

УДК 62-233.3/9

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОХОДИМОСТЬ ПОЖАРНОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ

Гончаров И.Н., Смиловенко О.О.

Проанализированы причины задержек движения пожарных подразделений к месту вызова. Установлено, что задержки движения, связанные с преодолением участков с неусовершенствованным дорожным покрытием и сложными погодными условиями, составляют до 40 % от общего количества. Задачей исследований было обеспечение достаточной проходимости пожарных аварийно-спасательных автомобилей с целью быстрого прибытия к месту чрезвычайной ситуации при изменяющихся условиях движения, состоянии опорной поверхности, характеристиках автомобиля и колесных движителей.

Выполнен системный анализ факторов, влияющих на опорную проходимость пожарных аварийно-спасательных автомобилей. Они разделены на три группы: характеристики автомобиля и движителя, свойства дорожного покрытия, режим движения. Обоснована разработка устройства повышения проходимости полуавтоматического действия, что позволит предотвратить буксование и повысит проходимость автомобиля за счет изменения конфигурации пятна контакта колеса с опорной поверхностью.

Ключевые слова: пожарный аварийно-спасательный автомобиль, проходимость автомобиля, системный анализ факторов, сцепление шины с дорогой, опорная поверхность, устройство повышения проходимости.

(Поступила в редакцию 10 января 2019 г.)

Введение. Одним из важнейших факторов успешного выполнения пожарными подразделениями своих функций является возможность быстрого прибытия пожарных расчетов к месту вызова. Вместе с тем статистические данные показывают, что по ряду причин с момента получения сообщения о пожаре до подачи средств пожаротушения прибывшими пожарными подразделениями проходит сравнительно много времени. Нередки случаи, когда к прибытию первого пожарного подразделения весь объем помещения, в котором возник пожар, охвачен огнем и заполнен продуктами горения и войти в такое помещение становится невозможным.

Кроме того, в Республике Беларусь существует достаточное количество малых сельских поселений (с населением менее 200 чел.), где в силу организационно-технической невозможности и экономической нецелесообразности обеспечить полное выполнение требований в части нормирования дислокации пожарных депо от пространственного критерия не представляется возможным.

Анализ статистических данных показал, что время движения пожарных подразделений к месту вызова в зависимости от условий и места сбора данных существенно отличается при равной длине маршрута следования (в городе – 3 км, в сельской местности – 10 км).

Так, например, время движения подразделений в г. Минске в зимний период времени в час пик не превышает 10 мин. При схожих условиях аналогичную по длине дистанцию подразделений пожарной охраны в малом городе преодолели с максимальным временем в 7 мин. В свою очередь время движения подразделений в сельской местности в зимний период времени не превысило 19 мин, в летний период времени – 17 мин.

Таким образом, максимальное значение времени движения пожарных подразделений до наиболее удаленных объектов, расположенных в пределах нормативного радиуса выезда, составило: в городе – 10 мин, в сельской местности – 19 мин. Вместе с тем имеют место случаи, когда в силу определенных причин время движения пожарных подразделений до наиболее удаленных объектов, расположенных в пределах нормативного радиуса выезда, может превышать максимальное значение, установленное при выполнении экспериментальных исследований.

Основными причинами задержки движения пожарных подразделений к месту вызова являются:

- дорожно-транспортные происшествия с участием пожарных автомобилей (7 %);
- поломка пожарного автомобиля в пути при следовании к месту вызова (4 %);
- сложные погодные условия (сильный снегопад, туман, гололед и т. д.) (26 %);

– внезапные препятствия на маршруте следования пожарных подразделений (дорожно-транспортное происшествие, в результате которого движение по маршруту следования на определенное время блокируется, проведение дорожных работ, блокирование полотна движения деревьями в результате непогоды и т. д.) (21 %);

– наличие проблемных участков на маршрутах следования пожарных подразделений (железнодорожные переезды с частым движением составов, разлив реки, автомобильные пробки, неусовершенствованное дорожное покрытие и т. д.) (37 %);

– иные причины (5 %) [1].

В климатических условиях нашей республики состояние дорожного покрытия часто оказывает неблагоприятное влияние на проходимость пожарной аварийно-спасательной техники, поэтому актуальными являются исследования, связанные с оценкой проходимости и ее повышением.

В осенне-зимний период на территории страны часто наблюдаются осадки в виде снега, с которым в городе достаточно успешно справляются коммунальные службы. Но все улицы и проезды не могут быть очищены сразу, поэтому при поступлении вызова пожарной аварийно-спасательной машины (ПАСА) будет двигаться по снежной целине, ледяной корке, укатанному или тающему снегу. Такое состояние дорожного покрытия снижает скорость движения и увеличивает время прибытия подразделений на ликвидацию ЧС.

Если рассматривать зимний период 2018–2019 гг., то снег в объемах, затрудняющих движение по дорогам, в г. Минске выпадал около 10 раз. Кроме снижения проходимости автомобилей, неблагоприятные погодные условия увеличивают потенциальный риск дорожно-транспортных происшествий, что подтверждается и статистическими данными. Выявлены закономерности: неожиданные осадки после продолжительного сухого периода вызывают резкое увеличение риска ДТП, а затяжные осадки способствуют постепенной адаптации водителей к сложным погодным условиям.

Основная часть. Проходимость автомобиля – комплексное свойство, характеризующее его подвижность с учетом экономических показателей, связанное со способностью выполнять транспортную работу в заданных дорожных условиях. В свою очередь, подвижность автомобиля – способность к самопередвижению в заданных условиях. Различают профильную и опорно-сцепную проходимость [2, 3]. Профильная проходимость зависит в основном от геометрических параметров автомобиля и наличия специфических препятствий, которые необходимо преодолеть транспортному средству – крутые уклоны, съезды, брусчатки, бревна, завалы и т. д. Для ПАСА, работающих в городах, профильная проходимость имеет меньшее значение, чем опорно-сцепная, и ее показатели предусматривают при проектировании автомобиля с учетом его назначения.

Опорно-сцепная проходимость определяется не только конструктивными параметрами, но и условиями движения, состоянием покрытия и субъективным фактором – квалификацией водителя. На рисунке 1 приведена блок-схема, отражающая системный анализ факторов, влияющих на опорно-сцепную проходимость ПАСА. Они разделены на три группы:

– относящиеся к автомобилю, при этом отдельно выделено влияние движителя (колеса);

– характеризующие состояние дорожного покрытия и его свойства;

– характеризующие режим движения, который зависит от того, кто и как управляет транспортным средством, а также от конфигурации трассы и условий дорожного движения.

Рассмотрим первую группу факторов. Размеры и вес автомобиля, несомненно, влияют на проходимость. Так, коэффициент сцепления представляет собой отношение силы сцепления между шинами транспортного средства и поверхностью дороги к весу этого транспортного средства [4]. На первый взгляд получается, чем больше вес автомобиля, тем выше проходимость. Однако распределение веса автомобиля по осям может оказаться различным в зависимости от колесной формулы, количества осей (в т. ч. ведущих). Существенное влияние на проходимость транспортного средства оказывает мощность двигателя, т. к. от этой характеристики зависит крутящий момент на колесе, создающий окружную силу, которая является движущей.

Взаимодействие колесной машины с опорной поверхностью характеризуется соотношением следующих сил: касательной силы тяги, зависящей от крутящего момента на двигателе; силы сопротивления движению, обусловленной энергозатратами на деформацию шины и поверхности дороги; силой тяги, характеризующей сцепление шины с опор-

ной поверхностью [5, 6]. На дорогах с твердыми покрытиями коэффициент сцепления определяется возникающим трением между шиной и дорогой. На деформируемых дорогах коэффициент сцепления зависит от сопротивления грунта срезу и, следовательно, от внутреннего трения в грунте. Ведущее колесо погружается в грунт, деформирует и уплотняет его, увеличивая сопротивление срезу, но потом начинается разрушение этого уплотненного грунта, и коэффициент сцепления падает.



Рисунок 1. – Системный анализ факторов, влияющих на опорно-сцепную проходимость ПАСА

При смачивании твердого покрытия коэффициент сцепления резко падает из-за образования скользкой пленки из грунта, смешанного с водой (учитывается еще и масляная пленка на дороге), в результате чего трение между шиной и дорогой снижается. Однако эта скользкая пленка при сильном и продолжительном дожде смывается, и величина сцепления на такой мокрой дороге приближается к значениям, характерным для сухого покрытия. С увеличением скорости движения автомобиля, а следовательно, угловой скорости колеса и линейной скорости периферийных точек шины, коэффициент сцепления обычно уменьшается. Большое влияние на коэффициент сцепления оказывает рисунок протектора. При истирании выступов протектора сцепление шины с дорогой ухудшается. Сцепление шины с дорогой зависит и от других факторов, таких, например, как качество подвески, давление в шинах.

Как было показано выше, на коэффициент сцепления шины с дорогой влияет тип сопрягаемых поверхностей. Например, сцепление шины с асфальтом гораздо лучше, чем со снегом, даже уплотненным, а уж тем более со льдом. При одном и том же покрытии на коэффициент сцепления большое влияние окажут характеристики шины и протектора. Каждый автолюбитель знает – на зимних шинах автомобиль лучше «держит» дорогу, лучше «прилипает» к ней, чем на летних. Главное отличие зимних шин от летних заключается в составе резины и рисунке протектора. Бывают мягкие и жесткие шины, что определяется рецептурой и технологией изготовления резины, рисунков протектора известно множество.

Существенное влияние на величину коэффициента сцепления оказывают скорость и динамика движения автомобиля, а также его траектория. Вес автомобиля распределен между четырьмя, шестью или восемью шинами неравномерно из-за различного расположения и массовых характеристик агрегатов транспортного средства. При изменении скорости и траектории движения автомобиля распределение веса изменяется: какие-то шины нагружаются, какие-то разгружаются. В ПАСА неравномерность распределения веса автомобиля по осям (шинам, двигателям) связана еще и с наличием жидкости (огнетушащих веществ) в цистерне. В начале разгона и торможения, при движении по криволинейной траектории вес машины смещается на переднюю или заднюю оси, на колеса правого или левого борта (при повороте), нагружая одни шины, а следовательно, повышая для них коэффициент сцепления с дорогой, и разгружая другие, из-за чего уменьшается данный коэффициент.

Кроме того, на перераспределение веса влияет такой субъективный фактор, как манера вождения, что в большой степени определяет динамику движения автомобиля. При аккуратном вождении, когда водитель избегает резких ускорений и торможений, поворотов и перестроений, коэффициент сцепления с дорогой максимален, т. е. шины находятся достаточно далеко от перехода в состояние полного скольжения или буксования. Перемещение педалей газа и тормоза, а также руля можно совершать по-разному: резко и быстро или постепенно, по нарастающей. Резкое нажатие на педаль и поворот руля приведут к перераспределению веса по шинам и изменению коэффициентов их сцепления [7]. Однако водитель ПАСА не всегда может выполнить рекомендации по плавному вождению, т. к. автомобиль должен прибыть к месту ЧС максимально быстро.

На величину коэффициента сцепления, а следовательно, на проходимость автомобиля влияет большое количество факторов. На основе экспериментальных исследований [8] получены данные о том, что коэффициент сцепления зависит даже от температуры дорожного покрытия. Имеются также данные об изменении коэффициента сцепления при движении по «чистому» и «грязному» асфальту.

Задержки движения из-за снижения проходимости проблемных участков с неусовершенствованным дорожным покрытием и сложных погодных условий составляют до 40 % от общего количества. Это соотношение может быть существенно изменено за счет повышения проходимости ПАСА, что позволит быстрее преодолевать проблемные участки дорог, в том числе и ставшие такими в силу погодных условий.

Ставится задача обеспечения достаточной проходимости ПАСА с целью быстрого прибытия к месту ЧС при изменяющихся условиях движения, состоянии опорной поверхности, характеристиках автомобиля и колесных движителей.

Наиболее влиятельным из перечисленных параметров (рис. 1) является контакт и взаимовлияние опорной и периферийной поверхностей движителей, т. к. трение, сцепление и буксование происходит именно здесь, в пятне контакта шины с дорогой при учете действия остальных анализируемых факторов.

Свойства и состояние опорной поверхности зависят от степени ее подготовленности к движению транспортных машин – от волока, проложенного на лесной вырубке, до гладкого асфальтобетонного полотна городских проспектов и междугородних шоссе [9]. Осадки в виде дождя, снега, града, особенно при температурах воздуха ниже нуля, существенно изменяют свойства опорной поверхности в худшую сторону и снижают проходимость колесной техники.

При неожиданно выпавшем снеге, укатанном потоком транспорта на шоссе, большегрузные автомобили вынуждены стоять на обочине, особенно перед подъемами, даже с небольшим уклоном. Затем либо приезжает дорожная техника, которая расчищает дорогу от слоя укатанного снега и обрабатывает ее специальной смесью, либо меняется температурный режим, что приводит к таянию снега. В этом случае увеличивается время доставки груза.

Когда речь идет об оперативном выезде ПАСА, такие длительные простои по причине потери проходимости недопустимы. Увеличение времени прибытия подразделения к месту вызова даже на несколько минут может стоить жизни человеку, нуждающемуся в помощи, а также привести к значительным пагубным последствиям от чрезвычайной ситуации. Для минимизации подобных последствий необходимо разработать способы и устройства повышения проходимости именно для специальных автомобилей оперативно-тактического назначения.

Цепи противоскольжения являются одними из наиболее эффективных способов для преодоления обледеневших, грязевых или заснеженных участков. Шинные протекторы на снегу или в грязи быстро забиваются, образуя на шине гладкий ровный слой, который препятствует дальнейшему движению и ведет к заносам и пробуксовке. Цепи устанавливаются на шины ведущих осей автомобиля, образуя вокруг них выступы – грунтозацепы, которые, в отличие от протектора, не забиваются снегом, тем самым восстанавливается проходимость автомобилей.

Анализ существующих устройств повышения проходимости [10] выявил их общий недостаток – невозможность введения в действие мгновенно при снижении сцепления шины с дорогой и угрозе буксования. Для установки цепей, грунтозацепов или съёмных гусениц необходимо остановить автомобиль и затратить некоторое время (иногда до 40 минут) на их «надевание», что для ПАСА недопустимо. Устанавливать такие устройства предва-

рительно, учитывая прогноз изменения погоды, не представляется возможным, т. к. при движении с цепями существенно снижается скорость автомобиля, повреждается дорожное покрытие, а также значительно увеличивается износ самих цепей, если прогноз не оправдался и не появилась мягкая «прокладка» в виде снега между цепями и асфальтом.

Заключение. В климатических условиях нашей республики состояние дорожного покрытия часто оказывает неблагоприятное влияние на проходимость пожарной аварийно-спасательной техники. Повышение проходимости ПАСА позволит быстрее преодолевать проблемные участки дорог, в том числе и ставшие такими в силу погодных условий.

При наличии грунтозацепов на шинах влияние многих из проанализированных факторов снижается или убирается совсем. Соотношение сил в пятне контакта, возникающих при движении колеса, меняется кардинально, обеспечивается гарантированное сцепление шин с дорогой, повышается проходимость автомобиля.

В настоящее время в стадии разработки находится устройство повышения проходимости полуавтоматического действия, т. е. при ухудшении состояния опорной поверхности, снижении сцепления шин с дорогой оно будет приводиться в действие нажатием кнопки из кабины водителя. После прохождения сложного участка устройство можно будет отключить и ехать на обычном протекторе. Таким образом, при необходимости цепи (грунтозацепы) на движителе будут «надеть», а затем «снять» без привлечения человека и остановки движения ПАСА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследовать возможность перехода от пространственного нормативного параметра при размещении пожарных депо к временному: отчет о НИР (заключ.) / НИИ ПБиЧС; рук. Т.В. Зарубицкая. – Минск, 2016. – 240 с. – Инв. № 227/2016.
2. Агейкин, Я.С. Проходимость автомобилей / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
3. Смирнов, Г.А. Теория движения колесных машин / Г.А. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
4. Котович, С.В. Движители специальных транспортных средств. Ч. I: учеб. пособие / С.В. Котович. – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.
5. Хусаинов, А.Ш. Теория автомобиля. Конспект лекций/ А.Ш. Хусаинов, В.В. Селифонов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 121 с.
6. Вольская, Н.С. Разработка методов расчета опорно-тяговых характеристик колесных машин по заданным дорожно-грунтовым условиям: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Н.С. Вольская; Моск. гос. индустриальный ин-т. – М., 2008. – 40 с.
7. Зезюлин, Д.В. Разработка методики выбора конструкционных параметров движителей, обеспечивающих эффективность движения колесных машин по снегу: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Д.В. Зезюлин; Нижегородский гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013. – 28 с.
8. Ботвинева, Н.Ю. Исследование влияния погодных условий на величину коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием / Н.Ю. Ботвинева, И.С. Буракова, Т.Н. Стрельцова, А.В. Нестерчук // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11–3. – С. 407–411.
9. Пищов, С. Н. Применение движителя комбинированного типа для повышения тягово-сцепных свойств лесных погрузочно-транспортных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / С.Н. Пищов; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2008. – 20 с.
10. Гончаров, И.Н. Анализ изменения показателей проходимости автомобиля при применении различных типов движителей / И.Н. Гончаров, О.О. Смилоненко, Ю.И. Шавель, В.А. Казябо // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2016. – № 2 (40). – С. 105–114.

SYSTEM ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING CROSS-COUNTRY ABILITY OF EMERGENCY-RESCUE VEHICLE

Igor Goncharov

The Establishment «Scientific-research Institute of Fire Safety and Emergencies»
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Olga Smilovenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

The State Educational Establishment «University of Civil Protection
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. The research aim is an increase of cross-country ability of an emergency-rescue vehicle.

Methods. The system analysis of the factors influencing basic cross-country ability of fire rescue vehicles is executed.

Findings. Wheel lugs are among the most effective methods for overcoming of icing or snowbound areas. In the presence of lugs on tires, the influence of many of analyzed factors is reduced or eliminated. The ratio of forces in the contact patch, which occurs when the wheel moves, changes dramatically, ensures the grip of the tires with the road, and the vehicle's cross-country ability increases. The drawbacks of the existing lugs have been revealed: the impossibility of instantaneous installation in case of reducing of tire adhesion and the risk of slipping; and the inefficiency of the preset mounting.

Application field of research. The use of research results will allow minimizing delays associated with overcoming areas with an uncertain road surface and difficult weather conditions when the rescue vehicle moves to the accident site.

Conclusions. A semi-automatic device for improving cross-country ability is under development, which will enable and disable the lugs by pressing a button from the driver's cab, depending on driving conditions.

Keywords: emergency-rescue vehicle, cross-country ability of emergency-rescue vehicle, system analysis of the factors, coupling of tire with a road, device of increase of cross-country ability.

(The date of submitting: January 10, 2019)

REFERENCES

1. Zarubitskaya T.V. et al. *Issledovat' vozmozhnost' perekhoda ot prostranstvennogo normativnogo parametro pri razmeshchenii pozharnykh depo k vremennomu* [Investigate the possibility of moving from a spatial regulatory parameter when placing fire stations to temporary]: report (final). The Establishment «Scientific-research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. Minsk, 2016. 240 p. No. 227/2016. (rus)
2. Ageykin Ya.S. *Prokhozimosti avtomobiley* [Passableness of cars]. Moscow: Mashinostroenie, 1981. 232 p. (rus)
3. Smirnov G.A. *Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin* [Theory of motion of the wheeled machines].— Moscow: Mashinostroenie, 1990. 352 p.(rus)
4. Kotovich S.V. *Dvizhiteli spetsial'nykh transportnykh sredstv* [Movers of the special transport vehicles]: textbook. Part I. Moscow: Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, 2008. 161 p. (rus)
5. Khusainov A.Sh., Selifonov V.V. *Teoriya avtomobilya* [Theory of car]: lecture notes. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2008. 121 p.(rus)
6. Vol'skaya N.S. *Razrabotka metodov rascheta oporno-tyagovykh kharakteristik kolesnykh mashin po zadannym dorozhno-gruntovym usloviyam* [Development of methods of calculation of descriptions of the wheeled machines on the set road-ground terms: abstract of thesis of dissertation on the competition of graduate degree of doctor of engineering sciences]. Grand PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.05.03. Moscow Polytechnic University. Moscow, 2008. 40 p. (rus)
7. Zezyulin D.V. *Razrabotka metodiki vybora konstruktsionnykh parametrov dvizhiteley, obespechivayushchikh effektivnost' dvizheniya kolesnykh mashin po snegu* [Development of method of choice of construction parameters of wheels, providing efficiency of motion of the wheeled machines on snow]: PhD tech. sci. diss.: 05.05.03. Nizhny Novgorod State Technical University. N.Novgorod, 2013. 28 p. (rus)
8. Botvineva N.Yu., Burakova I.S., Strel'tsova T.N., Nesterchuk A.V. *Issledovanie vliyaniya pogodnykh usloviy na velichinu koeffitsienta stsepleniya shin s dorozhnym pokrytiem* [Research of influence of

- weather terms on the size of coefficient of rolling friction of tires with travelling coverage]. *The Fundamental researches*, 2013. No. 11–3. Pp. 407–411. (rus)
9. Pishchov S.N. *Primenenie dvizhitelya kombinirovannogo tipa dlya povysheniya tyagovo-stsepnnykh svoystv lesnykh pogruzochno-transportnykh mashin* [Application of mover of the combined type for the increase of hauling-coupling properties of forest scooptrams]. PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.21.01. Belarusian State Technological University. Minsk, 2008. 20 p. (rus)
 10. Goncharov I.N., Smilovenko O.O., Shavel' Yu.I., Kazyabo V.A. Analiz izmeneniya pokazateley prokhodimosti avtomobilya pri primenении razlichnykh tipov dvizhiteley [Analysis of change of indexes of passableness of car at application of different types of movers]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2016. No. 2 (40). Pp.105–114. (rus)