovna Baklanova, Senior Lecturer of the Department of Transport, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Scopus Author ID: 57222128259

e-mail: pulkristina@yandex.ru

The paper was submitted: 01.12.2022.

Accepted for publication: 23.03.2023.

The author has read and approved the final manuscript.