



Redakcja naukowa

Dariusz SKALSKI

Jerzy TELAK

Ewa ZIELIŃSKI

Dawid CZARNECKI

***KULTURA FIZYCZNA, MEDYCYNA,
ZARZĄDZANIE i BEZPIECZEŃSTWO
Współczesne aspekty***

Gdańsk 2020



***KULTURA FIZYCZNA, MEDYCYNA,
ZARZĄDZANIE i BEZPIECZEŃSTWO***

Współczesne aspekty



***KULTURA FIZYCZNA, MEDYCYNA,
ZARZĄDZANIE I BEZPIECZEŃSTWO***

Współczesne aspekty

Redakcja naukowa

Dariusz Skalski

Jerzy Telak

Ewa Zieliński

Dawid Czarnecki

Gdańsk 2020

**Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu imienia Jędrzeja Śniadeckiego w
Gdańsku**

Recenzja

Natalia Nesterchuk

Sekretarz redakcji

Katarzyna Dzierżanowska

Korekta, skład i łamanie

Jerzy Telak

Radosław Zwara

Okładka

Dariusz Skalski

Zdjęcie na okładce Dariusz
Skalski

Zawartość monografii, objęta Creative Commons 4.0 BY NC ND, Niniejsza
monografia została opublikowana w wersji cyfrowej na:

<https://zenodo.org/>

Liczba znaków ze spacjami: 532 062

Liczba grafik: 112 x 1 000 znaków (ryczałt) = 112 000 znaków Razem: 644
062 znaków 16,10 arkusza wydawniczego

**Copyright © by Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im.
Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku, Gdańsk 2020**

Wydawnictwo uczelniane

Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego

ul. Kazimierza Górskiego 1, 80-336 Gdańsk tel. +4858 554 71 61

wydawnictwo@awf.gda.pl

ISBN 978-83-62390-83-0

Spis treści

Słowo od redaktorów	7
Wstęp	9
Bezpieczeństwo ekologiczne państwa <i>Dawid Czarnecki, Dariusz Skalski, Michał Tuz, Radosław Zwara</i>	15
Wpływ Chin na kształtowanie globalnej polityki bezpieczeństwa wobec pandemii koronawirusa	
<i>Weronika Jakubczak</i>	24
Działania nieregularne sił Obrony Terytorialnej	
<i>Ryszard Jakubczak</i>	36
Straż Ochrony Kolei wobec zdarzeń zagrażających bezpieczeństwu na obszarze kolejowym	
<i>Piotr Wulgaris</i>	51
Doskonalenie metod ochrony przeciwpożarowej pojazdów	
<i>Andriy Gawryliuk, Wolodymyr Dubasiuk</i>	68
Rozwój sytuacji kryzysowej i przebieg działań organów administracji rządowej i samorządu powiatowego w związku z przejściem Trąby powietrznej na terenie gminy Osiek i Smętowa Granicznego <i>Dawid Czarnecki, Dariusz Skalski, Radosław Zwara, Michał Tuz</i>	94
Motivational management in structure of professional activity of a personality-specialist	
<i>Mariana Kupchak, Andriy Samilo</i>	110
Improvement of extinguishing peat fires with deep fire hose nozzle	
<i>Dmytro Rudenko</i>	130
Uwarunkowania przestrzenne i modelowanie profili ofiar wypadków utonięcia w zbiornikach wodnych województwa zachodniopomorskiego	
<i>Mariusz Sikora</i>	160
Postępowanie ratowników medycznych z chorym z tamponadą serca	
<i>Anna Kowalska, Maciej Zieliński, Dariusz Skalski, Ewa Zieliński</i>	174
Rola i znaczenie diety osób uczęszczających na zajęcia fitness <i>Agnieszka Supińska, Agnieszka Zabrocka, Karolina Pawlikowska</i>	187
Wiek i wyniki finalistów indywidualnych konkurencji pływackich na Igrzyskach Olimpijskich w 2008 i 2012 roku <i>Piotr Makar, Arkadiusz Stanula, Dariusz Skalski, Alicja Pęczak–Graczyk, Andrzej Ostrowski</i>	198
Gwiazdy sportu jako idole a edukacja zdrowotna	
<i>Dariusz Skalski, Damian Kowalski, Oksana Zbolotna, Maciej Zieliński, Paulina Kreft</i>	218

Doskonalenie metod ochrony przeciwpożarowej pojazdów

Andriy Gawryliuk¹, Wolodymyr Dubasiuk²

¹ Państwowy Uniwersytet Bezpieczeństwa Życia we Lwowie

² Komenda Wojewódzka Państwowej Służby Ukrainy ds. Sytuacji Nadzwyczajnych w obwodzie Lwowskim

Słowa kluczowe: pożary, zwarcia elektryczne, system przeciwpożarowy, pojazdy elektryczne

Streszczenie

Celem pracy była identyfikacja trendu rozwoju motoryzacji, problemów i zagrożeń związanych z eksploatacją samochodów, w pożarowych. Na podstawie analizy zdarzeń pożarowych wykazano zróżnicowane zagrożenia ze względu na rodzaj i typ pojazdu. Zidentyfikowano i pogrupowano główne przyczyny pożarów w pojazdach samochodowych. Wskazano, że pojazdów samochodowych prowadzą do największej statystycznie liczby ofiar. Przeanalizowano akty prawne mające zapewnić ochronę przeciwpożarową pojazdów oraz zasadność stosowania gaśnic. Opracowano rozwiązania systemu wykrywania i gaszenia pożarów w komorach silnika pojazdu i zasady działania systemu automatycznego gaszenia aerozolem w kabinie pasażerskiej samochodu z napędem spalinowym i elektrycznym.

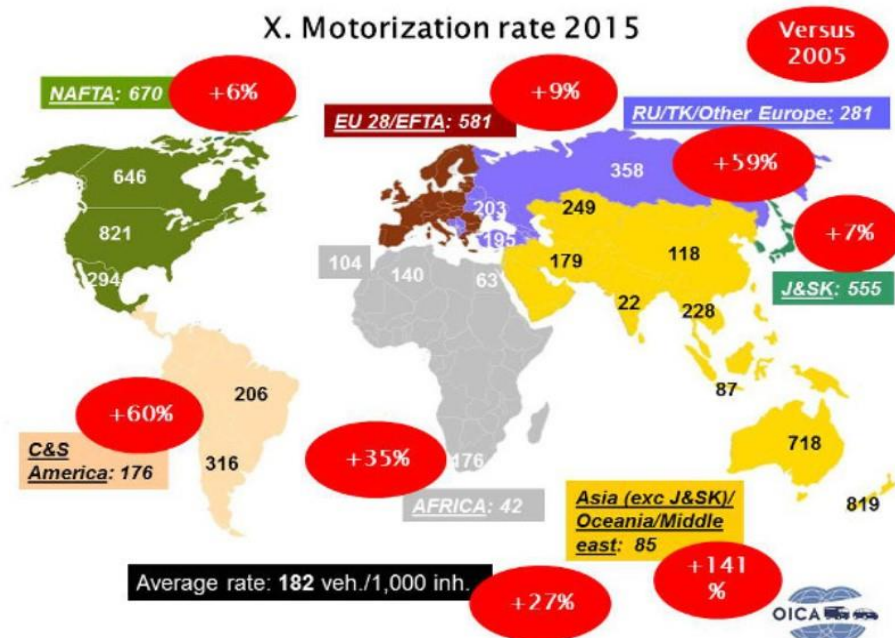
Wstęp

Liczba samochodów, które zaprojektowano z myślą o komforcie i potrzebach ludzi w transporcie pasażerów lub towarów na świecie stale rośnie.

Jest to spowodowane rosnącą populacją na planecie, która tworzy popyt na pojazdy, rozwojem światowej gospodarki, która pozwala zapewnić więcej pojazdów na 1000 osób, oraz postępowaniem naukowym i technologicznym, który stymuluje produkcję większej liczby pojazdów ekonomicznych i ekologicznych.

Według statystyk OICA (Międzynarodowa Organizacja Producentów Pojazdów Samochodowych) tylko w 2018 r. wyprodukowano ponad 95 milionów pojazdów na świecie, w tym pojazdów prywatnych, natomiast całkowita liczba samochodów przekroczyła 1,3 miliarda. Liczbę samochodów na 1000 mieszkańców w różnych krajach pokazano na rycinie 1.¹

¹ International Organization of Motor Vehicle,
<http://www.oica.net/category/productionstatistics/2018-statistics/>

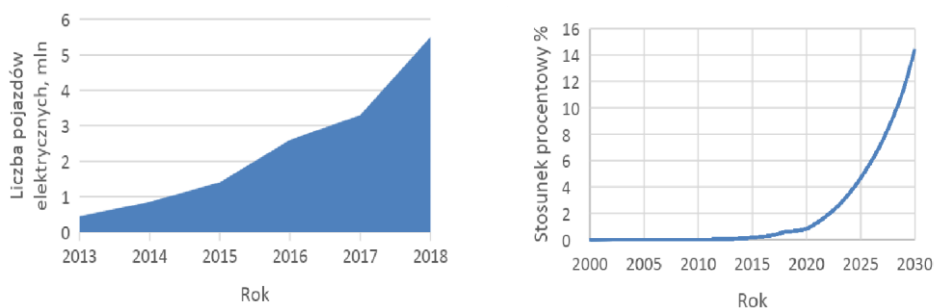


Rycina 1. Liczba samochodów na 1000 mieszkańców w różnych krajach
 Źródło: International Organization of Motor Vehicle,
<http://www.oica.net/category/production-statistics/2018-statistics/>

Pojazdy elektryczne (EV), które wypierają silniki spalinowych (ICE). Silniki elektryczne mają stosunkowo niski koszt eksploatacji w porównaniu do silników na paliwa płynne, nie posiadają obiegu oleju, często chłodzone są powietrzem. Komunikacji elektryczna zmniejsza zależność kraju od ropy naftowej, sprawność pojazdów z napędem elektrycznym (blisko 80%) jest dwukrotnie wyższa od sprawności pojazdów spalinowych. Silnik elektryczny posiada najwyższą efektywność konwersji energii na ruch (ponad 90%) oraz o wiele prostszą budowę, a przy wysokim momencie obrotowym już od pierwszych obrotów do maksymalnych oraz płynnej regulacji obrotów nie wymaga skrzyni biegów. Pojazdy z takimi silnikami są cichsze i czyste ekologicznie, mogą odzyskiwać prąd w czasie hamowania. Przy wypadku drogowym zmniejsza się ryzyko zapłonu pojazdu, detonacji pojazdu podczas tankowania. Baterie litowo-polimerowe mogą spowodować pożar, ale nie wybuch².

Dynamikę rozwoju pojazdów elektrycznych, ich liczbę na świecie i prognozowaną wielkość przedstawiono na rycinie 2.

² International Energy Agency, "Global EV Outlook 2018", International Energy Agency, 2018; IEA, "Transport sector CO2 emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030", IEA, Paris, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>.



Rycina 2. Dynamika i prognoza rozwoju pojazdów elektrycznych na świecie³

Wraz ze wzrostem liczby samochodów rośnie zakres zagrożeń powodowanych przez pojazdy. Te problemy i niebezpieczeństwa obejmują niezdolność istniejącej sieci drogowej do zapewnienia pojemności dla dużej liczby pojazdów, szczególnie na obszarach miejskich. Powoduje to szereg niedogodności: kongestię, zmniejszenie średnią prędkość ruchu, wzrost zużycia paliwa. Problem stanowi budowa parkingów, opracowanie przepisów prawnych dotyczących eksploatacji, kompleksowe badania scenariuszy sytuacji awaryjnych z udziałem pojazdów, w tym pożarów. Wzrost liczby pojazdów powoduje wzrost zdarzeń pożarów. Wynika to z rosnącego zastosowania palnych materiałów syntetycznych. Ze statystyk wynika, że w 2. dekadzie XXI w. z 7 milionów pożarów zarejestrowanych rocznie na świecie 18% dotknęło pojazdy (2. pozycja po pożarach w budynkach mieszkalnych)⁴. Każdego roku w tego rodzaju pożarach ginie ponad 3000 osób, a straty materialne przekraczają 1 miliard dolarów⁵.

Pożary powstają w różnych pojazdach, od samochodów prywatnych po autobusy, ciężarówki, maszyny budowlane, inżynieryjne i rolnicze, zaprojektowane do wykonywania różnych rodzajów pracy. Według badań autobusy są najbardziej niebezpiecznym środkiem transportu, ze względu na ryzyko powstania pożaru, co jest spowodowane kilkoma czynnikami, a zwłaszcza obecnością dużej liczby pasażerów, która może dotrzeć do 40–60 osób. Prawdopodobieństwo zapłonu autobusu jest 2,3 razy wyższe niż w samochodach osobowych i 8 razy wyższe

niż w pociągach⁶.

³ IEA, "Electric car market share in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030", IEA, Paris, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-car-market-share-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>.

⁴ A. Furness, M. Muckett, *Risk. Introduction to firesafety management*, ButterworthHeinemann, 2007, s. 440.

⁵ National FireProtectionAssociation. The authority on fire, electrical and building safety, <http://www.nfpa.org>.

Wiele pożarów zdarza się w autobusów w USA i Niemczech⁷. Ostatnie rezonansowe pożary to, np.: zapłon autobusu podczas jazdy w południowych Chinach (2018), zginęło ponad 20 osób; we Francji w wyniku kolizji nastąpił wybuch w autobusie (2015), zginęły 43 osoby. Głównymi przyczynami zapłonu autobusów w kabinie są awarie sprzętu elektrycznego i podpalenia⁸, w komorze silnika wycieki paliwa w połączeniu z łukami elektrycznymi lub iskrami⁶, a także zapłon w obszarze kół z powodu zablokowania łożysk lub hamulców z późniejszym zapłonem otaczających elementów⁷.

Pożary ciężarówek charakteryzują się szybkim rozwojem i długim czasem spalania, ponieważ mają duży zapas paliwa i mogą transportować łatwopalne, a nawet lekko łatwopalne substancje, które mogą wybuchnąć. 30–35% pożarów samochodów ciężarowych, które spowodowały ofiary wśród ludzi, pochodziło z układu paliwowego⁸.

Badanie przeprowadzone w 2008 r. wykazało, że prawdopodobieństwo zagrożenie ciężarówek jest pięciokrotnie wyższe niż samochodów osobowych. Jednym z powodów zapłonu ciężarówki jest umieszczenie zbiorników paliwa pod kabiną i za obiema stronami przedniej osi, co czyni je podatnymi na kolizję i skutkuje kolizją podczas wypadku⁹.

W samochodzie osobowym zbiornik paliwa znajduje się za tylną osią, dzięki czemu jest lepiej chroniony. Źródłem zapłonu ciężarówek są nagrzane elementy

⁶ M. Shipp, *Vehicle fires and fire safety in tunnels*, *Tunnel Management International*, Vol. 5, No. 3, s. 200; M. Ahrens, *Highway vehicle fire data based on the experiences of US fire departments*, "Fire and Materials", Volume 37, Issue 5, 2012.

⁷ Bus fires in the United States: Statistics, Cause and prevention, Robert A. Crescenzo, Second International Conference on Fires in Vehicles, September 27-28, 2012, Chicago, USA; A. Hoffmann, S. Dulsen, *Study on smoke production, development and toxicity in bus fire – final report*, FE 82.0377/2009, BAM Federal Institute for Materials and Research, Berlin, 2013. ⁸ J. Axelsson, B. Reinicke, *WP 1 Report: Bus and coach fires in Sweden and Norway*, SP Report 2006, 26, Sweden 2016.

⁶ Y. Shiosaka, Y. Kuboike, *Research on the Evacuation Readiness of Bus Crews and Passengers – Investigation of Current Bus Exit Performance and Effect of Easy-to-Understand Emergency Exit display*, 5th International Technical Conference on the Enhancement Safety on Vehicles, Australia, 1996.

⁷ E. Johnsson, J. Yang, *Motorcoach Flammability Project Interim Report, Tire Fire Penetration into the Passenger Compartment*, NIST Technical Note 1653, USA, 2010; E. Johnsson, J.C. Yang, *Experimental study on fire fire penetration into a motor coach passenger compartment*, "Fire and Materials", Volume 38, Issue 1, 2012.

⁸ D. Blower et al, *Study Methodology Large Truck Crash Causation Study Analysis*, FMCSA, 2005.

⁹ R. Ray et al., *Fire in Large Truck Crashes: Comparing Results from the Large Truck Crash Causation Study with FARS and NASS/GES Data*, SAE 2008-01-0255.

układu wydechowego, iskry mechaniczne i potężne akumulatory¹⁰.

Globalna liczba samochodów osobowych (ponad 1 mld) ma wpływ na liczbę ich pożarów (ponad 70% pożarów pojazdów)¹¹. Całkowity czas spalania samochodu wynosi 15-20 minut. Głównymi przyczynami pożarów są awarie elektryczne i rozhermetyzowanie układu paliwowego, około 60% pożarów ma miejsce w komorze silnika¹².

Szczególne uwagę zwraca się, na których liczba stale rośnie. Niebezpieczeństwo pożaru pojazdu elektrycznego i hybrydowego wiąże się z akumulatorem (najczęściej litowo-jonowy). Ten rodzaj źródła zasilania może się włączyć, a nawet wybuchnąć, gdy zostanie mechanicznie uszkodzony lub naładowany. Lit zawarty w akumulatorach podczas interakcji z wodą reaguje uwolnieniem wodoru, stwarzając ryzyko powstania mieszaniny wybuchowej.

Przyczyny pożarów w pojazdach

Zagrożenie pożarowe samochodów wiąże się z obecnością dużej ilości substancji palnych. Najbardziej niebezpieczne są łatwopalne i lekko łatwopalne ciecze, tj. paliwa, smary, płyny chłodzące i płyny hamulcowe, które początkowo wspomagają spalanie. W silnikach gaźnikowych i na wtryskiwaczach stosuje się jako paliwo płynne, które jest mieszaniną węglowodorów i specjalnych dodatków zaprojektowanych w celu poprawy wydajności. Węglowodory zawarte w benzynie gotuje się w temperaturze od 35 ° C do 200 ° C. Benzyna jest stosowana w silnikach z wymuszonym zapłonem gotowej mieszanki gazowo-powietrznej z iskier. Są niezwykle niebezpieczne pod względem ryzyka pożaru. Charakterystykę różnych marek benzyny podano w tabeli 1.

¹⁰ C. Ferrone, C. Sinkovits, *Fire and Explosion Investigations: Why Heavy Trucks May Burn*, ASME 2006 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. American Society of Mechanical Engineers, (2006), ss. 1-10.

¹¹ T.L. Bunn, S. Slavova, M. Robertson, *Crash and burn? Vehicle, collision, and driver factors that influence motor vehicle collision fires*, "Accident Analysis & Prevention" 47 (2012), ss. 140-145.

¹² M. Ahrens, *Highway vehicles fire data*, "Fire in Vehicles", Sept 2010, Gothenburg, Sweden.

Tabela 1. Wskaźniki niebezpieczeństwa pożarowego benzyny¹³

Rodzaj Benzyny	Temperatura zapłonu	Temperatura Samozapłonu °C	Granice wybuchowości, %		Temperatura granice zapłonu płomienia, °C	
			Dolna	Górna	Dolna	Górna
A-93	-37	360	0,79	6,14	-37	-6
A-95	-39	370	0,76	5,16	-27	-8

W przeciwieństwie do benzyny, olej napędowy zawiera ciężkie węglowodany, których temperatura wrzenia jest od 280 ° C do 360 ° C. W silnikach wysokoprężnych cylinder powietrza jest bardzo gorący w wyniku szybkiego i silnego sprężania przez tłok. W momencie maksymalnego sprężania w cylinder jest wtryskiwany pod ciśnieniem olej napędowy, który wybuchą ze sprężonym powietrzem. Charakterystykę różnych marek oleju napędowego podano w tabeli 2.

Tabela 2. Wskaźniki niebezpieczeństwa pożarowego oleju napędowego¹⁷

Rodzaj oleju napędowego	Temperatura zapłonu, °C	Temperatura samozapłonu, °C	Graniczna temperatura zapłonu płomienia, °C	
			Dolna	Górna
ДЗ	59	237	54	98
ДЛ	65	225	64	116
ДС	92	231	76	146
ДТ-1	110	370	99	135
ДТ-2	110	350	91	155

Jako paliwo stosuje się skroplone gazy naftowe (LPG) i sprężone gazy ziemne (LNG) w silnikach spalinowych, które mają wysoką wydajność techniczną i ekonomiczną, mają dobre właściwości przeciwstukowe, stwarzają korzystne warunki spalania i mają szerokie granice zapłonu powietrza. Etanol, butan i propan, które są przechowywane w butlach pod ciśnieniem 1,0 – 2,0 MPa, są wykorzystywane jako paliwo silnikowe w LPG. Zestaw urządzeń gazowych na LPG wraz z butlą mieści się w zakresie 40–60 kg.

LNG wykorzystuje wodór i metan, które są głównym składnikiem biogazu. Najczęstszy system magazynowania w samochodach sprężonego wodoru i metanu. Gazy te mają jednak niskie stężenie objętościowe energii (35,52–36,62 kJ/l), dlatego

¹³ A. Hoffmann, S. Dulsen, *Study on smoke production, development and toxicity in bus fire – final report*, FE 82.0377/2009, BAM Federal Institute for Materials and Research, Berlin 2013.

¹⁷ N.M. Bulochnykov, S.Y. Zernov, A.A. Stanovenko, Yu.P. Chernyuchuk, *Pozhar v avtomobile: kak ustanovyt prychnu?*, "FLYHYSTON" 2006, s. 224.

są przechowywane w cylindrach kompozytowych pod ciśnieniem 35 i 75 MPa¹⁴. Wodór jest wykorzystywany jako paliwo zarówno w czystej postaci, jak i w połączeniu z paliwami węglowodorowymi, podczas gdy emisja szkodliwych substancji do środowiska jest znacznie zmniejszona. Ze względu na wysoką aktywność fizyczną i chemiczną wodoru niewielki dodatek masowy (5–10%) do benzyny umożliwia zmniejszenie toksyczności spalin o 65–75%, przy najniższej zawartości NOx w produktach spalania obserwowanych przy obciążeniu mniejszym niż 50% maksymalnej mocy silnika, co właściwe dla eksploatacji pojazdów w środowisku miejskim. Charakterystykę gazów naturalnych podano w tabeli 3.

Tabela 3. Wskaźniki niebezpieczeństwa pożarowego gazów

Rodzaj	Bhutan	Metan	Propan	Wodór
Temperatura zapłonu, ° C	-69	87,8	-96	
Temperatura samozapłonu, ° C	405	537	470	510
Dolna / górna granica wybuchowości, % objętości	1,8/9,1	5,28/14,1	2,3/9,4	4,1/75
Minimalna energia zapalenia, MJ	0,25	0,28	0,25	0,017

Spalanie paliwa odbywa się w fazie pary lub gazu i charakteryzuje się koncentracyjnymi i temperaturowymi limitami rozprzestrzeniania się płomieni. Stężenia paliwa mogą powstawać we wnękach silnikowych i komorach pojazdu, najczęściej w komorze silnika. Ponieważ w komorze silnika odbywa się wymiana powietrza z środowiskiem zewnętrznym, możliwe jest tworzenie niebezpiecznych stężeń paliwa, a w wypadku obecności źródła zapłonu występuje zapłon. Źródłami zapłonu w komorze silnika mogą być części podgrzewane, iskry z urządzenia, zjawiska termiczne prądu elektrycznego podczas awaryjnej pracy urządzeń elektrycznych i otwarte płomienie.

Przypadkowe dostanie się paliwa do komory silnika jest możliwe w wyniku rozszczelnienia układu paliwowego. W takim przypadku paliwo może wypłynąć przez strumień, w postaci kropeł oraz w postaci mieszaniny pary z powietrzem. Gdy pojazd porusza się, przez układ chłodzenia, pompowana jest duża ilość powietrza i w takich przypadkach rzadko osiąga się koncentrację niebezpieczną. Dlatego najkorzystniejsze warunki do osiągnięcia tych stężeń powstają po zatrzymaniu pojazdu.

Minimalna energia iskry zapłonowej dla metanu wynosi 0,28 MJ, dla benzyny 0,23 – 0,41 MJ, a dla wodoru wartość ta jest prawie o rząd wielkości mniejsza niż 0,017 MJ. Energie zapłonowe wszystkich trzech substancji są wystarczająco niskie,

¹⁴ A.S. Kroteev, *Prespektyvu yspolzovanyia vodoroda v transportnykh sredstvakh*, in: A.S. Koroteev, V.V. Myronov, V.A. Smoliarov, *Alternatyvnaia enerhetyka y ekolohyia*, 2004 № 1, s. 5-13.

więc zapłon występuje nawet w obecności słabych źródeł zapłonu, takich jak wyładowania iskrowe lub mocno nagrzane powierzchnie.

W samochodzie znajdują się łatwopalne ciecze, tj. oleje silnikowe i przekładniowe, płyny chłodzące i hamulcowe, których charakterystykę podano w tabeli 5.

Tabela 4. Wskaźniki bezpieczeństwa pożarowego niektórych cieczy palnych¹⁵

Nazwa płynu	Grupa łatwopalności	Temperatura, ° C		
		wybuch	zapłon	Samozapłon
Olej mineralny	Ciecz łatwopalna	222	228	-
Olej syntetyczny	Ciecz łatwopalna	235	245	-
Smar LITOL	Jasnobrązowa ciecz łatwopalna	221	231	364
Smar FOLE	Jasnobrązowa ciecz łatwopalna	259	304	402
Olej przekładniowy TYPU B 80W90	Ciecz łatwopalna	220	290	-

W komorze silnika samochodu znajduje się silnik i części układu, które zapewniają działanie silnika i samochodu, jako całości. Materiały łączące to rury metalowe, gumowe, plastikowe. Polietylen i inne tworzywa sztuczne są używane do tworzenia zbiorników wyrównawczych układu silnika. Wiele części korpusu komory silnika jest wykonana z tworzywa sztucznego i materiałów kompozytowych. Ponadto niektóre samochody mają koło zapasowe. Charakterystykę wybranych materiałów palnych, z których wykonane są części samochodowe w komorze silnika, podano w tabeli 6.

Tabela 5. Wskaźniki bezpieczeństwa pożarowego niektórych materiałów¹⁶

Nazwa materiału	Grupa łatwopalności	Temperatura, ° C		
		Wybuch	zapłon	topienia
Polietylen	Palny	417	306	120
Polipropylen	Palny	325-388	325-343	165
Viniplast	Palny	580	580	-
Polistyren	Palny	486	343	-
Guma	Palny	350	-	-
Płyta z włókien drzewnych	Palny	345	222	-

¹⁵ N.M. Bulochnykov, S.Y. Zernov, A.A. Stanovenko, Yu.P. Chernychuk, *Pozhar v avtomobile: kak ustanovyt prychynu?*, "FLYHYSTON" 2006, p. 224.

¹⁶ *Pozhar v avtomobile: kak ustanovyt prychynu?* / N.M. Bulochnykov, S.Y. Zernov, A.A. Stanovenko, Yu.P. Chernychuk, – M: «FLYHYSTON», 2006.- 224 s.

Poniżej scharakteryzowano główne materiały palne, które są w układzie samochodu i stanowią obciążenie ogniowe samochodu.

Materiały polimerowe, skala zastosowania tworzyw sztucznych przy produkcji i naprawach samochodów rośnie z każdym rokiem. Liczba plastikowych części w poszczególnych samochodach domowych sięga 350, a ich łączna waga 100 kg i więcej. Są to głównie małe części, które nie przenoszą dużych obciążeń. Produkowane są plastikowe zbiorniki paliwa, kabiny, korpusy z włókna szklanego, okapy, skrzydła, pojedyncze elementy kabiny - wzmocnione tworzywa sztuczne.

Tworzywa termoplastyczne mają wysoką zdolność pochłaniania energii, co jest ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa w wypadku samochodowym. Energia odkształcenia w kilodżulach na 1 kg masy materiału: blacha stalowa – 15; konstrukcja stalowa – 39; tworzywa termoplastyczne – 50. Części samochodowe wykonane są z następujących tworzyw termoplastycznych:

- zbiorniki spryskiwaczy szyby przedniej, zbiorniki paliwa – polietylen;
- zderzaki – pólstyren poliuretan;
- wentylatory i podszewka chłodnicy – polipropylen, żywica nylonowa;
- odznaki, kołpaki – żywica metalokrylowa;
- koła zębate – nylonrezin, poliacetal;
- izolacja drutów – polichlorek winylu;
- tapicerka stojaków na ciała - polipropylen;
- obręcz kierownicy – sztywny polichlorek winylu, polipropylen, podłoga – sztywny uretan;
- deski rozdzielcze – tlenek polidimetylofenylenu;
- popielniczki – fenolrezyna;
- zagłówki – miękki polichlorek winylu i uretan;
- podłokietniki – sztywny polichlorek winylu, polietylen.

Produkty z tworzyw sztucznych stanowią znaczne zagrożenie pożarowe. Właściwości przeciwpożarowe tworzyw sztucznych charakteryzują się palnością, intensywnością spalania, temperaturami zapłonu i samozapłonu, ciepłem spalania, zdolnością do dymu i rozkładem termicznym z uwalnianiem substancji toksycznych.

Palność tworzyw sztucznych zależy od stosunku ciepła uwalnianego podczas spalania oraz ciepła wymaganego do ich tworzenia. Zmniejszenie szybkości tworzenia dymu (gazu) pod działaniem ciepła i zmniejszenie ilości tworzenia się produktów palnych prowadzi do zmniejszenia palności.

Wpływ otwartego ognia, promieniowania cieplnego płomieni, iskry na wyrobach gumowych (WG) prowadzi do utraty wytrzymałości i właściwości elastycznych, termicznego zniszczenia warstwy powierzchniowej i zapłonu produktów termicznego zniszczenia. Spalanie WG jest podobne do spalania tworzyw sztucznych, więc metody ochrony są takie same: wprowadzenie środków zmniejszających palność

i zastosowanie środków zmniejszających palność. Jedną z cech WG jest odporność na ciepło ze względu na maksymalną dopuszczalną temperaturę roboczą.

Farby i lakiery (FL). Służą do tworzenia warstwy ochronnej na pomalowanej powierzchni, która chroni materiał przed niszczącym działaniem środowiska oraz do dekoracji elementów. Zagrożenie pożarowe zależy od odporności na ciepło, szybkości parowania i degradacji termicznej składników FL i ich toksyczności. Odporność cieplna większości pigmentów organicznych i substancji pomocniczych jest ograniczona temperaturą 423 – m 473 K. Odporność cieplna powłoki na bazie krzemooorganicznej wynosi 523 – 773 K.

Dlatego w konstrukcji pojazdu stosuje się dużą liczbę palnych materiałów, szczególnie w komorze silnika. Należą do nich guma, tworzywa sztuczne, drewno, tkaniny itd. Zbiorniki i rurociągi różnych układów pojazdu zawierają paliwo, smary i innych łatwopalne środki. Całkowita masa substancji palnych w strukturze samochodu wynosi ok. 10% całkowitej jego masy¹⁷.

Prawie, co drugi pożar samochodu jest związany z prądem elektrycznym. Zagrożenie pożarowe pojazdów zależy od niezawodnego działania całego układu elektrycznego samochodu, jego komponentów i jednostek. Dla powstania pożaru jest potrzebny potężny impuls cieplny, co spowoduje podgrzanie substancji lub materiału i spowoduje pożar. Ocena zagrożenia pożarowego urządzeń elektrycznych musi być związana z oceną ogrzewania termicznego poszczególnych elementów. Dlatego konieczna jest analiza stanu termicznego najbardziej niebezpiecznych elementów sprzętu elektrycznego.

Układ elektryczny pojazdu jest różnorodny pod względem przeznaczenia, rodzaju, właściwości oraz, co najważniejsze, lokalizacji elementów elektrycznych na pokładzie samochodu. Tego rodzaju urządzenia elektryczne są połączone przez styki elektryczne (silniki, kondensatory, cewki, dławiki itp.), elektrycznych elementów grzejnych (sygnalizatory świetlne, systemy ogrzewania siedzeń, urządzenia zaprojektowane w celu ułatwienia uruchomienia silników) i oczywiście kable. Wszystkie te urządzenia i produkty, przechodząc przez nie prądu elektrycznego wytwarzają ciepło, które musi zostać rozproszone w środowisku, aby urządzenie działało w normalnym trybie bez nagłego przegrzania. Dlatego do oceny zagrożenia pożarowego urządzeń elektrycznych pojazdów konieczne jest przejście od najbardziej

prawdopodobnych stanów termicznych elementów tego sprzętu elektrycznego w trybach normalnym i awaryjnym.

¹⁷ V.I. Hudym, *Analiz system ta ahrehativ avtotransportnykh zasobiv za rivnem pozhezhnoi nebezpeky*, V.I. Hudym, A.F. Havryliuk, *Pozhezhna bezpeka*, zb. nauk. pr. – Lviv : LDUBZhD, 2013 № 23, ss. 58-63.

W normalnych trybach pracy pojazdu, gdy temperatury silnika oraz innych jednostek termicznych mieszczą się w zakresie temperatur określonych przez warunki eksploatacji, najbardziej niebezpieczne z punktu widzenia możliwości przegrzania i wystąpienia trybów awaryjnych w sprzęcie elektrycznym jest komora silnika i miejsca o wysokiej temperaturze oraz możliwość zderzenia urządzeń elektrycznych z agresywnym środowiskiem, szczególnie z paliwem i smarami. Temperatura w komorze silnika może przekraczać temperaturę otoczenia o 100°C, a temperatura powierzchni niektórych części może osiągnąć 500°C lub więcej. W takich warunkach nie będzie normalnego rozpraszania ciepła w przewodzie, kable elektrycznym lub w innym sprzęcie elektrycznym pojazdu, co nieuchronnie doprowadzi do ich przegrzania do trybu awaryjnego.

Kable elektryczne są najbardziej prawdopodobnym miejscem dla trybów awaryjnych, ponieważ zniszczenie ich izolacji jest możliwe z powodu wpływów mechanicznych, chemicznych i wysokich temperatur. Izolacja PVC przewodów samochodowych nie jest w stanie utracić właściwości fizycznych i mechanicznych do 105°C, chociaż normalna temperatura pracy w samochodowych liniach energetycznych wynosi 70°C. Biorąc pod uwagę wysoką temperaturę w komorze silnika (szczególnie w ciężarówkach), można uznać, że izolacja takich linii energetycznych jest praktycznie na granicy swoich możliwości fizycznych, a zatem staje się całkiem zrozumiałą sytuacją z relatywnie dużą liczbą pożarów pojazdów z powodu problemów z urządzeniami elektrycznymi.

Ogrzewanie kabli elektrycznych w standardowych trybach pracy odbywa się w różnym stopniu, co zależy od ich przeznaczenia i właściwości technicznych. Na przykład, ogrzewanie linii zasilającej rozrusznik silnika występuje w długich (przedłużonych) trybach rozrusznika, a także wtedy, gdy przerwy między powtórными uruchomieniami są niewielkie. W takich trybach rozruchowych przewodniki mogą się nagrzewać, tracąc wytrzymałość izolacji i jej wyschnięcie.

Rozważmy stany termiczne wyposażenia elektrycznego pojazdów w trybach awaryjnych dla najbardziej typowych trybów zagrożenia pożarowego:

- zwarcie;
- przeciążenie elektryczne;
- duża rezystancja przejścia.

Zwarcie jest wynikiem spadku rezystancji, która może być spowodowana pojawieniem się nowego obwodu elektrycznego, który powstaje w wyniku zniszczenia izolacji drutu, przebicia elektrycznego przez izolację. Zwarcie może również wystąpić, gdy linia energetyczna zostanie zerwana z następnym zetknięciem jej niez izolowanych części przewodzących z elementami o innej biegunowości. Najczęstszym przypadkiem jest wystąpienie zwarcia w zniszczeniu izolacji elektrycznej, co jest spowodowane uszkodzeniami mechanicznymi, zużyciem operacyjnym, częstymi przeciążeniami prądowymi, a także działaniem środowiska korozyjnego i wilgoci. Prąd zwarciov

pojazdów elektrycznych może wynosić od kilkudziesięciu do kilkuset amperów. Znaczny wzrost rozpraszania ciepła przy zwarciu powoduje szybkie nagrzewanie substancji i materiałów palnych aż do ich zapłonu.

W przypadku zwarcia temperatura w sieci rzadko wzrasta o więcej niż 15°C, jeśli zwarcie nie występuje z powodu przeciążenia prądem. Zwarcia w sprzęcie elektrycznym mogą być metalowe i łukowe. Bezpośrednio w miejscach zwarc metalicznych temperatura przewodnika może osiągnąć 600–800°C¹⁸. Przy elektrycznych zwiarcach łukowych temperatura w miejscu wyładowania łukowego może wynosić 2000-4000°C, a od niej w pobliżu zapalają się wszystkie substancje i materiały. Jednocześnie rozpyla się stopiony metal, którego temperatura cząstek w momencie początkowym wynosi powyżej 1000°C, a zatem cząstki te są zdolne do zapłonu łatwopalnych substancji i materiałów.

Zwarcie w sieci elektrycznej pojazdu często wynika ze zniszczenia izolacji podczas tarcia o ostre krawędzie elementów konstrukcyjnych, co jest skutkiem wibracji linii energetycznych podczas ruchu pojazdu.

Podczas przeciążenia prądowego temperatura kabli elektrycznych może znacznie przekroczyć krytyczną (odporność na ciepło) temperaturę izolacji (105°C)¹⁹ i osiągnąć temperaturę graniczną zniszczenia przewodnika. Dlatego przeciążenia prądowe, osłabiające właściwości ochronne osłony kabla izolacyjnego linii energetycznych, są często pierwszym etapem powstawania zwarc, a także powodują zapłon zarówno izolacji, jak i innych materiałów palnych, które mają bezpośredni kontakt z przewodnikiem, w którym przechodzi ten tryb awaryjny. Długotrwałe przeciążenia prądowe znacznie zmniejszają elastyczność i wytrzymałość izolacji przewodnika z powodu nagrzewania (100-130°C), a w wyniku jego zniszczenia często

prowadzą do zwarcia²⁰.

¹⁸ A.F. Gavrilyk, *Simulation of nonstationary heating processes isolated conductors on-board electrical equipment of vehicles spark discharge*, in: A. Gavrilyk, *Herald Kokshetau technical institute committee on emergency situations mia of the republic of Kazakhstan*, Vol 30 (2018), Control processes, pp. 58-67.

¹⁹ A.F. Havryliuk, *Экспериментальное определение пожарной опасности изоляционных материалов бортовых электрооборудований транспортных средств*, in: A. F Havryliuk, V. Y. Нудым, V. L. Petrovskiy, *Vestnyk Komandno-ynzhenernoho ynstytuta MChS respubliky Belarus*, Сб. науч. тр. 2014 № 1(19), pp. 32-37.

²⁰ Y. Shiosaka, Y. Kuboike, *Research on the Evacuation Readiness of Bus Crews and Passengers – Investigation of Current Bus Exit Performance and Effect of Easy-to-Understand Emergency Exit display*, 5th International Technical Conference on the Enhancement Safety on Vehicles, Australia, 1996.

Jeśli prądy przeciążeniowe przewodu przechodzą wewnątrz wiązki przewodów, to przez akumulację ciepła w wiązce przewodów zniszczenie izolacji prowadzi do wzajemnych zwarcí, powodując zniszczenie kilku obwodów elektrycznych. Warunki temperaturowe takiego zwarcia mogą wynosić 200–300°C, w zależności od różnych czynników: metody układania przewodów wewnątrz wiązki; napięcie wiązki i indywidualne okablowanie elektryczne w wiązce; zginanie upręży; zewnętrzne działanie mechaniczne. Dalszy wzrost prądu przeciążenia może spowodować zapłon wiązki elektrycznej²¹.

Głównym powodem przeciążenia elektrycznego jest użycie nienormalnej, przekraczającej (często kilkakrotnie) dopuszczalnej mocy odbiorców energii elektrycznej, stosowanie niestandardowych wkładek bezpiecznikowych z bezpiecznikami elektrycznymi lub innymi urządzeniami zabezpieczającymi, a także zastosowanie dodatkowych odbiorników elektrycznych, które nie zostały dostarczone przez producenta pojazdów silnikowych do sieci samochodowej. Niewłaściwy przekrój i rodzaj okablowania elektrycznego podczas naprawy może również prowadzić do trybów awaryjnych w instalacji elektrycznej pojazdu²². Zjawiska przeciążenia elektrycznego:

- wysoka temperatura drutów;
- powierzchnia izolacyjna drutu często jest wycerniona, zwęglona;
- pojawienie się specyficznego zapachu rozkładu izolacji;
- ciemnienie żył przewodzących prąd;
- pojawienie się obrzęków, pęknięć, podłużnych fałd na powierzchni izolacji;
- zmiana koloru izolacji;
- reagowanie na przeciążenie urządzeń sterujących;
- aktywacja elektrycznych urządzeń zabezpieczających.

Duża rezystancji przejścia (tryb „złego styku”) występuje, gdy mocowanie styków słabnie, pojawienie się wycieków w punktach styku z powodu działania czynników korozyjnych (elektrolit, woda) i tworzenia się warstw tlenków

na powierzchniach styku. Temperatura w miejscach o wysokiej rezystancji przejściowej może osiągnąć poziom 400 °C, w zależności od stanu styku i przepływającego przez niego prądu. Długotrwały tryb „złego styku” prowadzi do przegrzania i uszkodzenia (topnienia, zwęglenia) izolacji drutów w bezpośrednim

²¹ Y. Shiosaka, Y. Kuboike, *Research on the Evacuation Readiness of Bus Crews and Passengers – Investigation of Current Bus Exit Performance and Effect of Easy-to-Understand Emergency Exit display*, 5th International Technical Conference on the Enhancement Safety on Vehicles, Australia, 1996, s. 85.

²² A. Hoffmann, S. Dulsen, *Study on smoke production, development and toxicity in bus fire – final report*, FE 82.0377/2009, BAM Federal Institute for Materials and Research, Berlin, 2013.

sąsiedztwie punktu styku, zniszczenia izolatorów konsumentów, a także urządzeń przełączających.

Duża rezystancja przejścia często powoduje zwarcie metalu między przewodnikami kabli elektrycznych w wyniku zniszczenia izolacji. Wysokie temperatury występujące przy wysokiej rezystancji przejściowej mogą spowodować zapalenie się drutów, a także innych łatwopalnych substancji i materiałów w bezpośrednim sąsiedztwie z miejscem zwarcia.

To przede wszystkim w miejscach z dużą rezystancją przejścia izolacja, inne materialne łatwopalne substancje i materiały, a nawet ich zapłon są niebezpiecznie nagrzane. W takim przypadku bezpieczniki nie są w stanie reagować na „zły” kontakt. Duża rezystancja przejścia znajduje się na złączach przewodów wykonanych z różnych materiałów. Szczególnie niebezpieczne są połączenia drutów wykonanych bez zaciskania lub lutowania.

Metoda ochrony przeciwpożarowej pojazdów elektrycznych

Z powyższego wynika, że we wszystkich typach pojazdów występują awarie elektryczne i powodują zapłon. Niebezpieczne dla pożaru tryby nieprawidłowego działania urządzeń elektrycznych pojazdów to przeciążenie prądowe, zwarcie i zwiększona rezystancja przejściowa.

Aby zapobiec nieodwracalnym uszkodzeniom, w postaci szkód materialnych w wyniku pożarów pojazdów, a nawet ofiar wśród ludzi, należy opracować nowoczesne podejście do zapewnienia im aktywnego i pasywnego bezpieczeństwa pożarowego. Bierne bezpieczeństwo przeciwpożarowe może obejmować opracowanie przepisów prawnych, które pozwoliłyby na etapie projektowania i eksploatacji zminimalizować możliwość wystąpienia źródeł zapłonu, stosowanie łatwopalnych materiałów, zapewnić niezawodność układu paliwowego i układów elektrycznych, a także regularne badania podczas obsługi samochodu. Aktywne bezpieczeństwo przeciwpożarowe obejmuje faktyczne wyposażenie gaśnicami, które ze względu na rodzaj i ilość środka gaśniczego zapewnia skuteczne gaszenie pożaru dla konkretnego samochodu. Jak również zastosowanie i wdrażanie systemów wykrywania i gaszenia pożarów w pojazdach, w zależności od ich rodzaju i przeznaczenia.

Na działanie ognia (śmierć, obrażenia, szkody materialne) wpływa skuteczność systemu ochrony przeciwpożarowej. Przenośne gaśnice stały się najbardziej rozpowszechnione w systemach przeciwpożarowych pojazdów.

Na podstawie analizy obowiązujących na Ukrainie aktów prawnych dotyczących drogowego i miejskiego transportu elektrycznego, ustalono, że można je stosować wyłącznie zgodnie z wymogami bezpieczeństwa transportu, ochrony pracy i ekologii, a także dostępności kompletnej i funkcjonalnej gaśnicy. Jednak według statystyk pożarów stosowanie gaśnic nie jest skuteczne z powodu:

- izolacje przestrzeni, w której wybuchł pożar (silnik, paliwo, bagażnik);
- niedostępności do ogniska pożaru w wyniku zablokowania drzwi, maski silnika, co jest typowe podczas wypadku, gdy nadwozie pojazdu jest zdeformowane;
- szybkiego rozwoju ognia, a w konsekwencji trudność, a czasem niezdolność do użycia gaśnicy na początkowym etapie spalania;
- niemożliwość korzystania z gaśnicy w przypadku pożaru podczas jazdy, a także pod nieobecność kierowcy podczas postoju pojazdu na parkingach;
- niezdolność kierowców i pasażerów użycia nowoczesnych modeli gaśnic.

Jednak stosowanie automatycznych systemów wykrywania i gaszenia pożaru w pojazdach kołowych nie jest przewidziane w Ukrainie²⁷.

Globalna społeczność inżynierów pożarnictwa aktywnie pracuje nad opracowaniem aktywnych systemów ochrony przeciwpożarowej dla transportu prywatnego i wojska. Wiele prac poświęconych jest tym badaniom²³.

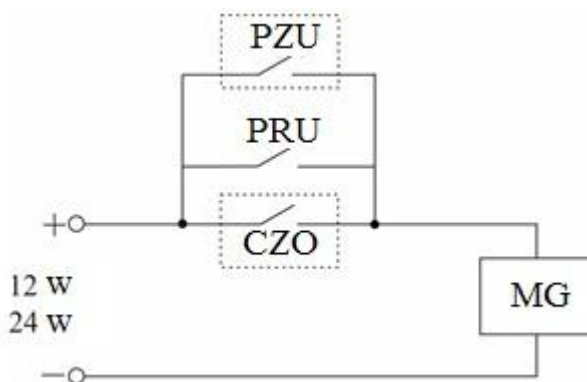
Autorzy tych prac naukowych proponują do rozważenia własnego opracowania rozwiązania techniczne do wykrywania i gaszenia pożarów pojazdów, zarówno pojazdów z silnikami spalinowymi, jak i pojazdów elektrycznych.

²⁷ A.F. Havryliuk, *Protypozhezhnyi zakhyst kolisnykh transportnykh zasobiv ta shliakhy yoho pidvyshchennia*, in: A.F. Havryliuk, A.S. Lyn, *Pozhezhna bezpeka*, zb. nauk. pr. – L. LDU BZhD, 2017 № 31, ss. 11-17; Havryliuk A.F., *Predotvrashchennia pozharov na avtotransporte*, A.F. Havryliuk, V.Y. Hudym, A.P. Kushnyr, *Vestnyk Kokshetauskoho tekhnicheskoho ynstytutu Mynysterstva po chrezvychaynym sytuatsiyam Respublyky Kazakhstan*, Sb. nauch., Trudov 2014 № 1 (13), ss. 55-63.

W ogólnym przypadku system wykrywania i gaszenia pożaru pojazdu z silnikiem spalinowym można wdrożyć zgodnie z dwoma schematami strukturalnymi. Pierwszy obwód zawiera sygnalizator (czujnik ognia (CZO)), przycisk ręcznego uruchamiania (PRU) i przycisk zdalnego uruchamiania sterowany radiowo (PZU), które

²³ J. Santrock, S. Hodges, A. Part, *Evaluation of a Fire Suppression System in a FullScale Vehicle Fire Test and Static Vehicle Fire Tests - Engine Compartment Fires*, "National Highway Transportation Safety Administration" Docket # 1998-3588-202, General Motors Corporation, November 2003; J. Santrock, S. Hodges, *Evaluation of Automatic Fire Suppression Systems in Full Scale Vehicle Fire Tests and Static Vehicle Fire Tests*, SAE Technical Paper 2005-011788, 2005, doi:10.4271/2005-01-1788; J. Dierker, R. Thompson, P. Wierenga, M. Schneider, *Development of Ford FireSuppression System*, SAE Technical Paper 2005-01-1791, 2005, doi:10.4271/2005-01-1791; J. Brandt, H. Modin, F. Rosen, M.Försth, R. Ochoterena, *TestMethod for Fire Suppression Systems in Bus and Coach Engine Compartments*, SAE Technical Paper 2013-01-0208, 2013, doi:10.4271/2013-01-0208.; R. Ochoterena, M. Hjohlman, M. Försth, *Detection of Fires in the EngineCompartment of Heavy Duty Vehicles, A Theoretical Study*, SAE Technical Paper 2014-01-0423, 2014, doi:10.4271/2014-01-0423.

są włączane równolegle oraz moduł gaśnicy (MG). Schemat wdrożenia systemu wykrywania i gaszenia pożaru w samochodzie przedstawiono na rycinie 3.

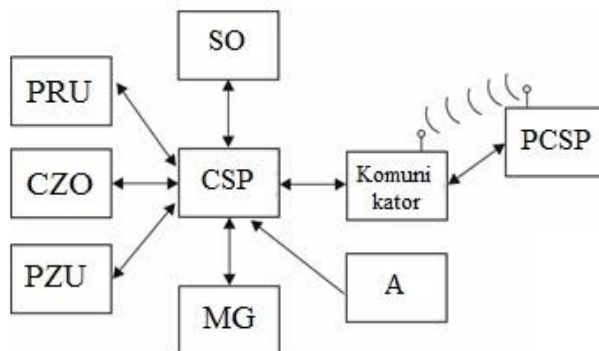


Rycina 3. Schemat wdrożenia systemu przeciwpożarowego w samochodzie

Przy nastąpieniu zapłonu, obwód elektryczny jest zamykany, zarówno automatycznie przez sygnalizator, jak i ręcznie lub zdalnie za pomocą przycisku uruchamiania ręcznego lub przycisku zdalnego uruchamiania sterowanego radiowo. W wyniku zamknięcia styków przełączników włączonych równolegle do urządzenia odcinającego, które napędza gaśnicę, doprowadzane jest zasilanie 12 W lub 24 W.

Drugi schemat blokowy rycina 4. oprócz CZO, PRU, PZU zawiera centralę sygnalizacji pożary (CSP), komunikator, system ostrzegawczy (SO) i zasilacz (A). Elementy przełączające są włączane równolegle, stale dostarczając informacje do centrali, która je analizuje, a w przypadku pożaru dostarcza prąd do urządzenia odcinającego, które napędza MG. Ponadto nadajnik przesyła informacje za pośrednictwem komunikatora do centralnego panelu sterowania (CPS) o pożarze z współrzędnymi miejsca. To znacznie zwiększa aktualność wiadomości i eliminuje czynnik ludzki w przypadku pożaru lub wypadku, co skraca czas przybycia służb ratowniczych. Ponadto panel sterowania zawiera system ostrzegawczy (SO) w postaci sygnału audio i kontroluje stan działania wszystkich elementów w systemie.

Zasilacz, podobnie jak w pierwszym tak i drugim przypadku, jest zasilany z pokładowego zasilacza A. Ponadto konieczne jest zapewnienie dodatkowego źródła zasilania dla obwodów z akumulatora zapasowego, który znajduje się w najbezpieczniejszym miejscu.



Rycina 4. Schemat wdrożenia systemu wykrywania i gaszenia pożaru w samochodzie

Problemem jest wybór i umieszczenie sygnalizatora (CZO) i MG dla pojazdów ze względu na potrzebę zapewnienia optymalnych warunków eksploatacji. Rodzaj sygnalizatora jest wybierany dla dominującej cechy pożaru i warunków pracy. Wybrany typ automatycznego sygnalizatora musi zapewniać szybkie wykrycie pożaru, a błąd operacji musi być ograniczony do minimum. Nie ma uniwersalnego sygnalizatora, który spełnia wszystkie warunki użytkowania. Najlepiej używać sygnalizatora kombinowanego, ponieważ dominującym objawem pożaru w silniku i komorach paliwowych jest ciepło lub płomień. Dym wytworzony przez pożar może nie dostać się do sygnalizatora i nie zostać natychmiast wykryty przez kierowcę z powodu nadciągającego strumienia powietrza. Należy wziąć pod uwagę lokalizację sygnalizatora w pojeździe, ponieważ konstrukcje samochodów, ciężarówek i autobusów są różne.

Każdy typ sygnalizatora reaguje inaczej na te same oznaki pożarów. Termiczny sygnalizator ma najwyższą inercjalność, ale w przypadku pożaru o wysokiej temperaturze i rzadkim dymie, który jest typowy dla samochodów, działa wcześniej niż dym. Biorąc pod uwagę tryby cieplne silnika, można wybrać termiczny sygnalizator, który jest w stanie wykryć pożar na wczesnym etapie rozwoju pożaru. W takim przypadku zaleca się umieszczenie termicznych czujek ognia, które reagują na stałą temperaturę. Dyferencjalne cieplne sygnalizatory reagują na tempo wzrostu temperatury i będą reagować na zmiany temperatury silnika, w komorze paliwowej ich lokalizacja jest akceptowalna. Czujniki ciepła są odporne na niekorzystne warunki środowiskowe. Najlepiej wybrać termiczne sygnalizatory z półprzewodnikowymi elementami wykrywającymi, ponieważ mogą one wdrażać różne schematy kompensacji, które mogą wyeliminować wpływ czynników zewnętrznych.

W przypadku spalania łatwopalnych i palnych cieczy, sadzy, powstającej w silniku najlepiej zadziała czujnik płomienia, który reagują na promieniowanie ultrafioletowe, podczerwone lub ich kombinację. Detektory te charakteryzują się wysoką czułością i niską bezwładnością. Detektory ognia mogą reagować na ogień płomieniami szybciej niż ciepło lub dym. Jednak promieniowanie ultrafioletowe w

zakresie długości fal wykorzystywanym do wykrywania pożaru może zostać pochłonięte przez dym powstający w wyniku spalania oleju i smarów. Promieniowanie podczerwone jest znacznie mniej podatne na tłumienie.

Przeszkadzają pracy sygnalizatora płomieni proste i odbite promieniowanie różnych źródeł, wyładowania piorunowe, iskry, promieniowanie z powierzchni mechanizmów rozgrzanych do wysokich temperatur, kurz, para, gęsty dym, zanieczyszczenie elementu czujnikowego itp. Należy podjąć odpowiednie środki, aby zapobiec gromadzeniu się olejów, smarów lub pyłu, a także ich mieszanin na sygnalizatorze. Obecnie przemysł wytwarza sygnalizatory, które mają dobre właściwości techniczne i małe prawdopodobieństwo fałszywych trafień. W szczególności kombinowany sygnalizator o stopniu ochrony IP 329/330, który reaguje zarówno na promieniowanie ultrafioletowe, jak i podczerwone. Wspomniany sygnalizator zawiera obudowę przeciwybuchową, która zawiera czujnik podczerwieni i ultrafioletu oraz kontroler mikroprocesora, który wykonuje przetwarzanie sygnału. Aby wygenerować sygnał „pożar”, należy aktywować oba czujniki, które kontrolują różne widma promieniowania. Detektor jest chroniony przed promieniowaniem, które nie jest źródłem ognia. Jest wyposażony w układ kontroli obwodu optycznego i system przeciwooblodzeniowy, chroniony przed wpływem warunków klimatycznych (takich jak wiatr, deszcz, zmiana temperatury i ciśnienia). Idealny do użytku w trudnych warunkach oraz w miejscach, gdzie możliwe jest uderzenie pioruna.

Aby ugasić pożar w pojeździe, używają modułów gaśniczych. Obecnie one są prezentowane na rynku produktowym w szerokim zakresie: proszek, aerozol, gaz, z ładunkiem substancji gaśniczej od setek gramów do setek kilogramów, które są stosowane do gaszenia pożarów klas A, B, C i sprzętu elektrycznego. W szczególności firma "Dzherelo Plus" oferuje żaroodporne i ognioodporne MG "Tungus" o temperaturze roboczej od -50°C do +90°C, które można stosować w pojazdach. Korzystanie z gazowych MG wymaga uszczelnionej objętości, która jest chroniona przed ogniem, co utrudnia użycie ich w komorze silnika pojazdu. Nowoczesne aerozole MG zapewniają temperaturę aerozolu na wylocie modułu do 200 °C. Aerozol ma zdolność penetracji niedostępnych obszarów komory silnika. Moduły proszkowe nie wymagają dużej szczelności i zapobiegają ponownemu zapłonowi. Te systemy wykrywania i gaszenia pożaru są chronione patentami Ukrainy oraz wynalazkiem i wzorem użytkowym²⁴.

Pożary mogą wystąpić podczas ruchu pojazdów, po wypadkach drogowych i podczas parkowania. Znane gaśnice pojazdów różnych rodzajów, które działają w

²⁴ Pat. na vynakhid 110736 Ukraina, MPK (2016.01), A62S 3/07. Ustanovka pozhezhohasinnia kolisnykh transportnykh zasobiv, A. F. Havryliuk, V. I. Hudym, A. P. Kushnir № a 2014 05621;

trybie automatycznym ręcznym, są opatentowane przez agencje krajowe i zagraniczne²⁵.

Jednak zadaniem jest stworzenie aerozolowego automatycznego systemu gaśniczego w do gaszenia komory silnika i wnętrza.

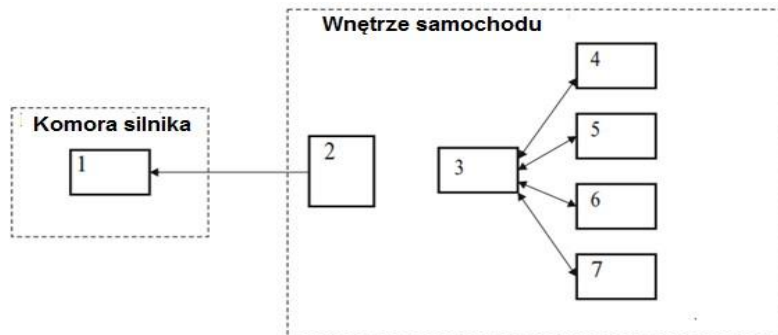
Cel ten osiągnięto dzięki temu, że aerozolowy automatyczny system gaśniczy jest uruchamiany zarówno automatycznie, jak i ręcznie za pomocą ręcznego urządzenia uruchomienia. Skuteczne wykrywanie i gaszenie pożaru pod maską i wnętrza pojazdu osiąga się dzięki autonomicznym aerozolowym modułom gaśniczym, a niezawodność instalacji osiąga się dzięki prostocie konstrukcji przy minimalnej liczbie elementów zawartych w jej strukturze.

Rycina 5. pokazuje widok ogólny automatycznej instalacji aerozolowej gaszenia pożarów pojazdów, która zawiera moduł aerozolowy gaśniczy 1, którego wejście jest podłączone do wyjścia ręcznej jednostki przycisku ręcznemu 2, moduł aerozolowy gaszenia ognia 3, którego wejście jest podłączone do wyjść czujników 4, 5, 6 i 7 miejsca siedzące i wskazują obecność lub nieobecność pasażerów w kabinie. Jako przykład może posłużyć gaśnica, na przykład moduł FireStop FS-01-0060 lub analog o maksymalnej temperaturze na wylocie aerozolu do 200°C.

Proponowany aerozolowy automatyczny system gaszenia pożarów pojazdów działa w następujący schemacie przedstawionym na rycinie 5.

zaiavl. 26.05.2014; opubl. 10.02.2016, Biul. № 3, s. 4; Pat. na vynakhid 111993 Ukraina, MPK (2006.01), A62S 3/07. Sposib peredachi operatyvnoho povidomlennia pro vynyknennia pozhezhi transportnykh zasobiv / A. F. Havryliuk, V. I. Hudym, A. P. Kushnir № a 2014 10462; zaiavl. 24.09.2014; opubl. 11.07.2016, Biul. №13. – 4 sPat. 201302999203A1 US A62C3/07. Vehicle fire risk reducing system / Akhmad Turaev – № US 2013/0299203 A1; Filed: May 8, 2012.

²⁵ Pat. 20060231272A1 US A62C3/07. *Automotive fire suppression publication classification system with cold gas propellant*/ Inventor: R. Thompson, assignee: ford global technologies, LLC – № US 2006/0231272 A1; Filed: Jun. 22, 2006; Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. FIRE EXTINGUISHING SYSTEM AUTOMOTIVE VEHICLES / O.H. Thomas, – № US USOO6164383A; Filed: Aug. 17, 1999; Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. Vehicle fire risk reducing system, A. Turaev, № US 2013/0299203 A1; Filed: May 8, 2012.



Rycina 5. Schemat aerolowego automatycznego systemu gaśniczego pojazdów

Po osiągnięciu 180°C w komorze silnika automatycznie włącza się aerolowy moduł gaśniczy 1, jest automatycznie uruchamiany i wyrzuca drobne cząstki aerolu, tworząc zawieszoną chmurę, która nie traci swoich właściwości gaśniczych w zamkniętej przestrzeni przez 10 minut, tym samym uniemożliwiając wystąpienie pożaru. Jeśli kierowca pojazdu wykrył wyraźne oznaki pożaru, a temperatura w komorze silnika nie osiągnęła jeszcze limitu 180°C, system gaśniczy można uruchomić ręcznie. W tym celu użytkownik zamyka styki ręcznego przycisku 2, który znajduje się na panelu sterowania pojazdu, a następnie sygnał podaje się na moduł aerolowego gaszenia pożaru 1. Autonomiczny aerolowy moduł gaśnicy 3, który znajduje się pod siedzeniem kierowcy, uruchamia się po osiągnięciu temperatury 180 °C, przy otwartych stykach czujników 4, 5, 6 i 7 znajdujących się na siedzeniach, tylko wtedy, gdy pasażerowie znajdują się poza pojazdem.

Zastosowanie automatycznego systemu aerolowego gaszenia pożarów umożliwi wykrycie i gaszenie pożaru, w trybie automatycznym i ręcznym, w masce, i wewnątrz pojazdu. Ten system jest chroniony patentem użytkowym Ukrainy.

Znane są różne opatentowane systemy gaszenia pożarów pojazdów, które działają trybie automatycznym lub ręcznym²⁶, które mają na celu ochronę przedziału silnikowego pojazdów, przed zapłonem paliwa lub smarów. Odrębnie należy opracować automatyczną instalację gaszenia pojazdów „elektrycznych”, którą można uruchamiać także ręcznie. Skuteczność wykrywania ognia osiąga się przez

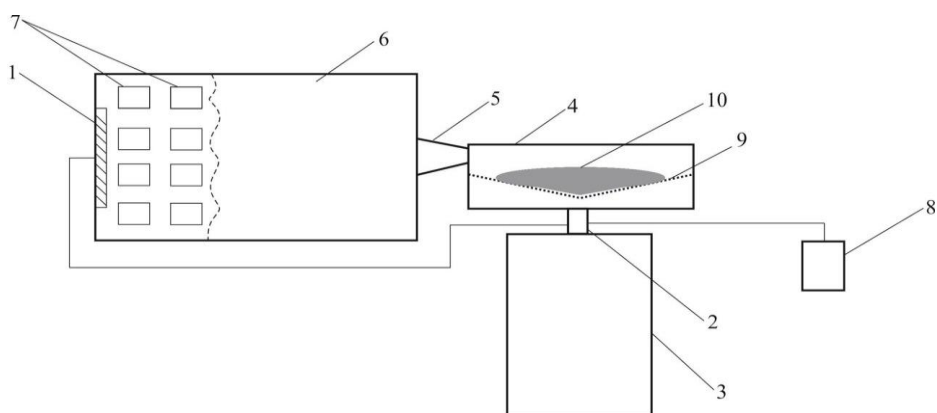
²⁶ Pat. 20060231272A1 US A62C3/07. *Automotive fire suppression publication classification system with cold gas propellant*, Inventor: R. Thompson, assignee: ford global technologies, LLC, № US 2006/0231272 A1; Filed: Jun. 22, 2006.

Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. *Fire Extinguishing System Automotive Vehicles*, Orrett H. Thomas, № US USOO6164383A; Filed: Aug. 17, 1999.

Pat. na korysnu model 134813 Ukraina, MPK (2006.01), A62S 37/00. *Avtomatychna aerolna ustanovka pozhezhohasinnia transportnykh zasobiv*, A.F. Havryliuk, A.M. Dominik, V.I. Tovarianskyi, M.V. Lemishko, № u 2018 11631; zaiavl. 26.11.2018; opubl. 10.06.2019, Biul. № 11, s. 4.

pirometryczny czujnik temperatury, a gaszenie proszkiem gaśniczym 6, który jest wykonany na bazie topników i grafitu z hydrofobizerami. Walorem systemu musi być niezawodność działania do osiągnięcia dzięki prostej konstrukcji.

Na rycinie 6. pokazano widok ogólny systemu gaszenia elektrycznych pojazdów, które zawierają pirometryczny czujnik temperatury 1, którego wyjście jest podłączone do wlotu elektrozaworu 2 sprężonego balonu azotowego 3. Wlot balonu z proszkiem gaśniczym 4 przez elektrozawór 2 jest połączony z balonem ze sprężonym azotem 3. Proszek gaśniczy 4 przez dyszę 5 jest połączony z obudową 6, w której znajdują się akumulatory 7 pojazdu elektrycznego. Wyjście ręcznego ostrzegacza pożaru 8 jest podłączone do wlotu elektrozaworu 2.



Rycina 6. Schemat automatycznego systemu gaśniczego pojazdów elektrycznych

Pirometryczny czujnik temperatury 1 wykorzystuje bezdotykową metodę określania temperatury baterii 7 w sektorze optycznym. Promień cieplny z akumulatorów 7 wchodzi do pierwotnego przetwornika pirometrycznego czujnika temperatury 1, na wyjściu, którego generowany jest sygnał elektryczny proporcjonalny do mierzonej temperatury. Pozwala to kontrolować temperaturę całego obszaru zestawu akumulatorów 7 i określać zmianę temperatury w przyrostach co 0,5 °C. Balon z gaśnicą 4 wykonuje się za pomocą powietrza 9. Pozwoli to rozluźnić proszek 10 w przypadku zbrzylenia i zapewnić jego uwolnienie z balonu 4.

Proponowany aerozolowy automatyczny system gaśniczy samochodów wygląda następująco (ryc. 6). Po osiągnięciu temperatury akumulatorów 7 pirometryczny czujnik temperatury 1 wytwarza impuls elektryczny i przekazuje sygnał do wlotu elektrozaworu 2.

Pod wpływem impulsu elektrycznego elektrozawór 2 otwiera się, a azot jest uwalniany z balonu 3. Azot z balonu 3 przez elektrozawór 2 wchodzi do balonu 4, gdzie znajduje się proszek gaśniczy 10. Dzięki balonowi 9 następuje uwolnienie proszku gaśniczego 10, który przez dyszę 5 wchodzi do obudowy akumulatorów 9, gdzie są one gaszone. W przypadku ręcznego uruchomienia instalacji gaśniczej impuls

elektryczny do wlotu elektrozaworu 2 pochodzi z wyjścia ręcznego ostrzegacza pożaru 10, który jest zamknięty przez użytkownika i znajduje się na tablicy rozdzielczej pojazdu elektrycznego.

Zakończenie

Badania powodów pożarów pojazdów elektrycznych, opracowanie wniosków oraz stworzenie i rozwój systemów wykrywających i gaszących pozwolą zmniejszyć szkody materialne i ofiary śmiertelne spowodowane pożarami pojazdów elektrycznych, które mają tendencję do wzrostu. Zastosowanie proponowanego automatycznego systemu gaszenia pojazdów elektrycznych pozwoli na wykrycie wzrostu temperatury zestawu akumulatorów litowo-jonowych i gaszenie ewentualnego pożaru, zarówno w trybie automatycznym, jak i ręcznym, co zapewni bezpieczeństwo pasażerów i ratowanie mienia.

Piśmiennictwo

Publikacje

1. Ahrens M., *Highway vehicles fire data*, "Fire in Vehicles", Sept 2010, Gothenburg, Sweden.
2. Axelsson J., Reinicke B., *WP 1 Report: Bus and coach fires in Sweden and Norway*, SP Report 2006, 26, Sweden 2016.
3. Blower D. et al, *Study Methodology Large Truck Crash Causation Study Analysis*, FMCSA, 2005.
4. Brandt J., Modin H., Rosen F., Försth M., Ochoterena R., *Test Method for Fire Suppression Systems in Bus and Coach Engine Compartments*, SAE Technical Paper 2013-01-0208, 2013, doi:10.4271/2013-01-0208.
5. Bulochnykov N.M., Zernov S.Y., Stanovenko A.A., Chernychuk Yu.P., *Pozhar v avtomobile: kak ustanovyt prychynu?*, "FLYHYSTON" 2006.
6. Bunn T.L., Slavova S., Robertson M., *Crash and burn? Vehicle, collision, and driver factors that influence motor vehicle collision fires*, "Accident Analysis & Prevention" 47 (2012), ss. 140-145.
7. Ferrone C., Sinkovits, C., *Fire and Explosion Investigations: Why Heavy Trucks May Burn*, ASME 2006 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. American Society of Mechanical Engineers, (2006), ss. 1-10.
8. Furness A., Muckett M., *Risk. Introduction to fire safety management*, Butterworth-Heinemann, 2007.
9. Gavrilyk A.F., *Simulation of nonstationary heating processes isolated conductors' on-board electrical equipment of vehicles spark discharge*, in: A. Gavrilyk, *Herald Kokshetau technical institute committee on emergency*

situations mi of the republic of Kazakhstan, Vol 30 (2018), Control processes, ss. 58-67.

10. Havryliuk A. F., *Экспериментальное определение пожарной опасности зыолиацыопных матерыалов бортовых электросетей транспортных средств*, in: A. F. Havryliuk, V. Y. Hudym, V. L. Petrovskiy, *Vestnyk Komandnoynzhenernoho ynstytuta MChS respublyky Belarus*, Сb. науч. тр. 2014 № 1(19), ss. 32-37.
11. Havryliuk A.F., *Predotvrashcheniya pozharov na avtotransporte*, A.F. Havryliuk, V.Y. Hudym, A.P. Kushnyr, *Vestnyk Kokshetauskooho tekhnicheskoho ynstytuta Mynysterstva po chrezvychainym sytuatsiyam Respublyky Kazakhstan*, Sb. науч., Trudov 2014 № 1 (13), ss. 55-63.
12. Havryliuk A.F., *Protypozhezhnyi zakhyst kolisnykh transportnykh zasobiv ta shliakhy yoho pidvyshchennia*, in: A.F. Havryliuk, A.S. Lyn, *Pozhezhna bezpeka*, zb. nauk. pr. – L. LDU BZhD, 2017 № 31, ss. 11-17.
13. Hoffmann A., Dulsen S., *Study on smoke production, development and toxicity in bus fire – final report*, FE 82.0377/2009, BAM Federal Institute for Materials and Research, Berlin, 2013.
14. Hudym V.I., *Analiz system ta ahrehativ avtotransportnykh zasobiv za rivnem pozhezhnoi nebezpeky*, V.I. Hudym, A.F. Havryliuk, *Pozhezhna bezpeka*, zb. nauk. pr. – Lviv: LDUBZhD, 2013 № 23, ss. 58-63.
15. IEA, "Electric car market share in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030", IEA, Paris, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-car-market-share-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>.
16. International Energy Agency, "Global EV Outlook 2018", International Energy Agency, 2018; IEA, "Transport sector CO2 emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030", IEA, Paris, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>.
17. International Organization of Motor Vehicle, <http://www.oica.net/category/production-statistics/2018-statistics/>.
18. Johnsson E., Yang J., *Motorcoach Flammability Project Interim Report, Tire Fire Penetration into the Passenger Compartment*, NIST Technical Note 1653, USA, 2010; Johnsson E., Yang J.C., *Experimental study on fire penetration into a motor coach passenger compartment*, "Fire and Materials", Volume 38, Issue 1, 2012.
19. Kroteev A.S., *Prespektyvu yspolzovaniya vodoroda v transportnykh sredstvakh*, in: A.S. Koroteev, V.V. Myronov, V.A. Smoliarov, *Alternatyvnaia enerhetyka y ekolohiya*, 2004 № 1., s. 5-13.

20. National FireProtectionAssociation. The authority on fire, electrical and building safety, <http://www.nfpa.org>.
21. Ochoterena, R., Hjothman, M., Försth, M., *Detection of Fires in the EngineCompartment of Heavy-Duty Vehicles, A Theoretical Study*, SAE Technical Paper 2014-01-0423, 2014, doi:10.4271/2014-01-0423.
22. Ray R. et al., *Fire in Large Truck Crashes: Comparing Results from the Large Truck Crash Causation Study with FARS and NASS/GES Data*, SAE 2008-01-0255.
23. Santrock J., Hodges S., *Evaluation of Automatic Fire Suppression Systems in Full ScaleVehicle Fire Tests and Static Vehicle Fire Tests*, SAE Technical Paper 2005-01-1788, 2005,doi:10.4271/2005-01-1788; Dierker J., Thompson R., Wierenga P., Schneider M., *Development of Ford FireSuppression System*, SAE Technical Paper 2005-01-1791, 2005, doi:10.4271/2005-01-1791
24. Santrock J., Hodges, S., Part A., *Evaluation of a Fire Suppression System in a FullScale Vehicle Fire Test and Static Vehicle Fire Tests - Engine Compartment Fires*, "National Highway Transportation Safety Administration" Docket # 1998-3588-202, General Motors Corporation, November 2003.
25. Shiosaka Y., Kuboike Y., *Research on the Evacuation Readiness of Bus Crews and Passengers – Investigation of Current Bus Exit Performance and Effect of Easy-to-Understand Emergency Exit display*, 5th International Technical Conference on the Enhancement Safety on Vehicles, Australia, 1996.
26. Shipp M., *Vehicle fires and fire safety in tunnels*, *Tunnel Management International*, Vol. 5, No. 3, s. 200; Ahrens M., *Highway vehicle fire data based on the experiences of US fire departments*, "Fire and Materials", Volume 37, Issue 5, 2012.

Inne

1. Bus fires in the Unated States: Statistics, Cause and prevention, Robert A. Crescenzo, Second International Conference on Fires in Vehicles, September 27-28, 2012, Chicago, USA; Hoffmann A., Dulsen S., *Study on smoke production, development and toxicity in bus fire – final report*, FE 82.0377/2009, BAM Federal Institute for Materials and Research, Berlin, 2013.
2. Pat. na korysnu model 134813 Ukraina, MPK (2006.01), A62S 37/00. *Avtomatychna aerosolna ustanovka pozhezhohasinnia transportnykh zasobiv*, A.F. Havryliuk, A.M. Dominik, V.I. Tovarianskyi, M.V. Lemishko, № u 2018 11631; zaiavl. 26.11.2018; opubl. 10.06.2019, Biul. № 11, s. 4.

3. Pat. 20060231272A1 US A62C3/07. *Automotive fire suppression publication classification system with cold gas propellant*/ Inventor: R. Thompson, assignee: ford global technologies, LLC – № US 2006/0231272 A1; Filed: Jun. 22, 2006.
4. Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. FIRE EXTINGUISHING SYSTEM AUTOMOTIVE VEHICLES / O.H. Thomas, – № US USOO6164383A; Filed: Aug. 17, 1999.
5. Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. Vehicle fire risk reducing system, A. Turaev, № US 2013/0299203 A1; Filed: May 8, 2012.
6. Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. FIRE EXTINGUISHING SYSTEM AUTOMOTIVE VEHICLES / Orrett H. Thomas, – № US USOO6164383A; Filed: Aug. 17, 1999.
7. Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. FIRE EXTINGUISHING SYSTEM AUTOMOTIVE VEHICLES / O.H. Thomas, – № US USOO6164383A; Filed: Aug. 17, 1999.
8. Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. Vehicle fire risk reducing system, A. Turaev, № US 2013/0299203 A1; Filed: May 8, 2012.
9. Pat. 20060231272A1 US A62C3/07. *Automotive fire suppression publication classification system with cold gas propellant*/ Inventor: R. Thompson, assignee: ford global technologies, LLC, – № US 2006/0231272 A1; Filed: Jun. 22, 2006.
10. Pat. 201302999203A1 US A62C3/07. FIRE EXTINGUISHING SYSTEM AUTOMOTIVE VEHICLES / Orrett H. Thomas, – № US USOO6164383A; Filed: Aug. 17, 1999.

Improvement of methods of fire protection of vehicles

Keywords: fire, short circuit, fire extinguishing system, electric vehicles **Abstract**

The purpose of the work was to identify the development trend of motorization, problems and threats related to the operation of cars in fire. Based on the analysis of fire incidents, various threats have been shown due to the type and type of vehicle. The main causes of fires in motor vehicles were identified and grouped. It was pointed out that motor vehicles lead to the largest number of casualties statistically. Legal acts to ensure the fire protection of vehicles and the legitimacy of the use of fire extinguishers were analyzed. Solutions for the system of fire detection and extinguishing in the engine chambers of the vehicle were developed, as well as the principles of the automatic spray extinguishing system in the passenger cabin of a car with combustion and electric drive.