

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЧАСТОТНЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

И. Н. Якунин¹

АО «Биотехальянс», Москва, Россия

¹ e-mail: Yakunin21@yandex.ru

А. Ф. Фаттахова², Е. В. Якунина³, О. И. Шаповалова⁴

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

² e-mail: alm-fed@mail.ru

³ e-mail: L311285@yandex.ru

⁴ e-mail: olga76.shapovalova@yandex.ru

Аннотация. В жаркое время года отмечается положительная связь между количеством аварий, приходящихся на тысячу зарегистрированных транспортных средств, и температурой воздуха, в связи с тем, что высокие температуры и солнечная активность способны оказывать значительное негативное влияние на состояние водителей. Как правило, созданию аварийной обстановки предшествует нарушение правил дорожного движения. Поэтому выявление вида и количества совершаемых водителями нарушений при высоких температурах окружающей среды является актуальным.

Цель работы – оценка влияния высоких температур окружающей среды на структуру и частоту нарушений правил дорожного движения.

В статье на основании литературного обзора констатируется, что в настоящее время отсутствует методика оценки влияния высоких температур окружающей среды на характеристики нарушений правил дорожного движения.

В качестве информационной платформы использованы данные системы «Wialon – GPS/Глонасс», позволяющие объективно оценить характеристики по параметрам активности вождения и количества нарушений правил дорожного движения. В работе использованы методы математической статистики.

Основным результатом работы, составляющим научную новизну исследования, является выявленная возрастающая зависимость общего количества нарушений правил дорожного движения от среднемесячной температуры окружающей среды. Определена структура таких нарушений. Наиболее значимыми, исходя из влияния на аварийность, нарушениями являются: превышение скоростного режима и резкие и опасные совершаемые маневры. Установлено, что общее количество нарушений правил увеличивается в периоды с высокими температурами окружающей среды на 94% по сравнению с месяцами с умеренной температурой. Наибольшее количество нарушений состоит в превышении скоростного режима движения – 97,8% в их общем количестве.

Практическое значение работы состоит в получении объективной информации об аварийности в условиях высоких температур окружающего воздуха, на базе которой появляется возможность разработки мер организационного и технологического плана, направленных на повышение безопасности дорожного движения.

Направления дальнейших исследований связаны с созданием информационной платформы для теоретического и методического инструментария, направленного на предотвращение повышенной аварийности автомобильного транспорта в летний период при высоких температурах воздуха.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, окружающая среда, безопасность дорожного движения, температура окружающей среды, скоростной режим, нарушение правил дорожного движения.

Для цитирования: Якунин И. Н., Фаттахова А. Ф., Якунина Е. В., Шаповалова О. И. Оценка влияния высоких температур окружающей среды на частотные и структурные характеристики нарушений правил дорожного движения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 2. – С. 115–126, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-115>.

ASSESSING THE IMPACT OF HIGH ENVIRONMENTAL TEMPERATURES ON THE FREQUENCY AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF VIOLATIONS OF TRAFFIC RULES

I. N. Yakunin¹

JSC «Biotechalliance», Moscow, Russia

¹ e-mail: Yakunin21@yandex.ru

A. F. Fattakhova², E. V. Yakunina³, O. I. Shapovalova⁴

Orenburg State University, Orenburg, Russia

² e-mail: alm-fed@mail.ru

³ e-mail: L311285@yandex.ru

⁴ e-mail: olga76.shapovalova@yandex.ru

Abstract. *In the hot season, there is a positive relationship between the number of accidents per thousand registered vehicles and air temperature, due to the fact that high temperatures and solar activity can have a significant negative impact on the condition of drivers. As a rule, the creation of an emergency is preceded by a violation of traffic rules. Therefore, the identification of the type and number of violations committed by drivers at high ambient temperatures is relevant.*

The purpose of the work is to assess the impact of high ambient temperatures on the structure and frequency of traffic violations.

Based on a literature review, the article states that at present there is no methodology for assessing the impact of high ambient temperatures on the characteristics of traffic violations.

As an information platform, data from the Wialon - GPS/Glonass system are used, which allow you to objectively assess the characteristics of driving activity and the number of traffic violations. The work uses methods of mathematical statistics.

The main result of the work, which constitutes the scientific novelty of the study, is the revealed increasing dependence of the total number of traffic violations on the average monthly ambient temperature. The structure of such violations is determined. The most significant, based on the impact on the accident rate, violations are: exceeding the speed limit and abrupt and dangerous maneuvers. It has been found that the total number of violations of the rules increases during periods with high ambient temperatures by 94% compared to months with moderate temperatures. The largest number of violations consists in exceeding the speed limit - 97.8% of their total number.

The practical significance of the work consists in obtaining objective information about accidents at high ambient temperatures, on the basis of which it becomes possible to develop organizational and technological measures aimed at improving road safety.

The areas of further research are related to the creation of an information platform for theoretical and methodological tools aimed at preventing high accidents of road transport in the hot season.

Key words: *road transport, environment, road safety, ambient temperature, speed limit, violation of traffic rules.*

Cite as: Yakunin, I. N., Fattakhova, A. F., Yakunina, E. V., Shapovalova, O. I. (2022) [Assessing the impact of high environmental temperatures on the frequency and structural characteristics of violations of traffic rules]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 2, pp. 115–126, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-115>.

Введение

Рост количества транспортных средств за последние два десятилетия поставил ряд важных задач перед научной общественностью и транспортными компаниями. Так, в наши дни как никогда, стала актуальной задача сокращения сроков доставки грузов и пассажиров, что, в немалой степени, определяется как наличием и состоянием инфраструктуры, так и надёжностью субъектов транспортного процесса. Увеличение транспортного потока усилило и сделало весьма злободневной тему безопасности дорожного движения (БДД) и коснулось всех её

участников. Дорожно-транспортные происшествия не только влияют на пропускную способность дорог, но и уносят здоровье и жизни людей. Поэтому важно знать истинные причины дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

В работе [7] показано, что, за последние годы, в зимний период, чаще всего, аварии происходят на свободных ото льда (сухих и влажных) асфальтобетонных покрытиях. Доля ДТП на обледенелой дороге при этом составляет менее 2%. Очевидно, это происходит из-за высокой степени осторожности участников дорожного движения. Вместе с тем,

большинству ДТП соответствует слабая освещённость дорог, недостаточная видимость или отсутствие дорожной разметки или знаков. Авторы работы приходят к выводу о том, что ключевую роль в создании аварийной ситуации играет человеческий фактор, но неблагоприятная обстановка способна значительно усиливать последствия неверно принятых решений. Очевидно, что для снижения аварийности необходимо проводить работу как по повышению надёжности водителей, так и по улучшению дорожной обстановки. Однако для эффективной работы с водителями необходимо знать истинные причины роста происшествий, а также инструменты влияния на компенсацию этих причин.

Среди прочих причин увеличения аварийности известен факт сезонного увеличения числа ДТП в весенне-летний период [9]. В весенний период количество ДТП резко возрастает и находится на более высоком, по сравнению с зимним периодом, уровне. При этом установлена прямая связь между количеством ДТП, приходящихся на тысячу единиц ТС, и температурой окружающей среды.

Данный факт говорит о влиянии состояния окружающей среды на надёжность водителя, которая напрямую влияет на аварийность. Уменьшение надёжности водителя может происходить как по субъективным, так и по объективным причинам. К первым можно отнести, например, снижение внимания или увеличение времени реакции в результате неблагоприятного микроклимата в салоне автомобиля. Неверно принятые решения могут быть приняты в результате неверной оценки обстановки, из-за недостаточного опыта водителя и т.д.

Вывод о ключевом влиянии человеческого фактора на сезонный прирост аварийности усиливается выводами, сделанными в ряде работ [1, 4–6, 11, 13], где экспериментальным методом доказано увеличение тормозного пути при повышении температуры выше 24 °С и росте интенсивности солнечной радиации.

Определено, что наиболее оптимальная температура в салоне транспортного средства находится в пределах от 20 до 22 °С. При её повышении до 27 °С риск ДТП увеличивается в 1,6 раза [3]. Дальнейший рост температуры приводит к резкому увеличению количества совершаемых ошибок [2, 14]. В обзоре [10] обобщены результаты исследований, посвящённых тепловому комфорту в кабине автомобиля.

Работы [15, 17–21] посвящены моделированию тепловых полей в кабине водителя в разных условиях движения и состояний окружающей среды. В статьях [12, 17] приведены результаты численного моделирования тепловых процессов и климатических условий в салоне автомобиля с целью определения потоков тепла, способствующих созданию комфортной обстановки. Моделирование дополне-

но экспериментом с использованием манекена, состоящего из 24 частей с термодатчиками. Основная цель работы заключалась в оценке различных стратегий вентиляции салона для повышения теплового комфорта внутри транспортных средств. Статьи [16, 21, 22] посвящены разработке моделей для прогнозирования локального теплового ощущения и локального комфорта различных частей человеческого тела.

Для эффективного снижения зависимости «аварийность-температура» важно определить как коренные причины этого проявления, так и непосредственные действия водителей, приводящие к созданию аварийной обстановки на дороге. Первопричинами данной ситуации могут быть как снижение уровня комфорта в салоне автомобиля, так и неверная оценка водителем окружающей обстановки в неблагоприятных условиях. Исследованию непосредственных причин роста аварийности в летнее время посвящена статья [8]. С помощью экспертного метода удалось установить четыре основные причины роста аварий в условиях высоких температур, это – увеличение количества неверно принятых решений, времени реакции, интенсивности маневрирования и скорости. Как видно, три из четырёх основных причин прироста аварийности являются следствием неверной оценки окружающей обстановки, и только одна – возможным снижением уровня комфорта и самочувствия водителя. Авторами установлено, что степень влияния и частота проявления каждого из факторов различается в зависимости от действия высоких температур, солнечной радиации, снижающей уровень комфорта и приводящей к солнечному ослеплению, а также их совместного воздействия, при использовании автомобилей с различными климатическими установками.

Таким образом, борьба с увеличением аварийности в летнее время может быть эффективна в том случае, если будут известны виды нарушений, связанных с ним, а также их связь с окружающей обстановкой. Это позволит строить прогноз роста ДТП и, через влияние на их причины, своевременно предпринять соответствующие меры.

Исходя из этого, **целью** данной работы являлась оценка влияния высоких температур окружающей среды на структуру и частоту нарушений правил дорожного движения.

Полученная информация в дальнейшем будет использована для разработки мероприятий по повышению безопасности дорожного движения в условиях высоких температур.

Методы

Для определения манеры вождения и количества нарушений водителями в разные сезоны использовалась система «Wialon – GPS/Глонасс», позво-

ляющая отслеживать координаты, перемещение, скоростной режим, количество нарушений скоростного режима, резких ускорений, торможений и поворотов транспортных средств, а также некоторые другие параметры, которые не представляли ин-

терес в рамках данного исследования. Программа «Wialon – GPS/Глонасс» позволяет производить выгрузку графика активности вождения. Пример графика показан на рисунке 1.

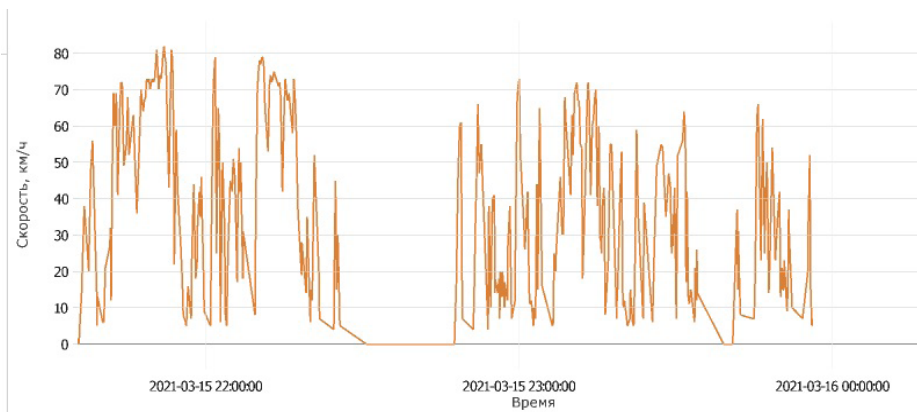


Рисунок 1. Пример графика активности вождения. Выгрузка из системы «Wialon – GPS/Глонасс»
 Источник: разработано авторами

Данная система была использована для наблюдения активности вождения 20 автомобилей Skoda, используемых в коммерческой службе такси, в период с апреля по октябрь 2021 года. Информация об активности вождения сопоставлялась с данными архива метеорологического состояния окружающей среды соответствующего периода.

Результаты исследования

Известно, что наступление весенне-летнего периода сопровождается увеличением количества участников дорожного движения. Уплотнение трафика даёт прирост напряжённости на дороге, а за ним – увеличение количества ДТП, что подтверждается официальной статистикой ГИБДД. В связи с этим, можно предположить, что колебания погодных условий, а вместе с ними, и дорожных условий, оказывают влияние на количество транспортных средств на дороге, что, частично или полностью, может объяснить ранее обнаруженную возраста-

ющую зависимость аварийности от температуры окружающей среды как при смене времён года, так и внутри сезона.

В случае верности высказанного утверждения статистический анализ параметров вождения автомобилей, в том числе и такси, с ростом температуры окружающей среды, должен обнаруживать либо увеличение количества поездок, либо увеличение среднего пробега за одну поездку, либо увеличение среднего времени в пути для одной поездки, либо любую комбинацию высказанных выше событий, что соответствовало бы увеличению трафика на дорогах.

Учитывая, что верхним пределом комфортной температуры для человека принято считать +24 °С, нами был введён критерий дней с низкой и высокой температурой. К первому типу были отнесены дни со среднесуточной температурой, не превышающей +24 °С, ко второму – с температурой выше +24 °С.

Проведя статистический анализ 6292 поездок, мы получили следующие данные:

$$\langle L_H \rangle = 26,3 \text{ км}; \quad (1a)$$

$$\langle L_B \rangle = 26,6 \text{ км}; \quad (1б)$$

$$\langle t_H \rangle = 45,8 \text{ мин.}; \quad (2a)$$

$$\langle t_B \rangle = 44,4 \text{ мин.}, \quad (2б)$$

где

$\langle L_H \rangle$, $\langle t_H \rangle$ – соответственно, средняя дальность и среднее время поездок в дни, среднесуточная температура которых не превышает +24 °С;

$\langle L_B \rangle$, $\langle t_B \rangle$ – соответственно, средняя дальность и среднее время поездок в дни, среднесуточная

температура которых превышает +24 °С.

Из полученных данных (1a) и (1б) видно, что погодные условия не оказывают влияния на среднюю дальность поездок. Сравнение данных (2a) и (2б) приводит к такому же выводу относительно длительности поездок. Также анализ полученных

данных показывает, что коэффициент корреляции между количеством поездок в месяце и количеством дней со среднесуточной температурой, превышающей уровень $+24^{\circ}\text{C}$, равен 0,19. Среднее время ожидания заказа также не зависит от погоды и составляет около 1,5 часов, что исключает возможный «переход» части увеличившихся запросов на перевозку в пользу альтернативных перевозчиков.

Таким образом, можно утверждать, что средняя дальность, средняя продолжительность поездок, равно как и количество поездок, не зависят от погодных условий в период с апреля по октябрь, что

позволяет исключить увеличение количества транспортных средств на дорогах из числа причин возрастающей зависимости числа ДТП от высокой температуры окружающей среды.

В таблице 1 показано распределение среднемесячной температуры, общего числа нарушений, превышения скорости и опасных маневров, происходящих в среднем на одно транспортное средство в течение месяца. Под опасными маневрами подразумеваются: резкие и опасные повороты, торможения и ускорения.

Таблица 1. Распределение среднемесячной температуры и удельного количества нарушений, приходящихся на одно транспортное средство

Месяц	Среднемесячная температура	Удельное количество нарушений, приходящихся на одно транспортное средство		
		общее	превышений скорости	опасных маневров
Апрель	7,7	88,0	86,8	1,2
Май	19,9	111,7	110,3	1,4
Июнь	23,9	147,0	145,8	1,2
Июль	23,7	171,1	164,3	6,8
Август	24,7	149,0	145,7	3,3
Сентябрь	12,3	113,9	109,3	4,6
Октябрь	6,4	106,6	105,5	1,1

Источник: разработано авторами

Из таблицы 1 видно, что большая часть нарушений связана с превышением скорости. Их количество в большинстве месяцев на два порядка превосходит сумму всех остальных нарушений и опасных маневров. Месяц май, сопровождающийся приростом средней температуры с 7,7 до 19,9 $^{\circ}\text{C}$, характеризуется увеличением общего количества нарушений и опасных маневров на 27%. Увеличение средней температуры на 4 $^{\circ}\text{C}$ способствует дальнейшему приросту нарушений ПДД, которое по отношению к апрельским показателям составляет 67%. Пик нарушений правил дорожного движения приходится на июль и даёт прирост 94,5% по сравнению с фоновым значением апреля. В августе среднемесячная температура превышает среднюю температуру июля на 1 $^{\circ}\text{C}$, а удельное число нарушений при этом снижается на 25,2%. Возможно, это связано с частичной адаптацией и переоценкой дорожной ситуации водителями. Снижение температуры на 12,4 $^{\circ}\text{C}$, происходящее в сентябре, приводит к снижению нарушений ПДД. При этом прирост аварийности на фоне апрельских показателей убывает на 39,9% и составляет 29,4%.

Тепловой режим в октябре близок к апрельскому, и переход от жаркой летней погоды обратно к прохладной снижает количество нарушений ПДД. Однако, несмотря на это, правила дорожного дви-

жения в октябре нарушаются чаще, чем в апреле, на 21%. Вероятно, это вызвано инерционными процессами адаптации к предшествующему погодному периоду.

Удельное количество нарушений установленного скоростного режима повторяет общую картину суммарных нарушений и опасных маневров. Начиная с апреля, нарастание температуры окружающей среды даёт прирост нарушений скоростного режима. Максимальное количество нарушений также приходится на июль и достигает 88,9%, после чего также наблюдается снижение числа нарушений. При схожих погодных условиях апреля и октября последний характеризуется большим количеством превышений скорости на 21,5%.

Временная динамика опасных маневров, в которые входят резкие и опасные повороты, резкие и опасные торможения, а также резкие и опасные ускорения, отличается от общей динамики нарушений и создания опасных ситуаций. В апреле, мае и июне, несмотря на повышение среднемесячной температуры с 7,7 до 23,9 $^{\circ}\text{C}$, значительного прироста опасных маневров не происходит. В июле наблюдается увеличение числа опасных маневров в 5,6 раз, колеблясь с июля по сентябрь в пределах от 3,3 до 6,8 единиц. В октябре количество резких маневров равно минимальному уровню в апреле.

Несмотря на малую долю резких маневров, их необходимо учитывать в связи с их возможным высоким влиянием на аварийную обстановку на дороге.

Таким образом, переход от весенней погоды к жаркому летнему периоду характеризуется значительным увеличением количества нарушений ПДД и опасных маневров. Смена высоких температур на умеренные даёт обратный эффект.

Для прогнозирования аварийной обстановки

и нарушений ПДД на дорогах необходимо определить количественную зависимость этих параметров от температуры окружающей среды.

На рисунке 2 изображены точки пространства «ежемесячная температура – количество нарушений и опасных маневров», каждая из которых соответствует определённому месяцу периода с апреля по октябрь, а также линия тренда, соответствующая данной зависимости.

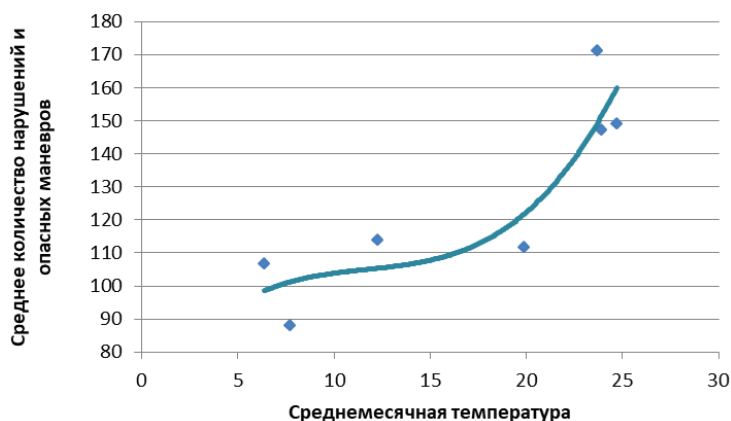


Рисунок 2. Зависимость среднего количества нарушений ПДД и опасных маневров, приходящихся на один автомобиль, от среднемесячной температуры

Источник: разработано авторами

Из рисунка видно, что зависимость суммарного количества нарушений и опасных маневров от температуры носит возрастающий характер. При этом с увеличением температуры количество ДТП может

возрастать почти в два раза – с 88 до 171 события. Экспериментальным данным соответствует линия тренда, подчиняющаяся кубическому уравнению:

$$N = 0,02 \cdot t^3 + 0,75 \cdot t^2 + 9,4 \cdot t + 63,5, \quad (3)$$

где

N – общее среднее число нарушений и опасных маневров, приходящихся на один автомобиль;
 t – среднемесячная температура, °C.

Достоверность аппроксимации при этом равна $R^2 = 0,8$.

При увеличении средней температуры от 7 до 17 °C происходит плавное увеличение количества нарушений и маневров. Дальнейший рост температуры воздуха ведет к более резкому увеличению количества совершаемых ошибок, максимальное значение которых наблюдается при 25 °C.

Учитывая, что наиболее частым нарушением ПДД является превышение скорости, целесообразно определить зависимость частоты нарушения скоростного режима от температуры окружающей среды. На рисунке 3 показана зависимость частоты превышения скорости в диапазонах: от 20 до 40 (N_{20-40}), от 40 до 60 (N_{40-60}) и на величину более 60 (N_{60}) км/ч, от среднемесячной температуры.

При любой температуре чаще всего происходит превышение скорости на 20–40 км/ч. Частота этого нарушения N_{20-40} всегда превосходит частоту превышений скорости на 40–60 км/ч N_{40-60} , которая, в свою очередь, при любой температуре, превосходит частоту превышений скоростного режима более чем на 60 км/ч N_{60} .

Частота превышения скорости на 20–40 км/ч N_{20-40} описывается монотонно возрастающей линейной функцией:

$$N_{20-40} = 1,16 \cdot t + 45,5 \quad (4)$$

с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,75$ и изменяется с ростом температуры в 1,5 раза от 52,1 до 77,8 случаев, приходящихся, в среднем, на один автомобиль в месяц. По временной шкале наименьшие значения N_{20-40} соответствуют апрелю и октябрю, а наибольшие – июню, июлю и августу. Точки, соответствующие маю и сентябрю, занимают промежуточные положения.

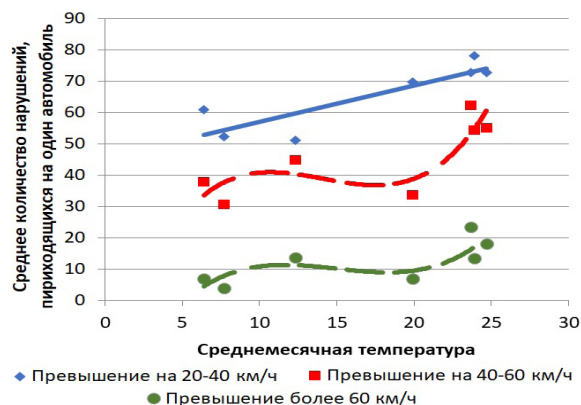


Рисунок 3. Зависимость количества превышений скорости за месяц, приходящихся в среднем на один автомобиль, от среднемесячной температуры

Источник: разработано авторами

Вторым видом по частоте совершений является превышение скорости в диапазоне от 40 до 60 км/ч. Несмотря на более редкие случаи, данный вид нарушений не менее значим по сравнению с предыдущим в силу возможной более высокой тяжести последствий данного нарушения.

Количество случаев превышения скоростного режима на величину от 40 до 60 км/ч, приходящихся на одно транспортное средство, N_{40-60} изменяется с ростом температуры согласно полиномиальной зависимости третьей степени с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,77$:

$$N_{40-60} = 0,025 \cdot t^3 - t^2 + 14 \cdot t - 19. \quad (5)$$

Данная зависимость имеет немонотонный характер с максимумом при $t \approx 11$ °C и с минимумом при $t \approx 16$ °C. Области максимума и минимума соответствуют средним значениям температур, проявляющимся в мае и сентябре. При переходе от прохладной погоды к жаркой количество потенциально опасных нарушений N_{40-60} может увеличиваться

в два раза, что усугубляет аварийность на дорогах.

Количество имеющих меньший статистический вес, но гипотетически более опасных как для самих водителей, так и для окружающих, превышения N_{60} также имеют полиномиальную зависимость от температуры окружающей среды t :

$$N_{60} = 0,016 \cdot t^3 - 0,74 \cdot t^2 + 10,5 \cdot t - 36,6. \quad (6)$$

При этом достоверность аппроксимации равна $R^2 = 0,75$. Из сравнения формул (5) и (6) виден схожий характер функций $N_{40-60}(t)$ и $N_{60}(t)$. Однако последняя из них характеризуется меньшими коэффициентами, что говорит о более плавном её изменении. Зависимость $N_{60}(t)$ также обладает максимумом при $t \approx 11$ °C и минимумом при $t \approx 16$ °C. В процентном отношении функция $N_{60}(t)$ испытывает более сильные колебания. Так, при схожих погодных условиях мая и сентября, количество превышений скорости на 60 км/ч и более осенью в два раза больше, чем весной. Как и в остальных случаях, наименьшее число нарушений наблюдается в апреле и октябре, составляя, в среднем соответственно 4 и 7 нарушений на один автомобиль. В мае и сентябре эти показатели равны 7 и 14 случаев, а 13,5 до 23 случаев на каждый автомобиль, что на порядок превосходит количество аналогичных случаев в апреле.

Таким образом, переход от умеренного темпера-

турного режима к диапазону высоких температур приводит к увеличению числа нарушений скоростного режима.

Однако аварийные ситуации на дорогах возникают не только в результате превышения скорости, но и в результате резких маневров, реализации неверно принятых решений и т.д. На рисунке 4 показано распределение числа резких маневров N_m , включающих резкие и опасные повороты, резкие и опасные торможения, резкие и опасные ускорения по среднемесячной температуре t .

Вклад разных видов резких маневров в общую сумму носит следующее распределение: резкие и опасные повороты – 87,5%, резкие и опасные ускорения – 11%, резкое и опасное торможение – 1,5%. Очевидно, общая зависимость резких маневров определяется, в основном, резкими и опасными поворотами. Исходя из полученных нами данных, сложно найти непрерывную функцию, адекватно описывающую зависимость резких маневров от

температуры окружающей среды. Однако данная задача значительно облегчается, если разделить период с апреля по октябрь на два: с апреля по июнь и с июля по октябрь. Первый интервал ха-

рактеризуется слабой зависимостью количества совершаемых резких маневров N_{a-u} от температуры t , характеризуясь уравнением:

$$N_{a-u} = 0,014 \cdot t + 1 \quad (7)$$

с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,83$. При переходе от июня к июлю происходит резкий скачок в количестве резких маневров более, чем в 4 раза – от 1,6 до 6,75 в среднем на автомобиль. Возможно, это резкое изменение вызвано пиковым значением превышения скорости транспортными средствами в июле, а резкие маневры вызваны, в том числе, уходом от столкновений в результате увеличения аварийной напряжённости на дорогах. Уменьшение напряжённости на дороге при переходе от июля к августу снижает и число резких

маневров в 2 раза – с 6,75 до 3,3 случаев на автомобиль. Однако начало учебного года увеличивает количество резких маневров в 1,5 раза – с 3,3 до 4,55 случаев на один автомобиль. Дальнейшее снижение температуры в октябре снижает количество маневров до уровня апреля – месяца с эквивалентным температурным режимом – до 1,15 случаев на один автомобиль за месяц. В целом, за период с июля по октябрь зависимость резких маневров от температуры удовлетворительно описывается функцией:

$$N_{u-o} = -0,04 \cdot t^2 + 1,4 \cdot t - 6,3 \quad (8)$$

при достоверности аппроксимации $R^2 = 0,72$.

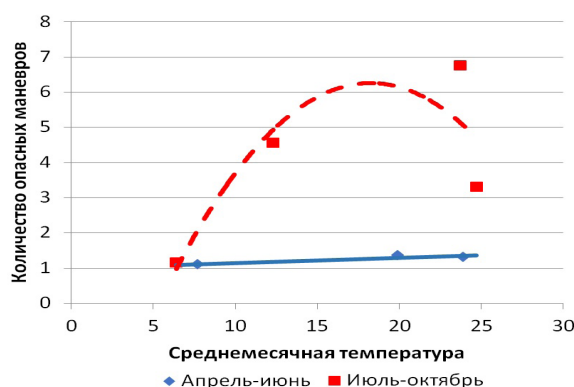


Рисунок 4. Распределение количества опасных маневров в зависимости от среднемесячной температуры в период с апреля по июнь и с июля по октябрь

Источник: разработано авторами

Таким образом, статистика совершения резких маневров указывает на то, что они являются ответной реакцией на изменение степени аварийности на дороге, создаваемой другими участниками дорожного движения, в основном, в результате нарушения скоростного режима, показывая резкий прирост и снижение при изменении напряжённости.

Обсуждение и заключение

Таким образом, решена актуальная научно-практическая задача, основным результатом которой является установление зависимости структуры и частоты нарушений правил дорожного движения от температуры окружающей среды. При этом количество нарушений ПДД может увеличиваться на 94% при максимальной температуре на фоне минимальной за период апрель-октябрь.

Зависимость количества разного вида нарушений от температуры окружающей среды имеет следующие особенности:

1. Большую часть нарушений ПДД – 97,8%, составляют случаи превышения скорости.
2. При любой среднемесячной температуре число случаев превышения скорости на 20–40 км/ч (N_{20-40}) больше количества событий превышений скорости в диапазоне от 40 до 60 км/ч (N_{40-60}), что, в свою очередь, больше числа превышений установленной скорости на величину более 60 км/ч (N_{60}). Зависимость $N_{20-40}(t)$ удовлетворительно описывается линейно возрастающей функцией, а зависимости $N_{40-60}(t)$ и $N_{60}(t)$ – полиномиальной зависимостью третьей степени.
3. Среди резко и опасно совершённых маневров чаще всего встречаются резкие повороты

(87,5%). В период с апреля по июнь количество опасных маневров описывается медленно возрастающей линейной функцией, испытывая значительный скачок в июле. В дальнейший период зависимость количества резких маневров от температуры имеет квадратичный характер.

Приведённые результаты составляют научную новизну исследования.

Практическое значение работы состоит в получении объективной информации о росте аварийно-

сти при высоких температурах окружающей среды, на базе которой появляется возможность разработки мер организационного и технологического плана, направленных на повышение безопасности дорожного движения.

Направления дальнейших исследований связаны с созданием информационной платформы для теоретического и методического инструментария, направленного на предотвращение высокой аварийности автомобильного транспорта в жаркое время года.

Литература

1. Балакина Е. В., Кочетков А. В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием: монография – М.: Инновационное машиностроение. – 2017. – 292 с.
2. Варламов В. А. Что надо знать водителю о себе. – М.: Транспорт, 1990. – 192 с.
3. Жилова И. И. Инфаркт миокарда среди водителей автотранспорта: частота, психосоциальные факторы, особенности клиники, реабилитация и профессиональная работоспособность: дис. ... канд. мед. наук: – Нальчик, 2007. – 149 с.
4. Зотов Н. М., Балакина Е. В., Федин А. П. Определение коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 8. – С. 26–28.
5. Немчинов М. В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей – М.: Транспорт. – 1985. – 231 с.
6. Третьяков О. Б., Гудков В. А., Тарновский В. Н. Трение и износ шин – М.: Химия. – 1992. – 176 с.
7. Шаповалова О. И., Якунин И. Н., Якунина Е. В. Исследование влияния внешней среды на способность водителей к предупреждению ДТП // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник докладов XVI международной научно-практической конференции – Оренбург: ОГУ. – 2021. – С. 503–511.
8. Якунин И. Н. Влияние высоких температур и солнечной радиации на аварийность на автомобильном транспорте в летнее время // Вестник СибАДИ. – 2020. – № 17(6). – С. 704–713. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-6-704-713>.
9. Якунин И. Н., Меньших О. М., Шунгулов Д. М. Исследование влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность автотранспортного процесса // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 7. – С. 138–145.
10. A. Alahmera et al. Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review // Applied thermal engineering. – Vol. 31. – 2011. – pp. 995–1002. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.12.004>.
11. Carlos Canudas-de-Wit. Dynamic Friction Models for Road / Tire Longitudinal Interaction // Vehicle System Dynamics. – Vol. 39 (3). – 2002. – pp. 189–226.
12. Dancă P. et al. Experimental and numerical study of the air distribution inside a car cabin // E3S Web of conferences. – № 85. – 2019. – 02014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198502014>.
13. Balakina E. V. et al. The solution of theoretical and experimental work on the determination of coefficients of the elastic stiffness of the wheel linear and angular coordinates. // Australian Journal of Scientific Research. Ser. B Biological sciences: 2014. – №1 (5), Vol. 4. – pp. 614–624.
14. Eldegwy A., Khalil E. E. Passengers' thermal comfort in private car cabin in hot climate // 2018 Joint Propulsion Conference. – July 2018. – American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). – DOI: 10.2514/6.2018-4613.
15. Fiala D., Lomas K. J., Stohrer M. Computer prediction of human thermoregulatory responses to a wide range of environmental conditions. // Int. J. Biometeorol. – № 45. – 2001. – pp. 143–159.
16. Han T., Huang L.: A Sensitivity Study of Occupant Thermal Comfort in a Cabin Using Virtual Thermal Comfort Engineering. // SAE International. – 2005. – 1509. <http://dx.doi.org/10.4271/2005-01-1509>.
17. Horobet T. et al. Preliminary research on virtual thermal comfort of automobile occupants // E3S Web of Conferences. – № 32. – 2018. – 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183201022>.
18. Khatoun S., Kim M.-H. Thermal comfort in the passenger compartment using a 3-D numerical analysis and comparison with Fanger's comfort models // Energies. – № 13(3). – 2020. – P. 690. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/3/690>.
19. Lorenz M. et al. A Coupled Numerical Model to Predict Heat Transfer and Passenger thermal Comfort in Vehicle Cabins // SAE ConferenceAt: Detroit USA Volume: 2014-01-0664. – 2014. DOI: 10.4271/2014-01-0664.
20. Samrendra Singh, Hesam Abbassi. 1D/3D transient HVAC thermal modeling of an off-highway machinery

cabin using CFD-ANN hybrid method // Applied Thermal Engineering. – Vol. 135. – № 5 – May 2018. – pp. 406–417. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.02.054.

21. Zhang H. et al. Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments // Local sensation of individual body parts. – Part I. – J. Build. Environ. – № 45. – 2010. – pp. 380–388.

22. Zhang H. et al. Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part II: local comfort of individual body parts. – Part I. – J. Build. Environ. – № 45. – 2010. – pp. 389–398.

References

1. Balakina, E. V., Kochetkov, A. V. (2017) *Kojefficient scepnenija shiny s dorozhnym pokrytiem* [Road tyre adhesion factor]. Moscow: Innovative engineering, 292 p.

2. Varlamov, V. A. (1990) *Chto nado znat' voditelju o sebe* [What the driver needs to know about himself]. Moscow: transport, 192 p.

3. Zhilova, I. I. (2007) Infarkt miokarda sredi voditelej avtotransporta: chastota, psihosocial'nye faktory, osobennosti kliniki, reabilitaciya i professional'naya rabotosposobnost' *Dokt.Diss.* [Myocardial infarction among drivers of motor vehicles: frequency, psychosocial factors, clinical features, rehabilitation and professional performance Doc.Diss.]. Nalchik, 149 p. (In Russ.).

4. Zotov, N. M., Balakina, E. V., Fedin, A. P. (2006) [Determination of wheel adhesion factor to support surface]. *Avtomobil'naja promyshlennost'* [Automotive industry]. Vol. 8, pp. 26–28. (In Russ.).

5. Nemchinov, M. V. (1985) *Scepnye kachestva dorozhnyh pokrytij i bezopasnost' dvizheniya avtomobilej* [Road Surface Coupling and Vehicle Safety] Moscow: transport, 231 p.

6. Tretyakov, O. B., Gudkov, V. A., Tarnovsky, V. N. (1992) *Trenie i iznos shin* [Friction and wear of tyres]. Moscow: chemistry, 176 p.

7. Shapovalova, O. I., Yakunin, I. N., Yakunina, E. V. (2021) [Study of the influence of the external environment on the ability of drivers to prevent accidents] *Progressivnye tekhnologii v transportnyh sistemah: materialy XVI mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Advanced technologies in transport systems: proceedings of the XVI International. scientific-practical Conf.] Orenburg: OSU, pp. 503–511. (In Russ.).

8. Yakunin, I. N. (2020) [Influence of high temperatures and solar radiation on accidents on road transport in the summer]. *Vestnik SibADI* [The Russian Automobile and Highway Industry Journal]. Vol. 17(6), pp. 704–713. (In Russ.). <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-6-704-713>.

9. Yakunin, I. N., Men'shih, O. M., Shungulov, D. M. (2019) [Investigation of the impact of high ambient temperature on road safety]. *Intellekt. Innovacii. Investicii.* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 7, pp. 138–145. (In Russ.).

10. A. Alahmera, et al. Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review. Applied thermal engineering. Vol. 31, pp. 995–1002. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.12.004>. (In Eng.).

11. Carlos, Canudas-de-Wit (2002) Dynamic Friction Models for Road. Tire Longitudinal Interaction. *Vehicle System Dynamics*. Vol. 39 (3), pp. 189–226. (In Eng.).

12. Danzo, P. et al. (2019) Experimental and numerical study of the air distribution inside a car cabin. *E3S Web of Conferences*. Vol. 85, 02014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198502014>. (In Eng.).

13. Balakina, E. V. et al. (2014) The solution of theoretical and experimental work on the determination of coefficients of the elastic stiffness of the wheel linear and angular coordinates. *Australian Journal of Scientific Research. Ser. B Biological sciences*. Vol. 1 (5), Vol. 4, pp. 614–624. (In Engl.).

14. Eldegwy, A., Khalil, E. E. (2018) Passengers' thermal comfort in private car cabin in hot climate. Joint Propulsion Conference. *American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA)*. DOI: 10.2514/6.2018-4613. (In Eng.).

15. Fiala, D., Lomas, K. J., Stohrer, M. (2001) Computer prediction of human thermoregulatory responses to a wide range of environmental conditions. *Int. J. Biometeorol.* Vol. 45, pp. 143–159. (In Eng.).

16. Han, T., Huang, L. (2005) A Sensitivity Study of Occupant Thermal Comfort in a Cabin Using Virtual Thermal Comfort Engineering. *SAE International*. 2005-01-1509. <http://dx.doi.org/10.4271/2005-01-1509>. (In Eng.).

17. Horobet, T. et al. (2018) Preliminary research on virtual thermal comfort of automobile occupants. *E3S Web of Conferences*. Vol. 32, 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183201022>. (In Eng.).

18. Khatoun, S., Kim, M.-H. (2020) Thermal comfort in the passenger compartment using a 3-D numerical analysis and comparison with Fanger's comfort models. *Energies*. Vol.13(3), pp. 690. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/3/690>. (In Eng.).

19. Lorenz, M. et al. (2014) A Coupled Numerical Model to Predict Heat Transfer and Passenger thermal Comfort in Vehicle Cabins. *SAE International*. 2014-01-0664. DOI:10.4271/2014-01-0664. (In Eng.).

20. Samrendra Singh, Hesam Abbassi. (2018) 1D/3D transient HVAC thermal modeling of an off-highway

machinery cabin using CFD-ANN hybrid method. *Applied Thermal Engineering*. Vol. 135, № 5, pp. 406–417. DOI:10.1016/j.applthermaleng. 2018.02.054.

21. Zhang, H. et al. (2010) Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part I: local sensation of individual body parts. *J. Build. Environ*. Vol. 45, pp. 380–388. (In Eng.).

22. Zhang, H. et al. (2010) Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part II: local comfort of individual body parts. *J. Buildin. Environ*. Vol. 45, pp. 389–398. (In Eng.).

Информация об авторах:

Иван Николаевич Якунин, ведущий инженер по буровым растворам, АО «Биотехальянс», Москва, Россия

ORCID ID: 0000-0003-4932-5714

e-mail: Yakunin21@yandex.ru

Альмира Файзулловна Фаттахова, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0001-7244-7184

e-mail: alm-fed@mail.ru

Елена Викторовна Якунина, магистрант, направление подготовки 23.04.01 Технология транспортных процессов, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0002-8491-8470

e-mail: L311285@yandex.ru

Ольга Ивановна Шаповалова, магистрант, направление подготовки 23.04.01 Технология транспортных процессов, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0002-2270-2674

e-mail: olga76.shapovalova@yandex.ru

Вклад соавторов:

Якунин И. Н. – постановка задачи и проведение экспериментальной части исследования.

Фаттахова А. Ф. – анализ ранее выполненных работ по тематике исследования.

Якунина Е. В. – статистическая обработка экспериментальных данных и выявление закономерностей.

Шаповалова О. И. – статистическая обработка экспериментальных данных и выявление закономерностей.

Статья поступила в редакцию: 05.12.2021; принята в печать: 09.03.2022.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Ivan Nikolaevich Yakunin, Leading Drilling Fluid Engineer, JSC Biotechalliance, Moscow, Russia

ORCID ID: 0000-0003-4932-5714

e-mail: Yakunin21@yandex.ru

Almira Faizullova Fattakhova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Automobile Transport Department, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000-0001-7244-7184

e-mail: alm-fed@mail.ru

Elena Viktorovna Yakunina, postgraduate student, training program 23.04.01 Technology of transport processes, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000-0002-8491-8470

e-mail: L311285@yandex.ru

Olga Ivanovna Shapovalova, postgraduate student, training program 23.04.01 Technology of transport processes, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0000-0002-2270-2674

e-mail: olga76.shapovalova@yandex.ru

Contribution of the authors:

Yakunin I. N. – statement of the problem and implementation of the experimental part of the study.

Fattakhova A. F. – analysis of previously completed work on the research topic.

Yakunina E. V. – statistical processing of experimental data and identification of patterns.

Shapovalova O. I. – statistical processing of experimental data and identification of patterns.

The paper was submitted: 05.12.2021.

Accepted for publication: 09.03.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.