

Пожарная и промышленная безопасность (05.26.03, технические науки)

УДК 614.839

Противопожарная защита транспортных средств, перевозящих жидкое топливо по автомобильным дорогам

About mitigation of the consequences of accidents in the carriage of liquid top-law on road roads

Д.В. Седов

канд. тех. наук,

Р. Г. Шубкин

канд. тех. наук

*Восточно-Сибирский
институт МВД России*

D.V. Sedov

Ph.D. of Engineering Sciences,

R.G. Shubkin

Ph.D. of Engineering Sciences

*East-Siberian Institute of the
MIA of Russia*

Аннотация:

В статье освещены результаты разработки превентивных мер, направленных на смягчение последствий аварий, связанных с транспортировкой жидкого моторного топлива по автомобильным дорогам. Предложенные меры позволяют предотвращать и смягчать последствия пожаров и взрывов, возникающих при авариях в процессе перевозки жидкого моторного топлива по автомобильным дорогам, уменьшая риск причинения ущерба.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, бензовоз, авария, пожар, взрыв, жидкое моторное топливо, система автоматического пожаротушения.

Abstract:

The article highlights the results of the development of preventive measures aimed at mitigating the consequences of accidents associated with the transportation of liquid motor fuel on roads. The proposed measures make it possible to prevent and mitigate the consequences of fires and explosions that occur in accidents during the transportation of liquid motor fuel on roads, reducing the risk of damage.

Key word: motor transport, fuel truck, accident, fire, explosion, liquid motor fuel, automatic fire extinguishing system.

Ежегодно в России перевозится около 3,5 млрд т грузов. От надежной и безопасной работы транспорта зависит жизнедеятельность страны. Основная доля грузоперевозок (около 70 % всей массы грузов) приходится на автомобильный транспорт. В то же время именно на автотранспорте происходит большее количество аварий и катастроф (около 60%), сопровождающихся огромным материальным и экологическим ущербом. Наиболее крупный ущерб возникает при авариях с участием автотранспорта, перевозящего жидкое топливо, что обусловлено значительным количеством перевозимого опасного груза, низкой маневренностью бензовозов, высокими скоростями движения, протяженными расстояниями

транзита, погодными условиями, техническими отказами автотранспорта, несовершенством дорожных условий, ошибками водителей, влиянием других участников дорожного движения. В результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) перевозимые опасные грузы (топливо) могут выбрасываться в окружающую среду с возникновением пожара, пожара-вспышки, взрыва, «огненного шара». В последние годы в связи с увеличением топливных грузоперевозок пожары на транспорте становятся серьезной проблемой, беспокоящей общество.

Несмотря на то что статистические данные свидетельствуют об уменьшении количества пожаров на автомобильном транспорте (рис. 1), говорить о снижении тяжести их последствий не приходится. В России ежегодно сгорает около 11 тыс. легковых автомобилей, 3 тыс. грузовых, 1 тыс. автобусов, троллейбусов и трамваев, гибнет около 200 человек и около 680 получают увечья. Материальный ущерб оценивается в 170 млн руб. в год [1].

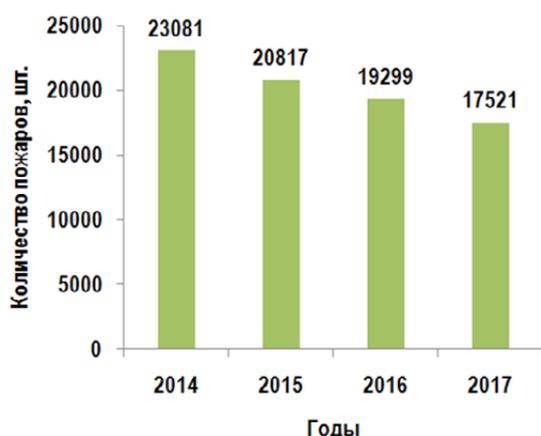


Рис. 1. Количество пожаров на автомобильном транспорте в период с 2014 по 2017 гг.

На рис. 2 приведены сведения по России о пожарах, возникающих на различных видах автотранспорта (% отношение к общему числу пожаров на автотранспорте).

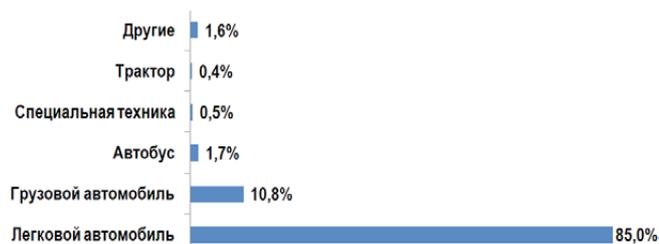


Рис. 2. Распределение пожаров по типам транспортных средств

Пожары и взрывы на автотранспорте происходят в результате ДТП (61%), при проведении ремонт-

ных работ (19%), в результате поджогов (13%), в результате неисправности электропроводки в период нахождения на стоянке (6%) [1] (рис. 3). Высокая вероятность пожаров и взрывов бензовозов в результате ДТП объясняется высокими динамическими нагрузками, которым подвергаются элементы цистерн с топливом. ДТП происходят, в основном, из-за технических неисправностей (61%), таких как неисправности топливной и электрической систем, отказы тормозной системы, рулевого управления, неисправности ходовой части. Пожары (взрывы) в результате ДТП сопровождаются наиболее тяжелыми последствиями.

Пожары или взрывы в процессе автотранспортных перевозок возможны в силу наличия в очаговой зоне горючей среды и источника зажигания. Удельная пожарная нагрузка легковых автомобилей составляет порядка 40 кг/м², грузовых – 90 кг/м² (например, масса горючего в автомобиле ЗИЛ-130 превышает 1,6 т). Основную долю горючих материалов (около 60%) составляют резинотехнические изделия. Примерно 30% сгораемой массы приходится на пластиковые детали, обшивку, отделку и т.д. Доля горюче-смазочных, лако-красочных и отделочных материалов составляет около 10%.



Рис. 3. Обстоятельства возникновения пожаров (взрывов) на автотранспорте

Максимальное количество пожароопасных веществ содержится в автопоездах, перевозящих жидкое топливо. Самые длинные бензовозы, производимые и используемые в Австралии, представляют собой дизельные тягачи мощностью 450–600 л.с., сцепленные с 7 прицепами. Они транспортируют до 200 тонн груза на скорости 100–120 км/ч. Тормозной путь таких ав-топоездов составляет до 1 км, и из-за плохой маневренности и невозможности своевременно сбросить скорость движение их в городах запрещено. Рекордно длинный автопоезд имел длину 1474,3 м и насчитывал 104 прицепа.

Источники зажигания также присутствуют в процессе автотранспортных перевозок. Температура отработанных газов по длине выхлопного тракта со-

ставляет 800–830 °С, температура на поверхности тракта достигает 710–770 °С [2]. Как показывает практика и натурные испытания, при разгерметизации систем с пожароопасными жидкостями возгорание возможно даже после остановки двигателя (в течение 14 мин) [3]. Вспышка паровоздушной смеси может произойти также при нарушении правил пользования предпусковым подогревателем, сварочных работах вблизи топливного бака или топливопроводов из-за пролитого масла в моторном отсеке [4].

Исключить присутствие горючих веществ и источников зажигания в автотранспортном перевозочном процессе в условиях современной экономики не представляется возможным, но снизить пиковые уровни ущерба от аварий при автоперевозке топлива – необходимая мера.

Выработка превентивных мер, направленных на предупреждение и снижение ущерба от автотранспортных катастроф при перевозке топлива, требует прогнозных оценок последствий аварий. Методы исследований закреплены ГОСТ 12.1.004–91 [5], ГОСТ Р 12.3.047-2012 [6]. При определении расчетных величин пожарного риска, оценке последствий аварийных взрывов и т.п. используются соответствующие методики, утвержденные в установленном порядке [7–12].

Пожар и взрыв бензовозов в результате ДТП возможны в результате удара цистерн о дорожное покрытие, землю, придорожные сооружения и конструкции, другие транспортные средства. В результате удара в цистерне возможно образование разрывов, пробоев, аварийных отверстий, через которые топливо выбрасывается или истекает в окружающее пространство и прилегающую территорию. В процессе развития аварии в результате механических ударов и трения возникает множество тепловых источников (искр, нагретых поверхностей), которые могут воспламенить пары топлива и спровоцировать возникновение пожара. Если же неповрежденная цистерна окажется в очаге пожара или под воздействием теплового облучения, возможен разрыв стенок из-за возрастания внутреннего давления, выброс перегретого топлива в окружающую среду и сгорание в виде «огненного шара». Разрыв цистерны в очаге пожара известен как BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion – взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости). Данное явление представляет серьезную опасность, так как сопровождается мощной взрывной волной и жестким тепловым излучением, способным привести к возгоранию объектов на сравнительно большом расстоянии от эпицентра аварии, а также к поражению людей, находящихся в зоне аварии.

BLEVE может возникнуть не только в результате схода с трассы и опрокидывания автопоезда, но в результате отказа технических систем непосредственно в процессе движения. Так, в результате заклинивания и перегрева тормозных колодок на движущемся бензовозе возможно возгорание смазочных материалов, распространение горения на шины и другие узлы и системы. В результате пожар будет развиваться непосредственно под цистерной с бензином, что приведет к возникновению BLEVE.

Механизм возникновения BLEVE связан с нагревом содержимого цистерны в очаге пожара до температуры, превышающей нормальную температуру кипения топлива. При этом между стенками и топливом возникает паровая прослойка, а внутреннее давление на стенки резко возрастает. За счет нагрева несмоченных стенок цистерны уменьшается предел их прочности, в результате чего через некоторое время цистерна разрывается с возникновением взрывной волны и крупномасштабного диффузионного горения («огненного шара»).

Возможность возникновения BLEVE для цистерны определяют по методике, представленной в ГОСТ Р 12.3.047-2012, на основе расчета доли горючего вещества, способного мгновенно перейти в газообразное состояние. Эта доля зависит от давления срабатывания предохранительного клапана цистерны, которое определяет предельную температуру нагрева топлива. Для цистерны с бензином указанная температура составляет:

$$t = \frac{B}{A - \lg P_k} - C_A = 150^\circ\text{C},$$

где A , B , C_A – константы Антуана, равные 1 325; 5,29; 275,99 соответственно;

P_k – давление срабатывания предохранительного клапана цистерны (150 кПа).

Доля горючего вещества, способного мгновенно перейти в газообразное состояние, оказалась равной:

$$\delta = \frac{C_p(t - t_b)}{L} = 0,82,$$

где C_p – удельная теплоемкость жидкой фазы бензина (2 290 Дж.кг⁻¹.К⁻¹);

t – температура насыщенного пара бензина при давлении срабатывания предохранительного клапана (150 °С);

t_b – температура кипения бензина при нормальном давлении (28 °С);

L – удельная теплота испарения бензина при $t_{кип}$ (342 370 Дж.кг⁻¹).

При превышении доли предельного значения, равного 0,35, вероят-ность возникновения BLEVE велика. То есть при попадании бензовоза в очаг пожара произойдет разрыв цистерны с возникновением «огненного шара» и волной избыточного давления. Защита от BLEVE может быть достигнута путем устройства на раме бензовоза (тягача и прицепа) систем автоматического обнаружения и тушения пожара для подавления очага горения.

Профилактика взрыва автотранспортного средства напрямую связана с эффективностью работы противопожарных систем на транспортных средствах, которая должна определяться безопасностью эксплуатации, высокими огнетушащими свойствами, надежностью срабатывания, длительным сроком службы, низкой стоимостью. Отметим, что условия эксплуатации противопожарных систем на автотранспорте предполагают высокие динамические перегрузки (удары до 20g), вибрации в диапазоне частот 5–500 Гц и амплитудой до 10g, длительное воздействие температур до +125 °С и резкие перепады от -60 до +125 °С, воздействие повышенной влажности и водяных струй, набегающего воздушного потока с частицами пыли и песка, электрических разрядов, агрессивных сред (пары топлива), а также плотную компоновку оборудования, включающую топливопроводы, электрокоммуникации под напряжением и др. [13]. Средства пожаротушения должны иметь срок пригодности не менее 10 лет (срок службы автомобиля) и не требовать ремонтных и регламентных работ. Наиболее полно отвечают задаче тушения пожаров на автотранспорте аэрозольные и порошковые средства, поскольку являются устойчивыми к различным эксплуатационным нагрузкам, отвечают требованиям эффективности, оптимальны по массогабаритным показателям и удельной стоимости.

Литература:

1. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. Экспериментальные исследования закономерностей разлива горючей жидкости при поджоге автомобиля // Исследование пожаров: сб. ст. М.: Изд-во ВНИИ-ПО, 2005. Вып. 1. С. 40–48.
2. Булочников Н.М., Зернов С.И., Становенко А.А., Черничук Ю.П. Пожар в автомобиле: как установить причину? Практическое пособие. М.: Изд-во ООО «НПО «Флогистон»», 2006. 224 с.
3. Лобаев И.А., Плешаков В.В., Вечтомов Д.А., Данилов А.М. О пожарной опасности нагретых деталей выхлопного тракта легкового автомобиля [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2014. Вып. 1 (53). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-1/05-01-14.ttb.pdf> (20.09.2018).
4. Голяев В.Г., Ефимов С.Г. Рекомендации по расследованию пожаров на автомобильном транспорте. СПб.: ИПЛ УГПС Санкт-Петербурга и Ленинградской области, 2001. 98 с.
5. ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования (с изменением № 1); утв. постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.06.1991 г. № 875 [Электронный ресурс] / Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (20.09.2018).
6. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля; утв. приказом Росстандарта от 27.12.2012 г. № 1971-ст [Электронный ресурс] / Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103505> (20.09.2018).
7. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах; утв. приказом МЧС РФ от 10.07.2009 г. № 404 [Электронный ресурс] / Гарант. Информационно-правовое обеспечение. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/196118/paragraph/31171:0> (20.09.2018).
8. Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ. Руководство по безопасности; утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 апреля 2015 г. № 158 [Электронный ресурс]. URL: <https://tk-servis.ru/uploads/files/ntd-20150721-102852.pdf> (20.09.2018).
9. Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи. Руководство по безопасности; утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17.08.2015 г. № 317 [Электронный ресурс] / Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420302834> (20.09.2018).
10. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. Руководство

- по безопасности; утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31.03.2016 г. № 137 [Электронный ресурс] / Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133802> (20.09.2018).
11. Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Руководство по безопасности; утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.04.2016 г. № 144 [Электронный ресурс] / Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133801> (20.09.2018).
12. Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и магистральных нефтепродуктопроводов. Руководство по безопасности; утв. приказом Федеральной службы по экологическому, техно-логическому и атомному надзору от 17 июня 2016 г. № 228 [Электронный ресурс]. URL: <https://tk-servis.ru/uploads/files/ntd-20160726-112340.pdf> (20.09.2018).
13. Бедрина Е.А., Скопина Е.О. Обеспечение пожарной безопасности колесного транспортного средства // Архитектура, строительство, транспорт: материалы Междунар. научно-практ. конф. (к 85-летию СибАДИ) (Омск, 02–03 декабря 2015 г.). Омск: Изд-во СибАДИ, 2015. С. 1220–1226.