

УДК 656.13

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-6-704-713>

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА АВАРИЙНОСТЬ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ

И.Н. ЯкунинООО «Сервисный центр СБМ»,
г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В жаркое время года наблюдается положительная связь между количеством аварий, приходящихся на тысячу зарегистрированных транспортных средств, и температурой воздуха. В то же время увеличение температуры и интенсивности солнечной радиации способствует уменьшению тормозного пути автомобилей. Следовательно, вероятной причиной роста количества аварий служит снижение уровня навыков вождения.

Цель работы – определение наиболее весомых причин дорожно-транспортных происшествий в летний период, степени их влияния на аварийность в условиях высокой температуры и солнечной радиации, а также влияние работы климатических установок на увеличение аварийности.

Материалы и методы. С целью выявления причин роста аварий был использован экспертный метод, который заключался в опросе 28 профессиональных водителей со стажем не менее трёх лет.

Для оценки значимости факторов производили ранжирование причин роста аварийности по четырёх-балльной системе, где числу «1» соответствовала наименьшая значимость, а числу «4» – наибольшая. Также нужно было указать прирост неблагоприятного эффекта в процентах в тех или иных условиях по сравнению с комфортными условиями.

Результаты. Выявлено, что основными причинами увеличения количества совершаемых в летнее время года дорожно-транспортных происшествий являются: увеличение скорости движения, увеличение частоты маневрирования транспортных средств, увеличение количества неверно принимаемых решений и увеличение времени реакции водителей.

Непосредственное действие солнечной радиации наравне с действием высоких температур, выходящих за пределы области комфорта, является причиной аварий.

Использование климатических установок приводит к перераспределению значимости среди причин увеличения числа аварий – способствует росту числа дорожно-транспортных происшествий в результате увеличения скорости и частоты маневрирования, одновременно снижая аварийность, происходящую в результате неверно принятых решений и увеличения времени реакции водителей.

Практическое значение. Проведённые исследования дают основу для разработки мер по снижению аварийности на дороге в тёплое время.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автомобильный транспорт, окружающая среда, безопасность, температура, солнечная радиация.

Поступила 10.07.20, принята к публикации 25.12.2020.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. **Конфликт интересов отсутствует.**

Для цитирования: Якунин И.Н. Влияние высоких температур и солнечной радиации на аварийность на автомобильном транспорте в летнее время. *Вестник СибАДИ*. 2020; 17 (6): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-6-704-713>

© Якунин И.Н.

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-6-704-713>

INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURES AND SOLAR RADIATION ON ACCIDENTS ON ROAD TRANSPORT IN THE SUMMER

Ivan N. Yakunin
SBM Service center
Moscow, Russia

ABSTRACT

Introduction. During the hot season, there is a positive relationship between the number of accidents per thousand registered vehicles and the air temperature. At the same time, an increase in the temperature and intensity of solar radiation helps to reduce the braking distance of cars. Consequently, the likely reasons for the increase in the number of accidents is a decrease in the level of driving skills.

The purpose of the work is to determine the most significant causes of road accidents in the summer, the degree of their impact on accidents in conditions of high temperature and solar radiation, as well as the impact of climate installations on the increase in accidents.

Materials and methods. In order to identify the causes of the increase in accidents, an expert method was used, which consisted in a survey of 28 professional drivers with at least three years of experience.

To assess the significance of factors, the reasons for the increase in accidents were ranked according to a four-point system, where the number "1" corresponded to the lowest significance, and the number "4" – the highest. It was also necessary to indicate the increase in the adverse effect as a percentage in certain conditions, compared with comfortable conditions.

Results. It is revealed that the main reasons for the increase in the number of accidents committed in the summer are: an increase in traffic speed, an increase in the frequency of maneuvering vehicles, an increase in the number of incorrect decisions and an increase in the reaction time of drivers.

The direct effect of solar radiation, along with the effect of high temperatures that go beyond the comfort zone, is the cause of accidents.

The use of climate systems leads to redistribution of importance among the reasons for the increase in the number of accidents – increases the number of accidents by increasing the speed and frequency of maneuvering, while reducing the rate of road accidents occurring in bad judgement and increase reaction time of drivers.

Practical importance. The research provides a basis for developing measures to reduce accidents on the road in warm weather.

KEYWORDS: Road transport, environment, safety, temperature, solar radiation.

Submitted 10.07.20, revised 25.12.2020.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Ivan N. Yakunin. Influence of high temperatures and solar radiation on accidents on road transport in the summer. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020; 17 (6): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-6-704-713>

© Yakunin I.N.



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно официальной статистике в летний период увеличивается интенсивность использования транспортных средств (ТС), с ростом температуры воздуха происходит увеличение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП), приходящихся на одну тысячу зарегистрированных ТС. Функция зависимости количества ДТП от температуры является монотонно возрастающей.

В работе [1] исследована зависимость количества ДТП, приходящихся на тысячу единиц ТС, от температуры окружающей среды в летний период в Оренбургской и Липецкой областях. Методика установления закономерностей предусматривала последовательное выполнение следующих этапов:

- определение субъектов РФ, удалённых от летних автомобильных туристских потоков, температура воздуха в которых в летние месяцы составляет не менее +15 °С;

- определение количества автомобилей, дорожно-транспортных происшествий, среднесуточной температуры воздуха в летние месяцы на их территории на протяжении с 2016 по 2018 гг.;

- установление зависимости числа ДТП, приходящихся на одну тысячу автомобилей, зарегистрированных в данных субъектах РФ, от среднесуточной температуры воздуха в летние месяцы на их территории (рисунок 1).

Данные о количестве ДТП и среднесуточной температуре взяты из открытых официальных источников. На приведённых графиках каждой точке соответствует количество ДТП, произошедших в течение одного месяца, на тысячу автомобилей и усреднённая по дням того же периода среднесуточная температура.

Авторы делают вывод о том, что температура окружающей среды оказывает влияние

на безопасность дорожного движения. С увеличением количества дней в летние месяцы с дневной температурой более +25 °С увеличивается количество ДТП, приходящихся на одну тысячу автомобилей, зарегистрированных в субъектах РФ.

Можно предположить, что рост числа ДТП с увеличением температуры в летний период может происходить как по техническим причинам, так и в результате негативного влияния условий окружающей среды на состояние водителя. Однако ранее проведённые опыты показывают, что как рост температуры, так и интенсивность солнечной радиации способствуют увеличению коэффициента сцепления колёс с дорогой, что уменьшает тормозной путь. Данный вывод косвенно согласуется с результатами других авторов [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Следовательно, одной из причин увеличения количества ДТП является человеческий фактор. Авторам работы [8] удалось определить, что при температуре воздуха, равной 20 °С, наблюдается оптимальное функциональное состояние ведущих психофизиологических показателей водителей. Данная температура принимается за оптимальную для водителей при оценке условий движения.

В работе [9] показано, что для водителя температура в салоне +27 °С является критической – при превышении этого значения сильно усложняется его психическая деятельность, увеличивается время реакции и количество совершаемых ошибок. Причем, чем выше сложность задачи, которую решает водитель, тем больше ошибок он допускает. Авторы работы [10] приходят к выводу, что высокая температура и попадание прямых солнечных лучей являются основными факторами, вызывающими дискомфорт.

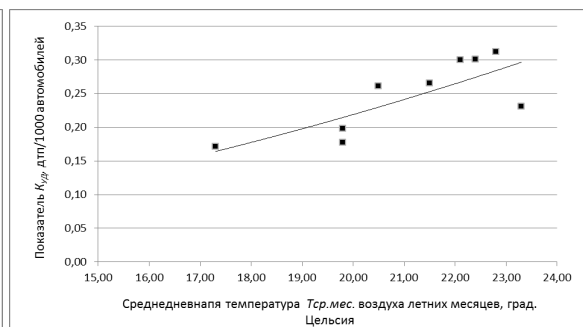
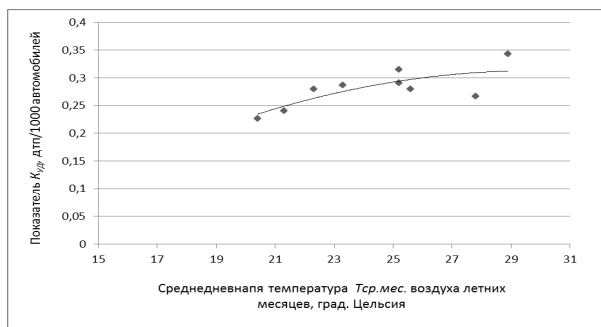


Рисунок 1 – Зависимости количества ДТП, приходящихся на одну тысячу автомобилей, зарегистрированных в субъектах РФ, от среднесуточной температуры воздуха летних месяцев: а – для Оренбургской области; б – для Липецкой области [1]

Figure 1 – Accident rate dependency per 1,000 vehicles registered in the constituent entities of the Russian Federation on the average daily temperature in summer: a – for Orendurg region; b – for Lipeturg region [1]

Теплопроводность, конвекция, теплопередача и солнечная радиация влияют на тепловой комфорт салона автомобиля, могут создавать мгновенный тепловой шок для водителя [11], что способствует созданию некомфортной обстановки [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

В работах [19-25] описаны опыты по изменению температуры в разных точках салона автомобиля в летнее время с использованием вентиляции и при её отсутствии. Экспериментально показано, что части тела, находящиеся под действием прямых солнечных лучей, могут нагреваться до 62 °С, голова и грудь водителя – до 43 °С, воздух в области стоп – до 32 °С.

Таким образом, на аварийность автомобиля в летний период может влиять множество факторов, таких как изменение погодных условий, температуры, влажности воздуха, увеличение времени реакции водителя вследствие изменения его состояния. В этой связи цель работы состоит в определении значимости причин аварийности на автомобильном транспорте в условиях высоких температур и солнечной радиации.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Определение наиболее значимых причин ДТП производилось экспертным методом. Он заключался в опросе профессиональных во-

дителей со стажем вождения не менее трёх лет. Число водителей соответствовало статистически значимой выборке, обеспечивало надёжность результатов не менее 90%. Основная задача анкетирования состояла в формировании списка возможных причин увеличения аварийности с последующим определением весомости влияния выявленных факторов на аварийность в летний период. Изначально при анкетировании определены комбинации следующих условий вождения автомобилей: высокая температура, солнечная радиация, наличие или отсутствие климатических установок (КУ), под которыми подразумевались, в том числе и кондиционеры в салоне автомобиля.

Для оценки значимости факторов производили ранжирование причин роста аварийности по четырёхбалльной системе, где числу «1» соответствовала наименьшая значимость, а числу «4» – наибольшая. Также нужно было указать прирост неблагоприятного эффекта в процентах в тех или иных условиях по сравнению с комфортными условиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рисунке 2 изображена диаграмма, показывающая степень влияния разных факторов на увеличение аварийности в летний период.

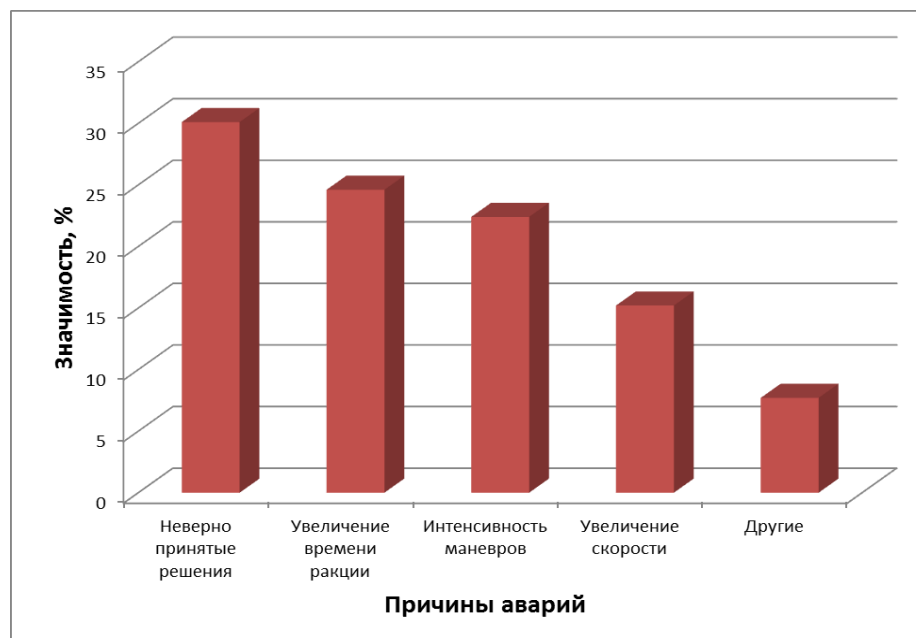


Рисунок 2 – Распределение значимости причин роста аварий на дорогах в летний период в процентах

Figure 2 – Distribution of the significance of the reasons for the increase in road accidents in the summer period as a percentage

Из представленной диаграммы следует, что увеличение количества неверно принятых решений является наиболее весомой причиной роста ДТП при увеличении температуры. Вторым по весомости фактором является увеличение времени реакции водителя, которое, вероятно, происходит из-за снижения видимости вследствие ослепления и ухудшения самочувствия водителя. Кроме того, увеличение аварийности происходит из-за более интенсивного маневрирования и увеличения скорости ТС. Данные четыре фактора суммарно обладают значимостью, равной 92,3%, и являются наиболее весомыми. В число других факторов вошли: увеличение количества ТС в летний период, более частое нарушение ПДД пешеходами, ухудшение качества дорожного покрытия вследствие появления ям, выбоин, колеиности и наплывов, увеличение случаев управления ТС в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, более частое отвлечение водителя.

Из диаграммы, приведённой на рисунке 3, видно, что в условиях высоких температур непосредственными причинами ДТП чаще служат неверно принятые решения и увеличение времени реакции, нежели увеличение скорости и маневрирование, что объясняется негативным влиянием высокой температуры. Использование КУ возвращает температуру в салоне автомобиля в зону комфорта, что спо-

собствует снижению количества ошибочных решений и времени, требующемуся для принятия верных решений.

Благоприятные дорожные условия и удовлетворительное самочувствие водителя способствуют снижению числа аварий, происходящих по причине несвоевременности и неправильности принимаемых решений, а также увеличению аварий, происходящих за счёт увеличения скорости и интенсивности маневрирования. Таким образом, работа КУ приводит к эффекту «выравнивания», который снижает значимость наиболее весомых факторов, одновременно увеличивая весомость менее весомых факторов, приближая все значения к общему среднему. Данный факт можно объяснить улучшением самочувствия водителя и вместе с тем чрезмерно оптимистической оценкой дорожной ситуации в комфортных условиях.

Из рисунка 3,б видно, что в жаркое время наибольший прирост получают ошибки водителя, значительно замедляется реакция – происходит увеличение времени реакции более чем на 35%. Скорость и частота совершаемых маневров увеличиваются приблизительно на 15%. Использование КУ снижает уровень первых двух причин до уровня 15%. При этом средняя скорость и интенсивность маневров увеличиваются на 18–25%, что подтверждает ранее сделанные выводы.

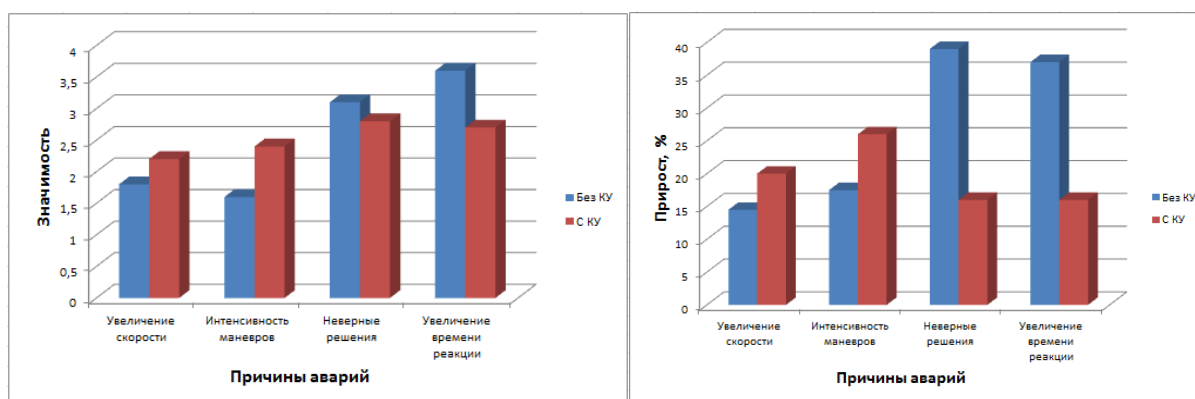


Рисунок 3 – Распределение причин роста аварийности в летнее время при высоких значениях температуры окружающего воздуха с использованием КУ и без использования КУ:
 а – влияние увеличения скорости, интенсивности маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличения времени реакции (по шкале от 1 до 4);
 б – увеличение скорости потока, частоты маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличение времени реакции водителя (в процентах)

Figure 3 – The distribution reasons for the increase of accidents in the summer, when high values of ambient air temperature using the air conditioning system and without use and the impact of increasing the speed:
 а – intensity maneuvering, the frequency of wrong decisions and increase the reaction time (on a scale from 1 to 4);
 б – increase of flow velocity, frequency of maneuver, the frequency of wrong decisions taken and increase the reaction time of the driver (in percent)

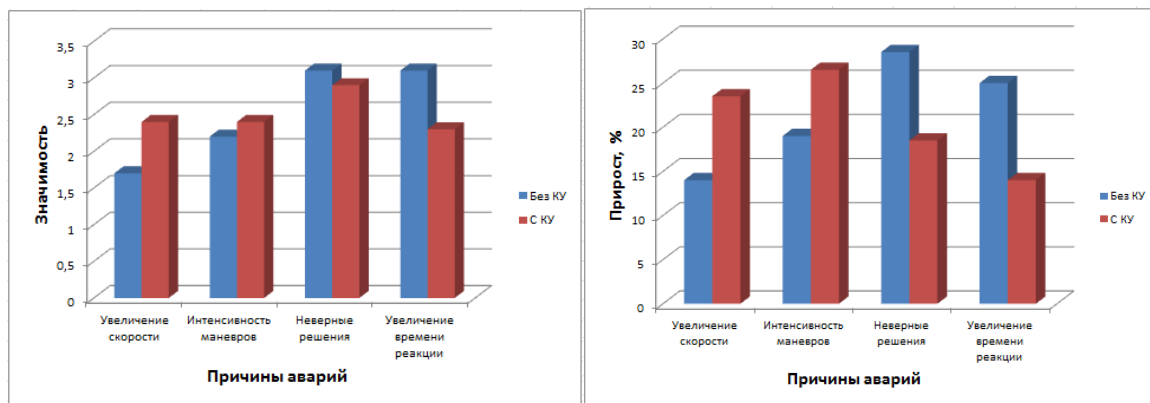


Рисунок 4 – Распределение причин роста аварийности в летнее время при высоких значениях солнечной радиации с использованием КУ и без использования КУ: а – влияние увеличения скорости, интенсивности маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличения времени реакции (по шкале от 1 до 4); б – увеличение скорости потока, частоты маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличение времени реакции водителя (в процентах)

Figure 4 – The distribution reasons for the increase of accidents in the summer, at high values of solar radiation with the use of the air conditioning system and without use and the impact of increasing the speed: а – intensity maneuvering, the frequency of wrong decisions and increase the reaction time (on a scale from 1 to 4); б – increase of flow velocity, frequency of maneuver, the frequency of wrong decisions taken and increase the reaction time of the driver (in percent)

Принято считать, что из списка внешних факторов на безопасность и комфорт водителя в первую очередь оказывает влияние температура в кабине автомобиля. Исследованию температуры в разных условиях уделяется наибольшее внимание. Однако немаловажным фактором является и солнечная радиация. Часто в летнее время года наблюдается погода с комфортными значениями температуры 15–25 °С, сопровождающаяся облучением прямыми солнечными лучами. Такие условия могут наблюдаться в ветреную погоду или в утренние часы. При этом происходит нагрев внутренних поверхностей салона автомобиля, что также приводит к росту температуры. В то же время может наступить эффект ослепления, проявляющийся, в том числе и из-за контраста освещённой и неосвещённой поверхности, создавая трудности восприятия окружающей обстановки. Эффект ослепления может проявляться и в другие времена года, но в меньшей степени, так как в летний период освещённость салона автомобиля может составлять величину порядка 10^5 Лм, в то время как в другие времена года это значение меньше в 2–5 раз.

Рисунок 4 демонстрирует распределение удельного веса причин роста аварийности при высоких значениях солнечной радиации.

Из сравнения рисунков 3 и 4 следует, что характер влияния солнечного излучения на непосредственные причины аварий схожи с

причинами в случае высоких температур с некоторыми различиями. При выключенной КУ, при заданных условиях вероятность ДТП в результате неверно принятых решений и увеличения времени реакции одинаково высока и имеет значение, равное трём по четырёхбалльной шкале, что несколько меньше данных параметров при высокой температуре. Однако вероятность аварии в результате увеличения скорости и интенсивности маневрирования при прямых солнечных лучах больше, чем при высокой температуре. При работе КУ также наблюдается эффект «выравнивания» – удельный вес наиболее значимых фактов становится меньше – наблюдается их снижение с 3 до 2,3–2,9, а удельный вес скоростного фактора и фактора маневрирования увеличивается до 2,4 по четырёхбалльной шкале. «Выравнивающий» эффект, вызванный работой КУ при высоких значениях солнечной радиации, аналогичен и сопоставим с выравнивающим эффектом при высоких температурах.

Из рисунка 4,б видно, что в условиях высокой солнечной радиации также происходит увеличение скорости потока ТС, увеличивается количество манёвров, растёт количество неверно принятых решений, увеличивается время реакции водителей. Сравнивая данные диаграмм на рисунках 3,б и 4,б, можно прийти к выводу, что при солнечной радиации увеличение средней скорости и интенсивности маневрирования даёт такой же эффект, что и при

высоких температурах. Рост количества неверно принятых решений и времени реакции при прямых солнечных лучах меньше, чем при высокой температуре – 28,5 и 25% против 39 и 37% соответственно.

Использование КУ при высоких значениях солнечного освещения, как и в случае высоких температур, приводит к увеличению скорости потока и количества маневров, одновременно снижая количество неверно принимаемых решений и времени реакции водителей. При использовании КУ прирост скорости, интенсивности маневров, неверно принимаемых решений и времени реакции водителей происходит на величины, близкие к таковым в случае высоких температур, что позволяет сделать вывод о том, что использование КУ оказывает на водителя схожее влияние как в условиях жаркой погоды, так и при высокой солнечной активности.

В целом непосредственное влияние солнечной радиации на аварийность имеет тот же уровень, что и влияние высоких температур. Возможной причиной этого эффекта может быть ухудшение видимости при ярком солнечном свете, опосредованное влияние на самочувствие водителя через другие параметры, такие как влажность и давление, неверная, чрезмерно оптимистичная оценка дорожной обстановки при благоприятных условиях и т. д.

Из сказанного выше следует, что эффект непосредственного негативного влияния сол-

нечной радиации на аварийность является самостоятельным явлением и должен рассматриваться в качестве одной из первопричин роста аварийности на дороге в летний период.

Очевидно, высокая температура и солнечная радиация приводят к росту аварийности независимо друг от друга. Однако в летний период часто эти два фактора действуют совместно.

На рисунке 5,а показаны диаграммы распределения удельного веса увеличения скорости, интенсивности маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличения времени реакции при высоких значениях температуры воздуха и солнечной радиации по четырёхбалльной шкале для автомобилей, оснащённых и не оснащённых КУ. На рисунке 5,б показано увеличение скорости потока, частоты маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличения времени реакции водителя в процентах, при высоких значениях температуры и солнечной радиации с использованием КУ и без КУ.

Характер распределения значимости причин роста ДТП в жаркое время при высоких значениях солнечной радиации повторяет характер подобного распределения для случаев влияния высокой температуры и солнечной радиации по отдельности. Однако распределение веса той или иной причины имеет свои особенности.

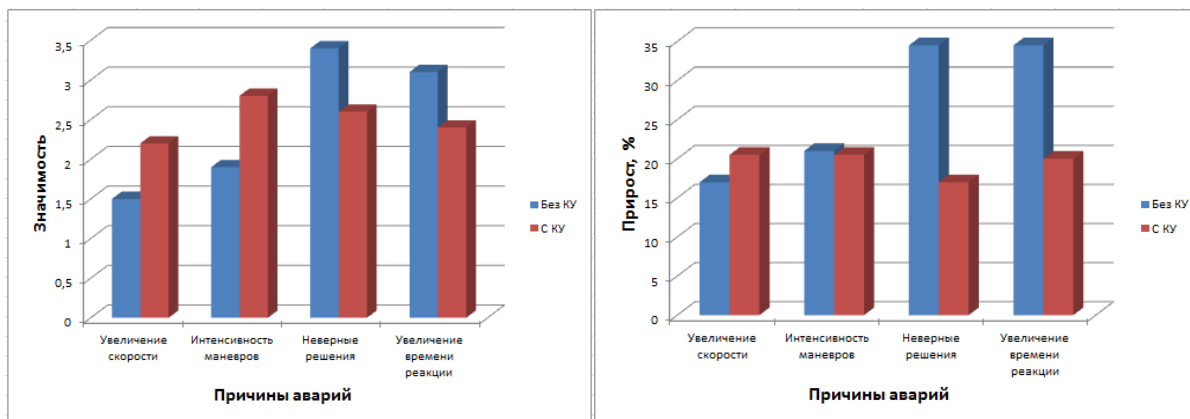


Рисунок 5 – Распределение причин роста аварийности в летнее время при высоких значениях температуры и солнечной радиации с использованием КУ и без использования КУ: а – влияние увеличения скорости, интенсивности маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличения времени реакции (по шкале от 1 до 4); б – увеличение скорости потока, частоты маневрирования, частоты неверно принятых решений и увеличение времени реакции водителя (в процентах)

Figure 4 – The distribution reasons for the increase of accidents in the summer when high temperatures and solar radiation using the air conditioning system and without use and the impact of increasing the speed: а – intensity maneuvering, the frequency of wrong decisions and increase the reaction time (on a scale from 1 to 4); б – increase of flow velocity, frequency of maneuver, the frequency of wrong decisions taken and increase the reaction time of the driver (in percent)

Как и в предыдущих случаях, для автомобилей, не оснащённых КУ, рост числа неверно принятых решений и увеличение времени реакции имеют большее влияние на аварийность.

Значимость увеличения скорости потока при совместном действии обоих факторов меньше, чем в каждом из них по отдельности – 1,5 против 1,8 и 1,7 для высоких температур и высокой освещённости соответственно. Значимость интенсивности маневрирования в жаркую погоду с прямыми солнечными лучами является средним арифметическим для случаев высокой температуры и солнечной радиации по отдельности – 1,9 против 1,6 и 2,2 соответственно.

При совместном действии высоких температур и солнечной радиации значимость неверно принятых решений превосходит таковые значения для каждого случая в отдельности – 3,4 против 3,1 в каждом случае. Влияние времени реакции на аварийность в жаркую солнечную погоду совпадает с аналогичным значением только для высоких значений солнечной радиации.

Для автомобилей, не оснащённых КУ, в жаркое время года при высокой освещённости увеличение скорости и рост интенсивности маневрирования больше, чем в жаркую пасмурную погоду и солнечную погоду с комфортной температурой.

Увеличение неверно принятых решений в жаркую солнечную погоду близко к среднему арифметическому от аналогичного прироста для жаркой и солнечной погоды в отдельности. Увеличение времени реакции водителей при высокой температуре и солнечной радиации (на 34,5%) также находится в промежутке между аналогичными значениями для жаркой пасмурной (37%) и прохладной солнечной (25%) погоды соответственно.

При использовании КУ в жаркую солнечную погоду происходит выравнивание прироста каждой из причин роста аварийности. Особенность движения в жаркую солнечную погоду заключается ещё и в том, что прирост интенсивности маневрирования не только приближается к приросту неверно принятых решений и увеличению времени реакции, но и превосходит их.

Из сравнения рисунков 3,б, 4,б и 5,б видно, что увеличение скорости и интенсивности маневров в жаркую солнечную погоду (по 20,5%) с работающей КУ меньше, чем аналогичный прирост в условиях, отличающихся только высокой температурой или только высоким зна-

чением солнечной радиации (от 23,5 до 26%). В аналогичных условиях увеличение неверно принятых решений близко к среднему арифметическому приросту неверных решений только в жаркую и только в солнечную погоду.

Увеличение времени реакции в условиях высокой температуры и солнечной радиации (на 20%) больше увеличения времени реакции в жаркую (на 16%) и солнечную (на 14%) погоду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно изложенным результатам, причинами ДТП в летний период в основном являются: увеличение скорости и интенсивности маневрирования, неверно принимаемые решения и недостаточная скорость реакции водителя. Первые две причины зависят от оценки дорожной ситуации водителем, а две последние обусловлены в первую очередь самочувствием водителя в различных дорожных условиях.

Использование КУ позволяет снизить эффект увеличения аварийности в летний период, но не позволяет свести его к нулю. Это происходит по двум причинам: во-первых, при использовании КУ происходит ещё большее увеличение скорости ТС и количества маневров в единицу времени, вероятно, из-за чрезмерно оптимистичной оценки дорожной ситуации водителем; во-вторых, происходит рост количества неверно принимаемых решений и времени реакции водителей по сравнению с обстановкой, соответствующей более низкой солнечной радиации и комфортной температуре воздуха.

При включении КУ наблюдается «выравнивающий» эффект, который заключается в увеличении влияния более частого маневрирования и увеличения скорости потока, с одной стороны, и вместе с тем в снижении влияния увеличения времени реакции и неверно принимаемых решений на аварийность – с другой. В результате значимость всех четырёх факторов аварийности становится ближе к общему усреднённому значению. Данный эффект реализуется во всех трёх случаях – при высоких значениях температуры в пасмурную погоду, при высоких значениях солнечной радиации и комфортных значениях температуры, а также при совместном действии высоких температур и прямых солнечных лучей.

Исходя из полученных результатов, дальнейшую работу по исследованию причин и снижению рисков аварийности на дорогах в летнее время целесообразно вести в двух

направлениях. Первое направление подразумевает более детальное изучение влияния высоких температур и солнечной радиации на надёжность водителей. Здесь важно определить области благоприятных и неблагоприятных значений параметров окружающей обстановки.

Во-вторых, для снижения количества ДТП в жаркое время необходимо детально изучить причины увеличения скорости потока и частоты маневрирования в автомобилях с включенными КУ на фоне ТС, не использующих КУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Зотов Н.М., Балакина Е.В., Федин А.П. Определение коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью. Ч.1. // Автомобильная промышленность. 2006. №8. С.26-28.
3. Немчинов М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей. Москва, Транспорт, 1985. 231с.
4. Третьяков О.Б. Гудков В.А., Тарновский В.Н. Трение и износ шин. Москва, Химия, 1992. 176 с.
5. Carlos Canudas-de-Wit. Dynamic Friction Models for Road. Tire Longitudinal Interaction // Vehicle System Dynamics. 2002. Vol. 39 (3). Pp.189-226.
6. E.V. Balakina, N.M. Zotov, D.A. Maruhin, A.P. Fedin. 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. 2014. №1 (5). V 4. Pp. 614-624.
7. Балакина Е.В., Кочетков А.В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием. Москва, Инновационное машиностроение, 2017. 292 с.
8. Скворцова Т.В. [и др.] Уравнения регрессии показателей эффективности и устойчивости торможения транспортных средств с учётом геометрии дороги // Северо-Кавказский регион: известия высших учебных заведений. Технические науки. 2006. № 5. С. 81-85.
9. Варламов В.А. Что надо знать водителю о себе. Москва, Транспорт, 1990. 192 с.
10. Верецагин, С. Б. Исследование климатических условий работы водителя. Москва, МАДИ (ГТУ), 2009. 253 с.
11. Yang R., Zhang H., You S., Zheng X., Ye T. Study on the thermal comfort index of solar radiation conditions in winter // Building and Environment. 2020. Vol. 167.
12. Hunter, John. Reconstructing Collisions Involving Ice and Slippery Surfaces. SAE Paper №930896, // Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA. 1993.
13. A. Alahmera Ahmed Mayyasb Abed A. Mayyasb M.A. Omarb Dongri Shan. Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review. Applied Thermal Engineering. 2011. Vol. 31, Iss. 6–7. Pp. 995-1002.
14. 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. 2020. 13(3). 690 p.
15. Fiala, D., Lomas, K.J., Stohrer, M. Computer prediction of human thermoregulatory responses to a wide range of environmental conditions. Int. J // Biometeorol. 2001. 45. Pp. 143-159.
16. SamrendraSingh, HesamAbbassi. 1D/3D transient HVAC thermal modeling of an off-highway machinery cabin using CFD-ANN hybrid method. Applied Thermal Engineering. 2018. Vol. 135. Pp. 406-417.
17. Zhang H., Arens E., Huizenga C., Han T. Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part I: local sensation of individual body parts // J. Build. Environ. 2010. 45. Pp. 380-388.
18. Yang L., Li X., Tu J. Thermal comfort analysis of a high-speed train cabin considering the solar radiation effects // Indoor and Built Environment.
19. Евтюков, С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза: С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. Санкт-Петербург, Изд-во ДНК, 2008. 536 с.
20. Буракова Л.Н. Экспериментальные исследования влияния факторов на изменения расхода топлива при работе климатической системы автомобиля // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии 2013. №6 (34). С. 7-11.
21. Eldegwy A., Khalil E.E. Passengers thermal comfort in private car cabin in hot climate // Joint Propulsion Conference. American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2018.DOI: 10.2514/6.2018-4613.
22. Szczurek A., Maciejewska M. Categorization for air quality assessment in car cabin. Transportation Research Part // J. Transport & Environment. 2016. 48. Pp. 161-170.
23. Moon J.H., Jin W.L., Chan H.J. Thermal comfort analysis in a passenger compartment considering the solar radiation effect. J. International journal of thermal sciences. 2016. 107. 77-88.
24. Zhao S., Zhu B., Wang R. Study of the influence on the comfort of vehicle cabin thermal environment and improve cabin thermal environment comfort // Fluid Machinery. 2016. 44 (7). Pp. 70-76.
25. Буракова А.Д., Буракова Л.Н. Тепловой баланс салона легкового автомобиля и анализ факторов, влияющих на холодопроизводительность установки «климат-контроль» // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2016. Т.2. С. 54-56.

REFERENCES

1. Yakunin I.N., Men'shih O.M., Shungulov D.M. Issledovanie vlijaniya vysokoy temperatury okruzhajush-

hej srede na bezopasnost' avtotransportnogo processa [Study of the effect of high ambient temperature on the safety of the automotive process]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. 2019; 7: C.138-145. (in Russian)

2. Zotov N.M. Opredelenie koeficienta sčeplenija koleasa s opornoj poverhnost'ju [Determination of wheel adhesion coefficient to support surface]. *Avtomobil'naja promyshlennost'*. 2006; 8: 26-28. (in Russian)

3. Nemchinov M.V. Sčepnye kachestva dorozhnyh pokrytij i bezopasnost' dvizenija avtomobilej [Coupling qualities of road surfaces and car safety]. Moscow, Transport. 1985. 231p. (in Russian)

4. Tretyakov O.B. and others. Trenie i iznos shin [Friction and wear of tires]. Moscow. Himija, 1992. 176 p. (in Russian)

5. Carlos Canudas-de-Wit. Dynamic Friction Models for Road. Tire Longitudinal Interaction // *Vehicle System Dynamics*. 2002; 39 (3): 189-226.

6. E.V. Balakina, N.M. Zotov, D.A. Maruhin, A.P. Fedin. 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*. 2014;1 (5), 4: 614-624.

7. Balakina E.V. Koeficient sčeplenija shiny s dorozhnym pokrytiem [Coefficient of adhesion of the tire to the road surface]. Moscow, Innovacionnoe mashinostoenie, 2017. 292 p. (in Russian)

8. Skvorcova, T.V. Uravnenija regressii pokazatelej jeffektivnosti i ustojčivosti tormozhenija transportnyh sredstv s uchjotom geometrii dorogi [Regression equations of performance and braking stability indicators of vehicles taking into account the geometry of the road]. *Severo-Kavkazskij region: izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehničeskie nauki*. 2006; 5: 81-85. (in Russian)

9. Varlamov, V.A. Chto nado znat' voditelju o sebe [What the driver needs to know about himself]. Moscow. Transport, 1990. 192 p. (in Russian)

10. Vereshhagin S. B. Issledovanie klimaticheskikh uslovij raboty voditelja [Study of the climatic conditions of the driver]. Moscow, MADI (GTU), 2009. 253 p. (in Russian)

11. Yang R., Zhang H., You S., Zheng X., Ye T. Study on the thermal comfort index of solar radiation conditions in winter. *Building and Environment*. 2020; 167. 106456.

12. Hunter, John. Reconstructing Collisions Involving Ice and Slippery Surfaces. SAE Paper № 930896, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1993.

13. A. Alahmera Ahmed Mayyasb Abed A. MayyasbM .A. Omarb Dongri Shan. Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review. *Applied Thermal Engineering*. 2011; 31 (6-7): 995-1002.

14. Khatoon S., Kim M.H. Thermal comfort in the passenger compartment using a 3-D numerical analysis and comparison with Fanger's comfort models. *Energies*. 2020; 13(3): 690.

15. Fiala D., Lomas K.J., Stohrer M. Computer prediction of human thermoregulatory responses to a wide range of environmental conditions. *Int. J. Biometeorol*. 2001; 45: 143-159.

16. SamrendraSingh, HesamAbbassi. 1D/3D transient HVAC thermal modeling of an off-highway machinery cabin using CFD-ANN hybrid method. *Applied Thermal Engineering* 2018; 135: 406-417.

17. Zhang H., Arens E., Huizenga C., Han T. Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments: part I: local sensation of individual body parts. *J. Build. Environ*. 2010; 45: 380-388.

18. Yang L., Li X., Tu J. Thermal comfort analysis of a high-speed train cabin considering the solar radiation effects. *Indoor and Built Environment*. 2019.20.

19. Evtyukov S.A., Vasiliev Ya.V. Dorozhno-transportnye proisshestvija: rassledovanie, rekonstrukcija, jekspertiza [Road accidents: investigation, reconstruction, expertise]. Saint Petersburg, DNA Publishing house, 2008. 536 p. (in Russian)

20. Burakova L. N. Experimental studies of the influence of factors on changes in fuel consumption during the operation of the car's climate system. *Bulletin of the Siberian state automobile and road Academy*. 2013; 6 (34): 7-11. (in Russian)

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

22. A. Szczurek, M. Maciejewska. Categorization for air quality assessment in car cabin. *Transportation Research Part. J. Transport & Environment*. 2016; 48: 161-170.

23. Moon J.H., Jin W.L., Chan H.J. Thermal comfort analysis in a passenger compartment considering the solar radiation effect. *J. International journal of thermal sciences*. 2016; 107: 77-88.

24. Zhao S., Zhu B., Wang R. Study of the influence on the comfort of vehicle cabin thermal environment and improve cabin thermal environment comfort. *J. Fluid Machinery*. 2016; 44 (7): 70-76.

25. Burakova A.D., Burakova L. N. Teplovoj balans salona legkovogo avtomobilja i analiz faktorov, vlijajushhij na holodoproizvoditel'nost' ustanovki «klimat-kontrol'» [Thermal balance of passenger car interior and analysis of factors affecting the cooling capacity of the "climate control" installation]. *Problems of functioning of transport systems: materials of the international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists*. 2016; 2: 54-56. (in Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Якунин Иван Николаевич – ведущий инженер-технолог, ООО «Сервисный центр СБМ» (119634, г. Москва, Университетский пр., 12; тел. +79033931527, e-mail: Yakunin21@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ivan N. Yakunin – leading engineer-technologist of SBM Service Centre Limited Company (119634, Moscow, University Prospect, 12), tel. +79033931527, e-mail: Yakunin21@yandex.ru.