

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

А.Ф. Гаврилюк

**ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА КОЛІСНИХ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Монографія

Львів – 2018

УДК 614.841.3
ББК 38.96
Г 124

Гаврилюк, Андрій Федорович.

Пожежна небезпека колісних транспортних засобів [Текст]:
[монографія] / Гаврилюк А.Ф.; ЛДУ БЖД. – Львів: 2018 – 182 с. :іл., табл..
Бібліогр.: с. 182 (102).

- Науковий редактор:** доктор технічних наук, професор
Гудим Василь Ількович, професор факультету електротехнічної та комп'ютерної інженерії «Краківської політехніки»
- Рецензенти:** доктор технічних наук, професор
Яцишин Святослав Петрович, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Національного університету «Львівська політехніка»
доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Мнухін Анатолій Григорович, професор кафедри екології та охорони праці Запорізької державної інженерної академії
доктор технічних наук, професор
Поздєєв Сергій Валерійович, головний науковий співробітник Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Герої Чорнобиля

В монографії досліджено пожежі колісних транспортних засобів і процеси виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами та струмами короткого замикання.

Для аспірантів, пошукачів, курсантів та студентів навчальних закладів ДСНС України, а також практичних працівників оперативно-рятувальної служби.

Рекомендовано вченою радою
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності
(Протокол № 11 від 8 червня 2018 р.)

© Гаврилюк А.Ф., 2018
© ЛДУ БЖД 2018

ЗМІСТ		
Перелік умовних скорочень.....		
ПЕРЕДМОВА.....		
РОЗДІЛ 1		
СУЧАСНИЙ СТАН ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ		
	1.1. Аналіз статистики та причин виникнення пожеж на колісних транспортних засобах в Україні та світі.....	
	1.2. Класифікація колісних транспортних засобів.....	
	1.3. Чинники впливу на пожежну безпеку колісних транспортних засобів.....	
	1.4. Аналіз технічних рішень та нормативної бази із забезпечення протипожежного захисту колісних транспортних засобів.....	
	1.5. Висновки	
РОЗДІЛ 2		
МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЕЛЕКТРОТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ БОРТОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....		
	2.1. Математичне моделювання електротеплових процесів провідників бортової електромережі	
	2.2. Математичне моделювання іскрових розрядів провідників бортової електромережі...	
	2.3. Математичне моделювання нестационарних процесів нагрівання ізольованих провідників бортової електромережі при дії миттєвих теплових імпульсів.....	

	2.4. Дослідження режимів нагрівання провідників бортових електромереж колісних транспортних засобів струмами короткого замикання методом математичного моделювання.....	
	2.5. Висновки	
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ БОРТОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....		
	3.1. Вимоги до виконання експериментальних досліджень та обґрунтування методів та способів вимірювання.....	
	3.2. Експериментальні дослідження групи горючості ізоляційних матеріалів бортових електромереж.....	
	3.3. Експериментальні дослідження температури займання та самозаймання ізоляційних матеріалів бортових електромереж.....	
	3.4. Експериментальні дослідження температурних меж пом'якшення, плавлення та димоутворення ізоляційних матеріалів бортових електромереж	
	3.5. Експериментальні дослідження температур спалаху та займання моторної оливи та забруднення, що накопичується на двигунах колісних транспортних засобів.....	
	3.7. Висновки.....	
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ		

ВИНИКНЕННЮ ПОЖЕЖ НА КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ.....		
	4.1. Аналіз систем пожежогасіння колісних транспортних засобів.....	
	4.2. Аналіз пожежних сповіщувачів для використання на колісних транспортних засобах.....	
	4.3. Розробка алгоритму роботи теплового пожежного сповіщувача зі змінним пороговим рівнем спрацювання.....	
	4.4. Розробка принципової системи пасивної безпеки колісних транспортних засобів.....	
	4.5. Шляхи вдосконалення нормативної бази щодо підвищення ефективності протипожежного захисту колісних транспортних засобів.....	
	4.6. Висновки.....	
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ...	
	ДОДАТОК	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

КТЗ	Колісний транспортний засіб
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ДВЗ	Двигун внутрішнього згоряння
КЗ	Коротке замикання
АКБ	Акумуляторна батарея
ПС	Пожежний сповіщувач
МП	Модуль пожежогасіння
ТХА	Термоперетворювач хромельалюмель
КРП	Кнопка ручного пуску
РКДП	Радіокерована кнопка ручного пуску
БЖ	Блок живлення
СО	Система оповіщення
ППКП	Пожежний приймально-контрольний прилад
ПЦПС	Пульт центрального пожежного спостереження
НФП	Небезпечні фактори пожежі
ЗНГ	Зріджені нафтові гази
СПГ	Стиснені природні гази
ГТВ	Гумово-технічні вироби
ЛФП	Лакофарбове покриття
ПВХ	Полівінілхлорид
ПВ	Провід з мідною жилою та полівінілхлоридною ізоляцією

ПЕРЕДМОВА

Транспорт є однією з найважливіших галузей економіки і покликаний задовольняти потреби населення та суспільного виробництва в перевезеннях, суттєво впливаючи на розвиток економіки. З кожним роком в Україні зростає потреба у автомобільних вантажних та пасажирських перевезеннях у зв'язку з розширенням торговельно-економічних зв'язків як у межах країни, так і за рубежом. Також збільшуються потреби населення в легкових автомобілях вітчизняного чи закордонного виробництва, причому лівова частка останніх імпортується у вживаному стані. Це зумовлює, безперечно, збільшення загальної чисельності автомобільного парку, що збільшує кількість пожеж як в абсолютному, так і у відносному значеннях.

Сучасний транспортний засіб – це сукупність технічних пристроїв, які є останнім досягненням інженерної думки та виробництва. Разом з тим, в автотранспортних засобах конструктивно поєднано системи і елементи, які у випадку аварійних режимів роботи чи несправностей можуть не лише призвести до дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), але й викликати пожежу.

Тому в статті 10 Закону України “Про транспорт” [1], статті 20 Закону України “Про автомобільний транспорт” [2], статті 29 Закону України “Про дорожній рух” [4] вказано, що транспортні засоби повинні забезпечувати безпеку людей, які користуються транспортними засобами чи беруть участь у дорожньому русі.

За останнє десятиліття ХХІ століття із 7 млн. пожеж, які реєструвалися в світі щорічно, понад 16% припадає на пожежі транспортних засобів, які ідуть другими після пожеж в житлових будівлях [80]. Щорічно на цих пожежах гине 2,8-3 тис. людей, а матеріальні збитки становлять понад 1 млрд. доларів США.

В Україні, як і в світі, наявна тенденція до зростання кількості пожеж на транспорті. За останні п'ятнадцять років в Україні виникло близько 50 тис. пожеж на автотранспорті, внаслідок яких загинуло 546 та постраждало 1582 особи. Лише прямі матеріальні збитки завдані пожежами, які сталися протягом зазначеного періоду, становлять 992 млн. 859 тис. грн. Пожежі на транспортних засобах відносяться, як правило, до важких аварій і часто призводять до травматизму та людських жертв.

Пожежі цього роду можуть виникати від зовнішніх та внутрішніх джерел, спричинених порушенням правил пожежної безпеки, технічними неполадками, порушеннями правил експлуатації транспортних засобів, конструктивними неточностями, а також умисними підпалами.

Згідно із статистичними даними, однією з найпоширеніших причин виникнення пожеж на транспортних засобах, є пожежонебезпечні режими роботи бортової електромережі – 35%. У зв'язку з урізноманітненням бортових систем автомобілів, які покликані задовольнити потреби та комфорт споживача, розширюється та модифікується бортова електромережа транспортних засобів, що своєю чергою, збільшує небезпеку виникнення пожежі.

Великий обсяг теоретичних та експериментальних досліджень відносно пожежної безпеки транспортних засобів викладений у працях Зернова С.И., Исхакова Х.И., Зайцева В.В., Смелкова Г.И., Булочникова Н.М., Богатищева А.И., Digges, Johan Mangs, Makovicka та ін. [11, 12, 13, 39, 43], де досліджувалися безпечні відстані між автомобілями, теплові потоки, які створені автомобільними пожежами тощо. Разом з тим дослідженню пожежонебезпечних режимів роботи бортових електромереж у цих роботах приділено недостатню увагу.

Враховуючи те, що в сучасному автомобілі все ширше використовуються синтетичні горючі матеріали та їх масова частка зростає, збільшується кількість можливих джерел запалення, виникає необхідність розроблення заходів для зниження пожежної небезпеки автотранспортних засобів.

Зважаючи на це, всебічні дослідження електротеплових процесів, які виникають в бортових електромережах транспортних засобів, та розроблення на основі отриманих результатів рекомендацій, виконання яких забезпечило б підвищення рівня пожежної безпеки транспортних засобів, є важливою та актуальною задачею сьогодення, яка має вагоме науково-прикладне значення.

Автор висловлює щире подяку науковому керівнику та редактору цієї монографії, доктору технічних наук, професору В.І. Гудиму, а також рецензентам доктору технічних наук, професору А.Г. Мнухину, доктору технічних наук, професору С.П. Яцишину, доктору технічних наук, професору С.В. Поздєєву за корисні поради та зауваги, що сприяли покращенню змісту монографії.

Монографія виконана відповідно до програми науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності «Дослідження причин виникнення пожеж від режимів електричних мереж і розробка рекомендацій щодо їх запобігання» (державний реєстраційний номер 0114U005469).

PREFACE

Transport is one of the most important sectors of the economy which is designed to meet the needs of the population and social production in transportation, substantially affecting the development of the economy. Every year in Ukraine, there is a growing need for the road freight and passenger transportation in connection with the expansion of trade and economic ties both within the country and abroad. Also, the needs of the population in passenger cars of domestic or foreign production are increasing, and the lion's share of the latter is imported in the used state. This, unquestionably, causes the increase in the total number of automobile fleets, which increases the number of fires both in absolute and in relative terms.

The modern vehicle is a collection of technical devices that are the latest achievements in engineering thought and production. At the same time, in vehicles there is a constructive combination of systems and elements that, in the event of emergency modes of operation or malfunction, may not only lead to an accident (road traffic accident), but also cause a fire

That is why, Article 10 of the Law of Ukraine "About Transport" [1], Article 20 of the Law of Ukraine "About Road Transport" [2], and Article 29 of the Law of Ukraine "About Road Traffic" [4] indicate that vehicles must ensure the safety of people who use vehicles or participate in road traffic.

Over the last decade of the XXI century, out of the 7 million fires registered every year in the world account more than 16% relates to the fires of vehicles that go after the fires in the residential buildings [80]. Annually, these fires kill 2.8-3 thousand people, and material damage is usually over \$ 1 billion.

In Ukraine, as all over the world, there is a tendency to increase the number of transport fires. Over the past fifteen years in Ukraine, there have been about 50 thousand fires in motor vehicles, which killed 546 people and injured 1582 people. The material damage caused by fires that occurred during the specified period is 992 million 859 thousand UAH. Motor vehicle fires usually involve severe accidents and often result in injuries and human casualties.

The fires of this kind can arise from external and internal sources caused by violation of rules of fire safety, technical problems, violations of rules of operation of vehicles, constructive inaccuracies, and deliberate arson.

Statistics states that one of the most common causes of vehicle fires is the fire hazard of the on-board power grid which composes 35%. In connection with the diversification of on-board systems of cars designed to meet the needs and comfort of the consumer, the on-board electrical grids of vehicles are expanding and modified, which in turn increases the risk of the fire.

A great amount of theoretical and experimental studies concerning the fire safety of vehicles are presented in the works of Zernov SI, Iskhakov Kh. I., Zaitseva VV, Smelkova G.I., Bulhnikovnik N.M., Bogatyshchev AI, Digges, Johan Mangs, Makovicka and others. [11, 12, 13, 39, 43], where safe distances between cars were investigated, heat fluxes created by automobile fires, etc. At the same time, insufficient attention has been given to the study of fire safety modes of onboard electrical work in these works.

Taking into account that in today's car more and more synthetic combustibles are used and their mass fraction is increasing, the number of possible sources of ignition increases, there is a need to develop measures to reduce the fire risk of vehicles.

It should be outlined that the comprehensive studies of the electro-thermal processes occurring in the on-board power grids of vehicles and the development of recommendations based on the results obtained, which would ensure the increase of the fire safety of vehicles, is an important and topical task nowadays, which has a significant scientific and applied value.

The author expresses his sincere gratitude to the scientific teacher and the editor of this monograph, Doctor of Technical Sciences, Professor V.I. Hudym, as well as reviewers: the doctor of Technical Sciences, Professor A. G Mnukhin, Doctor of Technical Sciences, Professor S.P. Yatsyshyn, Doctor of Technical Sciences, Professor S.V. Pozdieva for useful advice and comments that helped to improve the content of the monograph.

The monograph is executed in accordance with the program of research work of the Lviv State University of Life Safety "Investigation of the causes of fires from modes of electric networks and the development of recommendations for their prevention" (state registration number 0114U005469).

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1.1. Аналіз статистики та причин виникнення пожеж на колісних транспортних засобах в Україні та світі

За останнє десятиліття XXI століття в світі щорічно реєструвалося понад 7 млн. пожеж на яких гинуло близько 90 тис. людей, тобто кожні 4 секунди у світі виникає пожежа та за кожну годину гине 15 чоловік внаслідок дії небезпечних факторів пожежі.

Згідно з даними Всесвітнього центру пожежної статистики, в розвинутих країнах сумарні втрати від пожеж і витрати на боротьбу з ними становлять понад 1% валового внутрішнього продукту (ВВП) національної економіки, причому 0,3% припадає на збитки від пожеж, а 0,7% ВВП на запобігання їх виникненню [79]. До прикладу, армія США у В'єтнамі втратила вбитими 46,7 тис. чол., проте, протягом тих же років від пожеж в США загинуло в 3 рази більше – 143 тис. чол. [24].

Тому пожежі становлять серйозну проблему людства, яка потребує постійної розробки ефективних заходів для мінімізації негативних наслідків.

Світове виробництво КТЗ з роками невпинно зростає, разом з тим зростають і небезпеки, пов'язані з ними. Лише в 2013 р., згідно із статистичними даними ОІСА (Всесвітньої організації автовиробників), було вироблено 85,4 млн. транспортних засобів, що на 36,8% більше ніж у 2005р. Загалом світовий автопарк налічує понад 1млдр. одиниць і за прогнозами експертів до 2035 року їх кількість досягне 2 млрд.

Щорічно світовий центр пожежної статистики Міжнародної асоціації пожежно-рятувальної служби (СТІФ) публікує статистичні дані, де зазначено, що в світі щороку трапляється 1-1,1 млн. пожеж на КТЗ, що становить 16-18% від загальної кількості пожеж, на яких гине 2,8-3 тис. людей, а матеріальні збитки становлять понад 1 млрд. доларів США [23].

Згідно з даними Федерального агентства з надзвичайних ситуацій (ФЕМА), в США з 2010 р. по 2013 р. виникло близько 600 тис. пожеж на КТЗ, на яких загинуло 1 тис. чоловік та понад 5 тис. отримали травми. За даними страхових компаній у Німеччині щороку виникає понад 50 тис. пожеж на транспортних засобах, внаслідок чого 120 осіб гине та понад 500 травмуються [17, 24].

За даними [17] у Великобританії кількість пожеж на транспортних засобах з 1976 року по 1986 рік подвоїлася, а в Австрії з 1969 року по 1982 рік збільшилася втричі. В Польщі з 1999 року кількість пожеж легкових автомобілів зросла на 35 % і вже у 2010 році становила понад 7 тис. [22]. У ряді країн кількість пожеж зростає швидше, ніж кількість автомобілів. Розподіл кількості пожеж в деяких країнах по роках наведено на рис. 1.1.

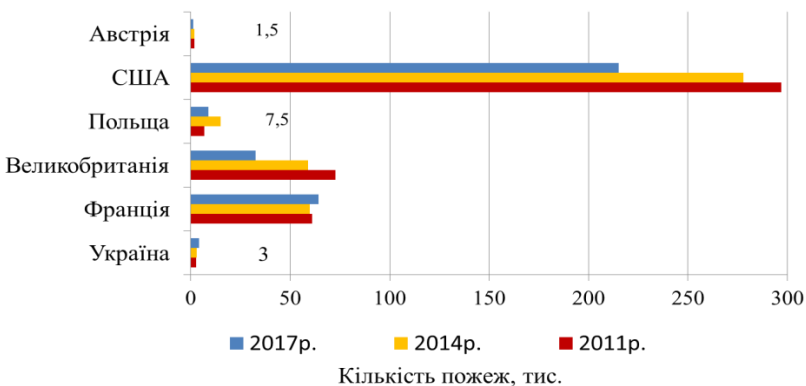


Рисунок 1.1 – Розподіл кількості пожеж в деяких країнах по роках

Проте слід відзначити, що з часом зростає не тільки кількість пожеж колісних транспортних засобів, але й їх відсоткове відношення до загальної кількості пожеж (рис. 1.2), що свідчить не лише про недостатній рівень забезпечення пожежної безпеки автотранспортних засобів, але й недостатній розвиток теоретичних та практичних знань в напрямку забезпечення їх пожежної безпеки.

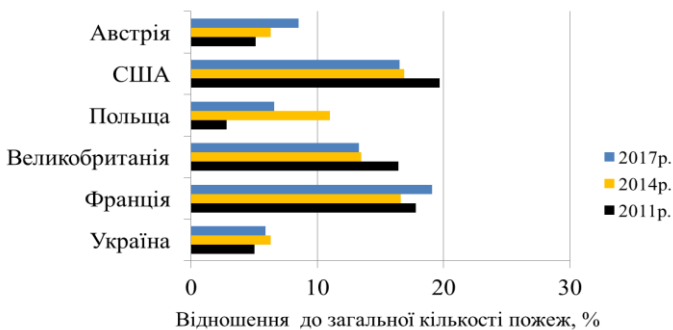


Рисунок 1.2 – Відсоткове відношення кількості пожеж на колісних транспортних засобах до загальної кількості пожеж у деяких країнах

Згідно з доповіддю національної асоціації протипожежного захисту США (NFPA), 91 % від усіх пожеж на транспорті припадає на пасажирські транспортні засоби (з них 68% – на легкові автомобілі, 18% – на автобуси, а 5% – інше) та 9% на вантажні автомобілі (з них 3% – на інженерну та с/г техніку). Основними причинами пожеж стали несправності паливної чи гідравлічної систем – 45%, електричної системи – 24%, на підпал припадає 10% та близько 11% причин не встановлені. Варто відмітити, що 69% пожеж беруть свій початок з моторного відділення, 12% з салону чи кабіни транспортного засобу.

Пожежі КТЗ, час вільного розвитку яких тривав до 5 хв становили 39 % від загальної кількості пожеж КТЗ та 22% всіх смертей і 55% пожеж – до 10 хв, що призвели до 71 % смертей, що ще раз переконує нас у стрімкому розвитку пожежі транспортних засобів та вражаючій дії небезпечних факторів [23].

В Україні також існує тенденція до зростання кількості пожеж на транспорті. За останні п'ятнадцять років в Україні виникло близько 50 тис. пожеж на колісних транспортних засобах, внаслідок яких загинуло 546 особи та постраждало 1582 особи. Лише прямі матеріальні збитки завдані цими пожежами, які сталися протягом зазначеного періоду, становлять 992 млн. 859 тис. грн. Варто відмітити, що в Україні у 2013 році, порівняно з 2000 роком, кількість пожеж зросла у 1,8 раза, а прямі матеріальні збитки – у 14 разів! Динаміка росту кількості пожеж та прямих матеріальних збитків наведена на рис. 1.3.

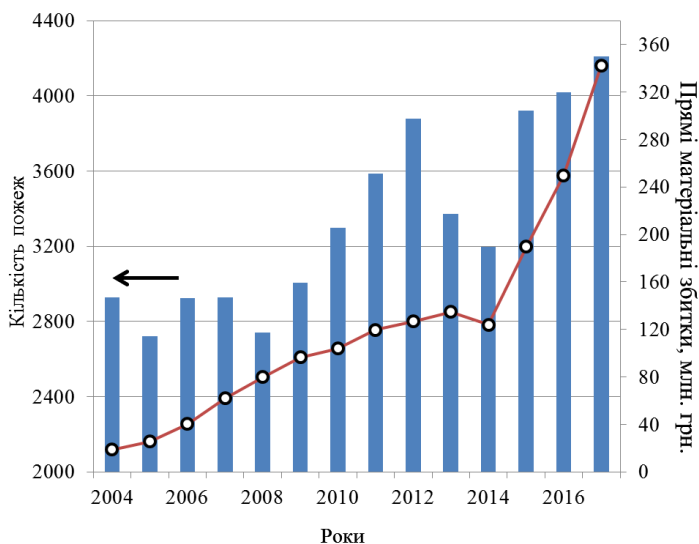


Рисунок 1.3 – Динаміка кількості пожеж колісних транспортних засобів в Україні та матеріальних збитків від них

Серед транспортних засобів найчастіше горять пасажирські транспортні засоби – 79%, а саме легкові автомобілі (33910 пожеж, або 68,1% від загальної кількості пожеж на транспортних засобах), автобуси (3258 пожеж, або 6,6% від загальної кількості пожеж на транспортних засобах) та тролейбуси (165 пожеж, або 0,5% від загальної кількості пожеж на транспортних засобах). Пожежі рейкових, річкових та повітряних транспортних засобів становлять 3,8%.

На рис. 1.4 наведені фото наслідків пожеж на КТЗ різного призначення.



Рисунок 1.4 – Наслідки пожеж на вантажних колісних транспортних засобах

Пожежі вантажних автомобілів становлять 12,8% від загальної кількості пожеж на транспортних засобах або 6327 пожеж, 12,5% припадають на пожежі сільськогосподарської, спеціальної, інженерної техніки,

причепів та мототранспорту. Нерідко пожежі на транспортних засобах супроводжуються особливо тяжкими наслідками: загибеллю чи травмами водія та пасажирів.



Рисунок 1.4 – Наслідки пожеж на пасажирських колісних транспортних засобах

За 2010-2013 рр. на пожежах цього виду в Україні загинуло 112 людей та отримало травми різного ступеня важкості 280 чоловік (рис. 1.5).

Саме пожежі легкових автомобілів призводять до найбільших людських жертв та матеріальних втрат (рис. 1.6). Лише за 2004–2017 рр. внаслідок пожеж загинуло 289 та 786 людей отримало травми, а прямі матеріальні збитки сягнули 656,7 млн. грн.

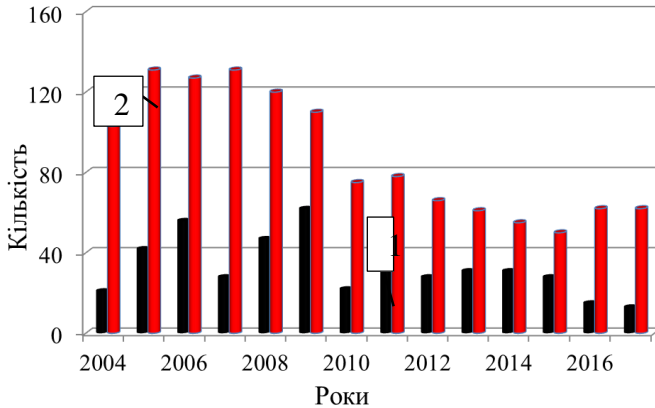


Рисунок 1.5 – Розподіл кількості загиблих (1) та травмованих (2) внаслідок пожеж на колісних транспортних засобах

Однак найбільша питома вага завданої шкоди належить пожежам вантажних автомобілів – за кількістю загиблих, травмованих та завданих збитків, де в середньому кожною пожежею завдавалося прямих матеріальних збитків на 24,2 тис. грн, після цього слідує пожежі автобусів – 23,9 тис. грн., легкових автомобілів – 19,3 тис. грн, с/г та інженерної техніки – 13,8 тис. грн, (рис 1.6).

Найбільш частими причинами пожеж транспортних засобів під час їх експлуатації є несправності електричної (коротке замикання та перенавантаження) та паливної систем. Так, наприклад, в Австрії пожежі на транспортних засобах спричинені порушенням режиму роботи електричної системи, становлять 38% від загальної кількості пожеж автомобілів [17]. Рідше виникають пожежі внаслідок порушення герметичності елементів гідравлічного обладнання та випускної системи двигуна.

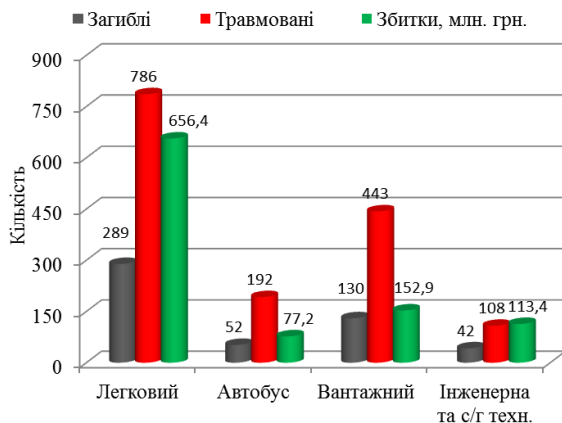


Рисунок 1.6 – Завдана шкода пожежами КТЗ за 2007-2017 рр.

Низка пожеж транспортних засобів виникає внаслідок розплавлення деталей (паливо- і маслопроводів тощо) під дією газів, що виходять із зруйнованого випускного трубопроводу, а також внаслідок потрапляння палива, мастил та гідравлічних рідин на високонагрітій поверхні двигуна та турбокомпресора, внаслідок порушення герметичності арматури паливних та гідравлічних систем.

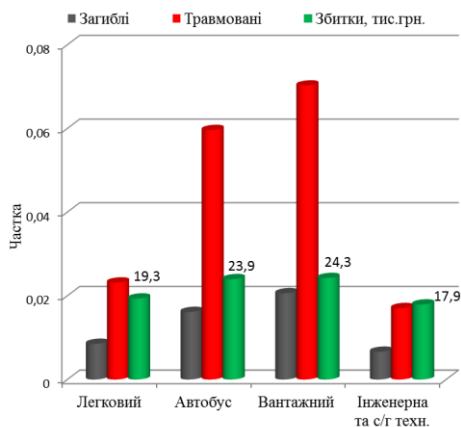


Рисунок 1.7 – Середнє значення завданої шкоди однією пожежею КТЗ 2007-2017 рр.

Причинами пожеж у гаражах та на стоянках є необережне поводження з вогнем, порушення правил пожежної безпеки під час запуску двигуна, дефекти паливної системи та іскри.

За даними [17], пожежі внаслідок дорожньо-транспортних пригод після удару виникають в 54% у моторному відсіку і в 33% – у бензобаку. Без ДТП пожежі в середньому виникають в 58% випадків у моторному відсіку, 18% – у салоні або кабіні та близько 26% – у інших місцях (багажник, підкрильник, колеса тощо). Розподіл місця виникнення пожеж у різних за призначенням транспортних засобах є неоднаковий (рис 1.8), проте у всіх транспортних засобах пожежі, які виникли у відсіку двигуна, є домінуючими.

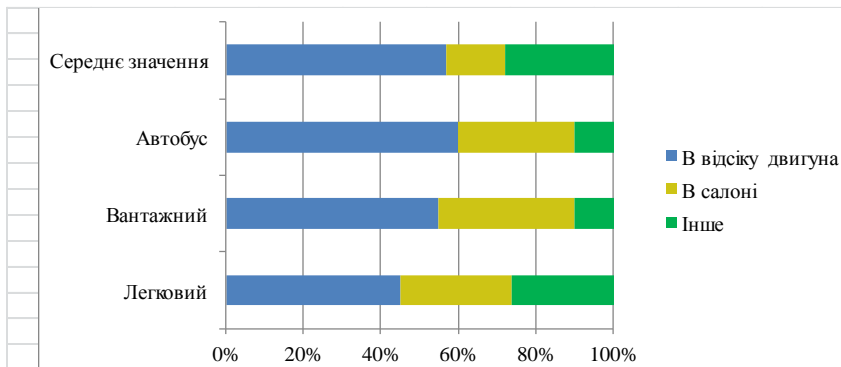


Рисунок 1.8 – Розподіл місць виникнення пожеж у КТЗ

Федеральне агентство з надзвичайних ситуацій США наводить дані щодо кількості пожеж КТЗ протягом доби [23, 24].

Як показано на рис. 1.9, пожежі в основному відбувалися в денний та вечірній час, досягаючи максимуму від 15 год до 18 год (24%), а найменше в ранкові години – з 5 год до 8 год (9%). Пожежі автомобілів відбуваються протягом всього року, проте рис. 1.10 показує, що протягом літніх місяців пожежі трапляються дещо частіше (28%), ніж в інші пори року.

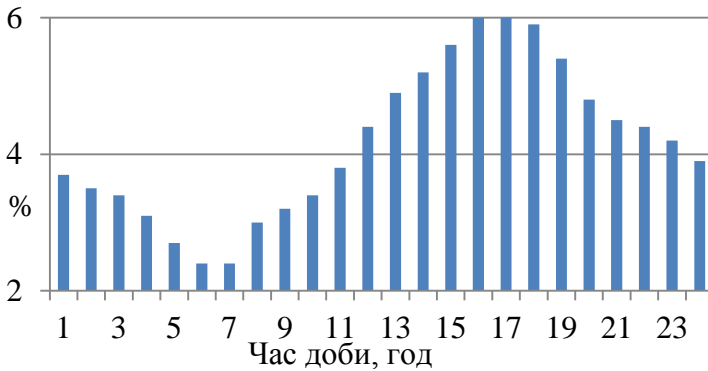


Рисунок 1.9 – Розподіл відсоткової кількості пожеж за годинами доби

Цей невеликий пік, можливо, пов'язаний з підвищенням температури навколишнього середовища та із збільшенням використання транспортних засобів під час відпусток та подорожей [23].

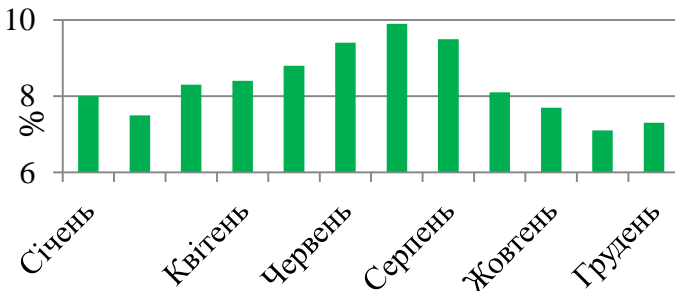


Рисунок 1.10 – Розподіл відсоткової кількості пожеж за місяцями року

Особливу увагу з точки зору пожежної безпеки слід приділити автобусам. Близько одного відсотка усіх автобусів щороку зазнають пожеж [114, 115]. Пожежі автобусів можуть спричиняти значну кількість смертей через велике число пасажирів, які перевозяться. Історія показує приклади трагічних подій за участю цього виду транспорту, деякі з них наведено у таблиці 1.1.

Пожежі автобусів залишаються серйозно загрозою для людей серед пожеж транспортних засобів. Незважаючи на розвиток електронних систем, які контролюють стан різноманітних вузлів та агрегатів автобусів, це не запобігає виникненню пожеж цього роду.

Таблиця 1.1
Деякі пожежі автобусів, що призвели до людських жертв [115]

Рік	Подія
2006	Автобус зайнявся у центрі міста Панама, загинуло 18 людей
2007	Автобус, що рухався від Дакки до Читтагонгу, потрапив у ДТП і загорівся поблизу міста Камілли, (Бангладеш), загинуло 55 чоловік
2008	В Ірані зіткнувся автобус з 22 студентами. Обидва автомобілі загорілися відразу після аварії. Загинуло 22 особи
2008	У Ганновері (Німеччина) згорів автобус, що стало причиною 20 смертей.
2009	Автобус, що прямував до міста Чендзу (Китай), неочікувано зайнявся. У вогні загинуло 29 людей
2018	У Актюбінській області на заході Казахстану, на 1 068 кілометрі траси Самара-Шимкент під час руху зайнявся автобус міжміського сполучення. У салоні перебувало 57 осіб, тільки 5 вдалося покинути палаючий транспортний засіб, решта загинули на місці.

Аналіз пожеж у автобусах показав, де найчастіше виникають осередки горіння. Близько 60% автобусних пожеж виникає в моторному відсіку і можуть бути відвернуті шляхом ретельного і систематичного технічного обслуговування. Наглядно помітно, що у автобусів пожежі від коліс чи шин беруть свій початок значно частіше у порівнянні з іншими транспортними засобами.

У моторному відсіку, де виділять три основних сценарії розвитку. Перший і найбільш типовий розвиток пожежі у

моторному відсіку автобуса – це несправність основних вузлів чи розгерметизація паливопроводів і витоки пального на високонагріті елементи ДВЗ, найчастіше корпус турбокомпресора чи елементи колектора випуску відпрацьованих газів ДВЗ. Характерним прикладом може бути пожежа, яка сталася у США в 2005 році на автобусі Neoplan PB1 (рис 1.11).



Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд автобуса після пожежі та генератора, який став її причиною

Під час руху водій відчув запах диму, негайно зупинив автобус та евакуював пасажирів. Пожежу загасили вогнегасниками. Пошкодженим був лише моторний відсік. Дослідження пожежі показало, що причиною став вихід з ладу підшипника генератора, що призвело до його заклинення. Однак пасова передача, яка передавала обертовий момент на генератор, продовжувала обертатися від колінчастого вала ДВЗ створюючи джерело займання (рис 1.12)

За другим сценарієм джерело займання має електротехнічне походження, а саме КЗ та перенавантаження, яке може виникати внаслідок пошкодження або втрати

ізоляційної здатності ізоляції. На ранніх стадіях розвитку видимих ознак може бути і не помітно.



Рисунок 1.12 – Зовнішній вигляд генератора, який став причиною пожежі автобуса

Однак з часом та із збільшенням температури при контакті з горючими речовинами ризик розвитку і поширення пожежі зростає. Двигун, який забруднений паливо-мастильними відкладеннями, також створює умови для успішного розвитку пожежі, навіть за наявності електричної іскри чи дуги невеликої потужності.

Пошкодження утримуючих фіксаторів дротів проводів бортової електромережі часто призводить до перетирання чи оплавлення ізоляційного матеріалу об конструктивні елементи транспортного засобу. На рисунку 1.13 зображено зовнішній вигляд автобуса після пожежі, причиною якої став струм короткого замикання бортової електромережі у багажному відділенні, про що свідчать сліди розплавленої міді на тримачі.

Потенційну проблему створюють при установці додаткового електрообладнання, а саме телевізорів та DVD-плеєрів.



Рисунок 1.13 – Зовнішній вигляд автобуса після пожежі, причиною якої стало КЗ

Аналіз пожеж показує, що монтажники вкрай рідко звертаються до супровідної технічної документації, покладаючись на власний досвід.

Нерідко пожежі беруть свій початок саме з колеса автобуса. Це зумовлюється великим зносом протектора та низьким тиском у шині колеса. Більшість пожеж в шинах починаються за наявності подвійних коліс, і зменшення тиску в одному з них є непомітним для водія автобуса (рис 1.14).



Рисунок 1.14 – Зовнішній вигляд колеса автобуса, яке стало причиною пожежі

Існують так звані «фрикційні» джерела займання, тобто ті, які пов'язані з деталями та матеріалами з високим коефіцієнтом тертя та підвищеною стійкістю проти зношування. Такі пожежі, як правило, пов'язані з відмовою підшипника маточини колеса, заклиненням гальм чи блокуванням муфти компресора. Пожежі цього роду подібні до пожеж, які виникають з електротехнічних причин, тому що на ранніх стадіях не створюють видимих ознак. Розвиток цих пожеж відбувається досить повільно та залежить від кількості тепла, яке генерується, та маси матеріалу. Прикладом такого роду пожежі може слугувати випадок, який стався у 2005 році у штаті Техас, де під час руху загорівся автобус та 14 людей не змогли вибратися у палаючої пастки і загинули. Експертиза встановила, що причиною займання став вихід з ладу підшипників осі маточини колеса, що викликало різке збільшення температури (рис. 1.15).



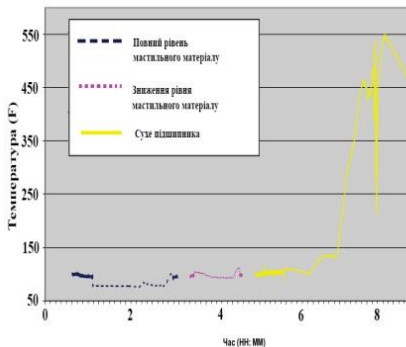
Рисунок 1.15 – Зовнішній вигляд автобуса під час пожежі, причиною якої став вихід з ладу підшипників осі маточини колеса

Це і стало джерелом займання для шини колеса [118]. Зовнішній вигляд автобуса наведено на рисунку 1.16.

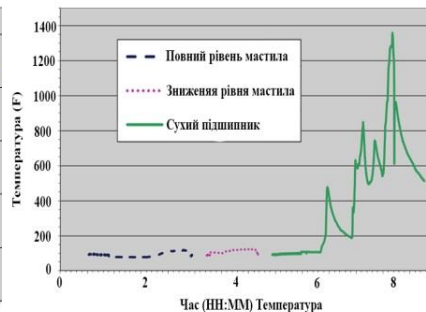


Рисунок 1.16 – Зовнішній вигляд автобуса після пожежі, причиною якої став вихід з ладу підшипників осі маточини колеса

З цього приводу у роботі [124] було проведено експериментальне дослідження з визначення температури маточини колеса за умови виходу з ладу підшипників. Результати випробування наведено у вигляді графічних залежностей на рисунку 1.16.



а)



б)

Рисунок 1.16 – Залежність зміни температури а) маточини колеса та б) гальмівного барабана при зменшенні та за відсутності мастила у підшипнику

Експеримент проводився у автобусі, в який було завантажено 16000 фунтів (близько 8000 кг) мішків з піском для створення робочого навантаження, а швидкість руху становила 68 миль/год (близько 110 км/год). Визначалася температура маточини колеса, а також гальмівного барабана при повністю, частково змащеному та при сухому підшипнику.

1.2. Класифікація колісних транспортних засобів

Згідно з [1], автомобільний транспорт відноситься до транспорту загального користування (залізничний, морський, авіаційний, електротранспорт) і разом з промисловим, відомчим та трубопровідним транспортом становлять Єдину транспортну систему України.

Автомобільний транспорт – галузь транспорту, яка задовольняє потреби населення та суспільного виробництва у перевезеннях пасажирів та вантажів автомобільними транспортними засобами. Автомобільний транспортний засіб – колісний транспортний засіб, який використовується для перевезення пасажирів, вантажів або виконання спеціальних робочих функцій [2]. Ступінь пожежної небезпеки автомобіля залежить не тільки від виду та кількості пожежонебезпечних речовин, що знаходяться в ньому, але й від його конструкції, тому доцільно проаналізувати відомі конструкції та класифікацію транспортних засобів.

За призначенням транспортні засоби поділяються на:

- транспортний засіб загального призначення – транспортний засіб, не обладнаний спеціальним

устаткуванням і призначений для перевезення пасажирів або вантажів;

- транспортний засіб спеціалізованого призначення – транспортний засіб, який призначений для перевезення певних категорій пасажирів чи вантажів та має спеціальне обладнання;

- транспортний засіб спеціального призначення – транспортний засіб, призначений для виконання спеціальних робочих функцій.

Автомобіль – колісний транспортний засіб, який приводиться в рух джерелом енергії, має не менше чотирьох коліс, призначений для руху безрейковими дорогами для перевезення людей та вантажів, буксирування транспортних засобів, виконання спеціальних робіт. Усі автомобілі, згідно з [1, 2], класифікують на:

- автомобіль вантажний – автомобіль, який за своєю конструкцією та обладнанням призначений для перевезення вантажів;
- автомобіль легковий – автомобіль, який за своєю конструкцією та обладнанням призначений для перевезення пасажирів з кількістю місць для сидіння не більше дев'яти з місцем водія включно;
- автобус – транспортний засіб, який за своєю конструкцією та обладнанням призначений для перевезення пасажирів з кількістю місць для сидіння більше дев'яти з місцем водія включно.

Для кожної наведеної групи ТЗ існує класифікація за певними ознаками.

Вантажні автомобілі поділяються за вантажопідйомністю на: особливо малої вантажопідйомності (до 0,5т); малої вантажопідйомності (від 0,5 т до 2 т); середньої

вантажопідйомності (від 2 т до 5 т); великої (від 5 т до 15 т) та особливо великої вантажопідйомності (понад 15 т).

Також за величиною навантаження на опорну поверхню вантажні автомобілі поділяються на три групи:

- дорожні автомобілі групи А (навантаження на вісь від 6 т);
- дорожні автомобілі групи Б (навантаження на вісь до 6 т);
- позашляхові автомобілі.

Легкові автомобілі класифікуються за:

- призначенням (індивідуального користування, таксі, спортивні тощо);
- за робочим об'ємом двигуна (особливо малі до 1,2 л, малі від 1,2 л до 1,8 л, середні від 1,8 до 3,5 л та великі понад 3,5 л);
- за типом кузова (універсали, седани, хачбеки, мінівени, купе, лімузини, кабріолети тощо);
- за габаритними розмірами.

Проте існують інші, більш розгалужені класифікації, зокрема, які використовуються в державах – членах Європейського союзу та наведені в таб. 1.1.

Таблиця 1.1
Класифікація КТЗ за конструкцією [2,3]

Категорія	Під-категорія	Характеристика	
1	2	3	4
L	L ₁ , L ₂	ТЗ з двома (трьома) колесами, робочий об'єм двигуна якого – не більше 50 см ³ , а максимальна швидкість – не більше 50 км/год	Мопеди, мотоцикли, квадроцикли
	L ₃ , L ₄	ТЗ з двома (трьома) колесами, робочий об'єм двигуна якого – перевищує 50 см ³ , а максимальна швидкість – перевищує 50 км/год	

Пожезна небезпека колісних транспортних засобів

	L ₅ , L ₆	ТЗ з трьома колесами, робочий об'єм двигуна якого – понад 50 см ³ , а максимальна швидкість – понад 50 км/год, маса не більше 400 кілограмів	
--	---------------------------------	---	--

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
	L ₇	ТЗ з чотирма колесами, інший, ніж ті, що належать до категорії L ₆ , маса якого не перевищує 400 кілограмів.	
М	M ₁	ТЗ, призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння, не більше восьми	Легкові автомобілі
	M ₂	транспортний засіб, призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння більше восьми, повною масою – не більше 5 тонн	Автобуси
	M ₃	транспортний засіб, призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння, не враховуючи місця водія, більше восьми, повною масою більше 5 тонн	
N	N ₁	ТЗ, призначений для перевезення вантажів, повна маса якого не більше 3,5 тонни	вантажні, спеціальні, автомобілі-тягачі
	N ₂	ТЗ, призначений для перевезення вантажів, повна маса якого від 3,5 тонни до 12 тонн	
	N ₃	ТЗ, призначений для перевезення вантажів, повна маса якого понад 12 тонн	
О	О ₁ , О ₂ , О ₃ , О ₄	причіпні транспортні засоби повною масою не більш як 0,75 тонни, 3,5 тонни, 10 тонн та понад 10 тонн відповідно	причепи, напів-причепи

Автобуси класифікуються за такими ознаками:

- за повною масою;
- за кількістю місць для сидіння;
- за призначенням (міські, міжміські, приміські);
- за довжиною.

1.3. Чинники впливу на пожежну безпеку колісних транспортних засобів

Відомо, що пожежна безпека автомобілів пов'язана з наявністю великої кількості горючих речовин. Найбільшу небезпеку становлять легкозаймисті та горючі рідини, а це – паливо-мастильні, охолоджувальні і гальмівні рідини, які на початковому етапі пожежі підтримують горіння. У карбюраторних та інжекторних двигунах в якості рідкого пального використовують бензин, який являє собою суміш вуглеводнів і спеціальних присадок, які призначенні для покращення експлуатаційних характеристик. Вуглеводи, що знаходяться в бензині, випають при температурі від 35°C до 200°C. Бензини використовуються в двигунах з примусовим запаленням готової газоповітряної суміші від іскри. Вони є надзвичайно небезпечними з точки зору пожежної безпеки. Характеристики різних марок бензину наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2
Показники пожежонебезпеки бензинів [11]

Марка бензину	Температура спалахування, °С	Температура само-спалахування, °С	Концентраційні межі розповсюдження полум'я, %		Температурні межі поширення полум'я, °С	
			нижня	верхня	нижня	верхня
А-72	-36	310	-	-	-	-
А-76	-37	320	0,78	5,6	-35	-7
АИ-93	-37	360	0,79	6,14	-37	-6
А-95	-39	370	0,76	5,16	-27	-8

На відміну від бензину, у склад дизельного палива входять важкі вуглеводи, що википають при температурі від 280°C до 360°C. У дизельних двигунах у циліндрах повітря сильно нагрівається в результаті його швидкого і сильного стискання поршнем. В момент максимального ступеня стиснення в циліндр впорскується під тиском дизпаливо, яке спалахує від розігрітого повітря. Характеристики різних марок дизельного палива наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Показники пожежонебезпеки дизельного палива [11]

Марка дизельного палива	Температура спалахування, °С	Температура самоспалахування, °С	Температурні межі поширення полум'я, °С	
			нижня	Верхня
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

Разом з тим, за даними [18, 19], видобування нафти та кам'яного вугілля з роками зменшується, тому світ переходить на альтернативні, більш екологічно чисті та дешевші джерела енергії – природні гази. Як паливо, для двигунів внутрішнього згоряння використовують зріджені нафтові гази (ЗНГ) та стиснені природні гази (СПГ), які забезпечують високі техніко-економічні показники, мають хороші антидетонаційні якості, створюють сприятливі умови утворення горючої суміші та мають широкі межі займання суміші з повітрям. Серед ЗНГ у автотранспорті в якості палива використовують етан, бутан та пропан, які зберігають у балонах при тиску 1,0..2,0 МПа. Комплект газового обладнання для ЗНГ разом з балоном важить в межах 40–60 кг.

Серед СПГ використовують водень та метан, останній є основною складовою частиною біогазу. Найбільш поширена система зберігання водню та метану на автомобілях – в стисненому вигляді. Проте ці гази мають низьку об'ємну концентрацію енергії (35,52-36,62 кДж/л), тому їх зберігають у композитних балонах при тиску 35 та 75 МПа [20, 21, 81]. Водень використовується в якості палива на КТЗ як в чистому вигляді, так і в суміші з вуглеводневим паливом, при цьому викид шкідливих речовин у навколишнє середовище значно зменшується. Завдяки високій фізико-хімічній активності водню невелика масова добавка (5-10%) до бензину дає змогу зменшити токсичність відпрацьованих газів на 65-75%, причому найменший вміст NO_x в продуктах згоряння спостерігається при навантаженні менше 50% від максимальної потужності двигуна, тобто при робочих параметрах, що властиве для експлуатації транспортних засобів в міських умовах [19]. Характеристики природних газів наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Показники пожежонебезпеки газів

Параметри	Бутан	Метан	Пропан	Водень
Температура спалахування, °С	-69	87,8	-96	
Температура самоспалахування, °С	405	537	470	510
Нижня/верхня концентраційна межа поширення полум'я, % об'єму	1,8/9,1	5,28/14,1	2,3/9,4	4,1/75
Мінімальна енергія запалення, МДж	0,25	0,28	0,25	0,017

Горіння палива відбувається у паровій або газовій фазах і характеризується концентраційними та температурними межами поширення полум'я. Пожежонебезпечні концентрації можуть утворитися в нішах двигуна і відсіках автомобіля, переважно у моторному відсіку. Оскільки в моторному відсіку відбувається повітрообмін з навколишнім середовищем через його нещільності, у ньому можливе утворення небезпечних концентрацій палива і за наявності джерела запалювання відбувається займання. Джерелами запалювання в моторному відсіку можуть бути нагріті деталі, іскри від обладнання, теплові прояви електричного струму при аварійній роботі електричного обладнання, занесене відкрите полум'я.

Аварійне потрапляння палива у моторний відсік можливе при розгерметизації паливної системи внаслідок її пошкодження. При цьому паливо може витікати струменем, каплями та у вигляді пароповітряної суміші. При русі автомобіля через систему охолодження відбувається нагнітання великої кількості повітря і пожежонебезпечна концентрація в таких випадках рідко досягається. Тому найбільш сприятливі умови для досягнення цих концентрацій виникають при зупинці автомобіля.

Мінімальна енергія іскри займання для метану 0,28 МДж, для бензину – 0,23..0,41 МДж, а для водню ця величина майже на порядок менша – 0,017 МДж. Енергії займання всіх трьох речовин достатньо малі, тому займання відбувається навіть в присутності слабких джерел займання, наприклад іскрових розрядів чи високонагрітих поверхонь.

Крім палива в автомобілі використовуються інші горючі рідини. До них відносяться моторні, трансмісійні масла, охолоджувальні рідини, гальмівні рідини та інше. Характеристики цих рідин наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5
Показники пожежонебезпеки деяких експлуатаційних рідин [11]

Найменування рідини	Група горючості	Температура, °С		
		спалаху	спалахування	самоспалахування
Мінеральне масло	ГР	222	228	-
Синтетичне масло	ГР	235	245	-
Консистентна змазка ЛИТОЛ	ГР	221	231	364
Консистентна змазка ФІОЛ	ГР	259	304	402
Трансмійне масло TRANSELF TYPE B 80W90	ГР	220	290	-
Охолоджуюча рідина «Тосол-А»	ГР	108	117	508
Охолоджуюча рідина «Тосол»	ГР	142	148	-

У моторному відсіку легкового автомобіля розташований силовий агрегат і деталі системи, що забезпечують роботу двигуна і автомобіля в цілому. Матеріали з'єднувальних патрубків – метал, гума, пластмаса. Для виготовлення розширювальних бачків системи двигуна використовують поліетилен та інші пластмаси. Велика кількість корпусних деталей моторного відсіку виготовлені з пластмаси та композитних матеріалів. Крім того у багатьох автомобілях знаходиться запасне колесо. Характеристики деяких горючих матеріалів, з яких виготовлені деталі автомобіля в моторному відсіку, наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6.
Показники пожежонебезпеки деяких матеріалів [11,12]

Назва матеріалу	Група горючості	Температура, °С		
		самоспалахування	спалахування	Плавлення
Поліетилен	горючий	417	306	120
Поліпропілен	горючий	325-388	325-343	165
Вініпласт	горючий	580	580	-
Полістирол	горючий	486	343	-
Гума	горючий	350	-	-
ДВП	горючий	345	222	-

Розглянемо основні горючі матеріали, що входять до складу елементів автомобіля та складають пожежне навантаження автомобіля.

Полімерні матеріали. Масштаби застосування пластмас при виготовленні та ремонті автомобілів зростають щороку. Число пластмасових деталей на окремих автомобілях сягає 350, а їх загальна маса – 100 кг і більше. Це переважно дрібні деталі, що не несуть великих навантажень. Виготовляються пластмасові паливні баки; кабіни; і кузови із склопластику; капоти, крила, окремі елементи кабіни – з армованих пластиків.

Термопласти мають високу енергопоглинальну здатність, що важливо з точки зору післяаварійної безпеки автомобілів. Енергія деформації в кілоджоулях на 1 кг маси матеріалу: сталевий лист – 15; сталева складова конструкція – 39; термопласти – 50.

Деталі автомобіля виготовляються з таких термопластів:

- бачки омивача вітрового скла, бензобаки – поліетилен;
- буфери – напівтвердий поліуретан;
- вентилятори і облицювання радіатора – поліпропілен, нейлонрезін;
- значки, ковпаки маточини колеса – металкрілікрезін;
- зубчасті колеса – нейлонрезін, поліацеталь;
- ізоляція проводів – полівінілхлорид;
- оббивка стійок кузова – поліпропілен;
- обід рульового колеса – жорсткий полівінілхлорид, поліпропілен, днище авто – жорсткий уретан;
- панелі приладів – полідиметилфеніленокид;
- попільнички – фенолрезін;
- підголовники – м'які полівінілхлорид і уретан;
- підлокітники жорсткий полівінілхлорид, поліетилен.

Вироби із пластмас представляють значну пожежну небезпеку. Пожежонебезпечні властивості пластмас характеризуються займистістю, інтенсивністю горіння, температурами займання і самозаймання, теплотою згорання, здатністю до димоутворення і термічного розкладу з виділенням токсичних речовин.

Горючість пластмас залежить від співвідношення теплоти, що виділяється при згорянні продуктів деструкції, і теплоти, необхідної для їх утворення, і газифікації. Зменшення швидкості газифікації пластмас під дією теплоти і зниження кількості утворення горючих продуктів деструкції призводить до зниження горючості.

Вплив відкритого вогню, теплового випромінювання полум'я, іскор на гумотехнічні вироби (ГТВ) призводить до

втрати міцності та еластичних властивостей, термодеструкції поверхневого шару і запалювання продуктів термодеструкції. Горіння ГТВ протікає аналогічно горінню пластмас, тому й методи захисту однакові: введення антипіренів та нанесення вогнезахисних покриттів. Однією з характеристик ГТВ є термостійкість, обумовлена гранично допустимою температурою експлуатації.

Лакофарбові покриття (ЛФП). Вони служать для створення на пофарбованій поверхні захисного шару, що оберігає матеріал від руйнівної дії зовнішнього середовища, і для декоративного оздоблення елементів. Пожежна небезпека визначається теплостійкістю, швидкостями випаровування та термодеструкцією складових ЛФП і їх токсичністю. Термостійкість більшості органічних пігментів і наповнювачів ЛФП обмежується температурами 423 ... 473 К. Термостійкість покриття на кремнійорганічній основі становить 523 ... 773 К.

Таким чином, в конструкції автомобіля, зокрема в моторному відсіку, використовується велика кількість горючих рідин та матеріалів. До них відносяться гума, пластмаси, деревина, тканини та інше. Крім того в ємностях та трубопроводах різних систем автомобіля знаходиться велика кількість палива, мастил та інших горючих рідин. Загальна маса горючих речовин в конструкції автомобіля становить від 10 % його загальної маси [35].

Оскільки майже кожна друга пожежа автотранспортних засобів пов'язана із електричним струмом, проаналізуємо фактори, що характеризують пожежну небезпеку бортових електромереж.

Пожежна небезпека автотранспортних засобів залежить від надійної роботи всієї системи електрообладнання, її вузлів

і агрегатів. Для виникнення пожежі необхідний досить потужний тепловий імпульс, який викличе нагрівання речовини або матеріалу та спричинить загоряння. Оцінка пожежної небезпеки електрообладнання повинна бути пов'язана з оцінкою теплового нагрівання окремих елементів. Тому необхідно проаналізувати тепловий стан найбільш пожежонебезпечних елементів електрообладнання.

Система електрообладнання КТЗ дуже різноманітна за призначенням, типом, характеристиками і, що особливо важливо, місцем розміщення на борту автотранспортних засобів. Ці види електрообладнання являють собою в загальному вигляді поєднання контактів комутуючих елементів, (електродвигуни, конденсатори, котушки, дроселі і т.п.), електронагрівальних елементів (світлосигнальні прилади, системи обігріву сидінь, пристрої, призначенні для полегшення пуску дизельних двигунів, та інше) і, зрозуміло, електропроводів. Всі ці пристрої і вироби при проходженні по них електричного струму виділяють тепло, яке має розсіюватися в навколишнє середовище, щоб сам пристрій працював у нормальному для нього режимі, без аварійного перегріву. Тому для оцінки пожежної небезпеки електрообладнання автотранспортних засобів необхідно виходити з найбільш ймовірних теплових станів елементів цього електрообладнання у нормальному і аварійному режимах.

В нормальних режимах роботи КТЗ, коли температури двигуна та інших теплових вузлів і агрегатів не виходять за межі температур, передбачених умовами експлуатації, найбільш небезпечним з погляду можливості перегрівання і виникнення аварійних режимів в електрообладнанні є моторний відсік і місця з підвищеними температурами та

можливістю зіткнення елементів електрообладнання з агресивними середовищами, в першу чергу, з паливом та мастилами. Температура середовища в моторному відсіку може перевищувати температуру навколишнього середовища на 100 °С, а температура поверхні деяких деталей може сягати 500 °С і більше [12]. За таких умов не буде відбуватися нормального розсіювання тепла, що виділяється в струмопровідній жилі електропроводів або в іншому електрообладнанні КТЗ, що неминуче призведе до їх перегрівання і переходу в аварійний режим роботи.

Найбільш імовірним місцем виникнення аварійних режимів є електропроводи, оскільки, руйнування їх ізоляції можливе від механічних, хімічних впливів і високих температур. ПВХ-ізоляція автомобільних проводів здатна не втрачати фізико-механічних властивостей до 105 °С, хоча нормальною експлуатаційною температурою для автомобільних електропроводів є температура 70°С. Враховуючи підвищену температуру в моторному відсіку (особливо у вантажних автотранспортних засобах), можна вважати, що ізоляція таких електропроводів працює фактично на межі своїх фізичних можливостей, і тому стає цілком зрозумілою ситуація з порівняно великим числом загорянь автотранспортних засобів саме через проблеми з електрообладнанням.

Нагрівання електропроводів КТЗ при штатних режимах роботи відбувається з різним ступенем, що визначається їх призначенням і технічними характеристиками. Наприклад, нагрівання силового електропроводу стартера двигуна автотранспортного засобу відбувається при тривалих за часом (затяжних) стартерних режимах, а також, якщо інтервали між багаторазовими повторними запусками малі. За таких

пускових режимів провідники можуть нагріватися, при цьому відбувається втрата міцності ізоляції, її пересихання, спучування.

Теплові стани електрообладнання автотранспортних засобів при аварійних режимах розглянемо для найбільш типових для нього пожежонебезпечних режимів [55]:

- коротке замикання;
- струмове перевантаження;
- великий (підвищений) перехідний опір.

Коротке замикання (КЗ) виникає в результаті зменшення опору, що може бути викликане виникненням нового електричного кола, яке утворилося внаслідок замикання при руйнуванні ізоляції проводу, електричного пробоя через провуглену ізоляцію. КЗ може виникнути і при обриві електропроводу під напругою з наступним дотиканням його неізольованих струмопровідних частин з елементами, що мають іншу полярність. Найбільш типовий випадок – виникнення КЗ при руйнуванні електричної ізоляції, яке відбувається внаслідок механічних ушкоджень, експлуатаційного зносу, частих струмових перевантажень, а також дії агресивних середовищ і вологи. Струм КЗ для електромереж автотранспортних засобів може становити від декількох десятків до декількох сотень ампер. Значне зростання тепловиділення при КЗ викликає швидке нагрівання горючих речовин і матеріалів аж до їх загоряння.

При КЗ температура в аварійній мережі рідко зростає більш ніж на 15 °С, якщо дане КЗ не відбулося внаслідок струмового перевантаження. КЗ в електрообладнанні можуть бути металевими і дуговими. Безпосередньо в місцях металевого КЗ температура провідника може сягати 600-800 °С [13]. При дугових КЗ температура в місці дугового розряду може

становити 2000-4000 °С і від неї загоряються всі речовини і матеріали, що розташовані поблизу. При цьому також відбувається розбризкування розплавленого металу, температура частинок якого в вихідний момент понад 1000°С, а отже ці частинки здатні запалити горючі речовини і матеріали.

КЗ в бортовій мережі КТЗ нерідко виникає в результаті руйнування ізоляції при терті об гострі кромки елементів конструкції, чому сприяє вібрація електропроводів під час руху автотранспортного засобу.

Під час струмових перевантажень температура жили проводу може значно перевищити критичну (за термостійкістю) температуру ізоляції (105 °С) [12] і сягнути температури межі руйнування жили. Тому струмові перевантаження, послаблюючи захисні властивості ізоляційної оболонки електропроводів, нерідко є першим ступенем утворення КЗ, а також є причиною загоряння як ізоляції, так і інших горючих матеріалів, які безпосередньо стикаються з провідником, в якому проходить даний аварійний режим. Тривалі струмові перевантаження значно зменшують еластичність і міцність ізоляції провідника через нагрівання (100-130 °С) і в результаті її руйнування згодом нерідко призводять до КЗ [13].

Якщо ж струми перевантаження провідника проходять всередині джгута електропроводів, то через акумуляцію тепла в джгуті, руйнування ізоляції призводить до міжпровідникових КЗ, внаслідок чого уражуються кілька електричних кіл. Температурні умови виникнення такого КЗ можуть становити 200-300 °С, що залежить від різних факторів: способу прокладки проводів усередині джгута; натягу джгута і окремих електропроводів в джгуті; вигину джгута; зовнішнього механічного впливу. Подальше

зростання струмового перевантаження може закінчитися загорянням електричного джгута [13, 85].

Основною причиною струмових перевантажень є використання нештатних, що перевищують (нерідко в кілька разів) допустимі за потужністю, споживачів електроенергії, використання нестандартних плавких вставок електрозапобіжників або інших апаратів захисту, також використання додаткових електричних споживачів, не передбачених заводом-виробником автотранспортного засобу, неграмотне їх підключення до електромережі автомобіля. Неправильний вибір перерізу і типу електропроводів при ремонті також може призвести до аварійних режимів в електромережі автотранспортного засобу [11].

Ознаки, характерні для струмових перевантажень:

- підвищена температура проводів;
- поверхня ізоляції з боку струмопровідної жили проводу часто має почорніння, обуглювання;
- поява специфічного запаху розкладання ізоляції;
- потемніння на струмоведучих жилах;
- поява здуття, тріщин, поздовжніх складок на поверхні ізоляції;
- зміна кольору ізоляції;
- реагування на перевантаження контролюючих приладів;
- спрацювання апаратів електрозахисту;

Великий перехідний опір (режим "поганого контакту") виникає при ослабленні кріплення контактів, появі нещільностей в місцях контактів через дію агресивних середовищ (електроліту, води) і утворення окисних плівок на контактуючих поверхнях. Температура в місцях великих

перехідних опорів може сягати рівня в 400 °С залежно від стану контакту і сили струму, що протікає через нього. Тривале існування режиму "поганого контакту" призводить до перегріву і пошкодження (розплавлення, обвуглення) ізоляції проводів в безпосередній близькості від місця контактного з'єднання, руйнування ізоляторів електроспоживачів, а також комутуючих пристроїв.

Великі перехідні опори часто призводять до металевого КЗ між жилами електропроводів внаслідок руйнування ізоляції. Висока температура, що виникла на великому перехідному опорі, може виявитися причиною загоряння ізоляції проводів, а також інших горючих речовин і матеріалів, що розташовані в безпосередній близькості від цього місця.

Саме у місцях перехідних опорів, перш за все і відбувається небезпечне нагрівання ізоляції, інших дотичних горючих речовин і матеріалів і навіть їх займання. При цьому апарати електрозахисту у вигляді запобіжників не здатні реагувати на "поганий" контакт. Великі перехідні опори виявляються в місцях з'єднань провідників, виготовлених з різних матеріалів. Особливо небезпечними є з'єднання багатожилевих проводів, виконані без опресовки або пайки.

1.4. Аналіз технічних рішень та нормативної бази із забезпечення пожежної безпеки колісних транспортних засобів

Пожежі на КТЗ виникають під час їх експлуатації, ремонту, внаслідок дорожньо-транспортних пригод і підпалів, на стоянках, під час проведення випробувань нових зразків і моделей транспортних засобів.

Відомо, що на величину наслідків від пожеж (травмування та загибель людей, матеріальні збитки) впливає ефективність системи протипожежного захисту. На основі аналізу діючої законодавчої бази України, яка ґрунтується на законах України «Про транспорт», «Про автомобільний транспорт», «Про дорожній рух» [1, 2, 4], та інших нормативно-правових актах, встановлено, що не визначені вимоги до застосування систем забезпечення пожежної безпеки автотранспортних засобів і не конкретизовано вимоги до систем чи їх елементів.

Так, наприклад, статтею 10 Закону України “Про транспорт” [1] встановлено, що “транспортні засоби повинні відповідати вимогам безпеки, охорони праці та екології, державним стандартам, мати відповідний сертифікат”. Згідно зі статтею 29 Закону України “Про дорожній рух” [4], “до участі у дорожньому русі допускаються транспортні засоби, конструкція і технічний стан яких відповідають вимогам діючих в Україні правил, нормативів і стандартів, що мають сертифікат на відповідність цим вимогам”. Відповідно до статті 20 Закону України “Про автомобільний транспорт” [2], “конструкція та технічний стан транспортних засобів, а також їх частини мають відповідати вимогам, порядок визначення яких встановлює Кабінет Міністрів України, та забезпечувати безпеку людей, які користуються транспортними засобами чи беруть участь у дорожньому русі”.

Окрім того, вимоги щодо оснащення транспортних засобів протипожежними системами відсутні і в Кодексі цивільного захисту України [5].

Інші нормативно-правові акти вказують на необхідність забезпечення системами протипожежного захисту в якості первинних засобів пожежогасіння, тобто

вогнегасниками. А саме ПКМУ № 1306 від 10 жовтня 2001 року «Про правила дорожнього руху» [6], «забороняється експлуатація транспортного засобу за відсутності працездатного вогнегасника» (пункт 31.4.7). ДСТУ 3649-2010 «Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю» [3] містять вимогу про те, що транспортні засоби повинні бути укомплектовані вогнегасниками, а в автобусі та в вантажному автомобілі, тимчасово обладнаному для перевезення пасажирів, один вогнегасник повинен знаходитися у кабіні водія, а інший – у пасажирському салоні (кузові) (пункт 6.8.20-21).

Найбільш широко необхідність використання переносних вогнегасників на транспортних засобах та норми їх оснащення наведено у [7, 8] (табл. 1.7). На транспортних засобах переносні вогнегасники розміщують у кабіні біля водія в легкодоступному для нього місці і встановлюють за допомогою кронштейнів. Конструкція кронштейна повинна надійно утримувати вогнегасник, не закривати своїми елементами маркувальні написи на його корпусі, бути зручною для встановлення і оперативного зняття вогнегасника. Вогнегасники, які розміщують поза кабіною, потрібно захищати від впливу атмосферних опадів, сонячних променів і бруду. Згідно з [8], забороняється зберігання вогнегасника в багажнику легкового автомобіля, кузові вантажного автомобіля та інших місцях, доступ до яких обмежений.

Таблиця 1.7

Перелік колісних транспортних засобів і норми їх оснащення переносними вогнегасниками [7]

Назва колісного транспортного засобу	Мінімальна кількість, тип та позначення вогнегасника
--------------------------------------	--

Пожезна небезпека колісних транспортних засобів

1	2
Легковий автомобіль загального, спеціалізованого та спеціального призначення	один порошковий (закачного типу ВП-2 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-2) із зарядом вогне-гасної речовини не менше 2 кг
Вантажний автомобіль загального, спеціалізованого та спеціального призначення з повною масою: не більше 3,5 т	один порошковий (закачного типу ВП-3 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-3) із зарядом вогне-гасної речовини не менше 3 кг

Продовження таблиці 1.7

1	2
від 3,5 т, але не більше 12 т	один порошковий (закачного типу ВП-5 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-5) із зарядом вогне-гасної речовини не менше 5 кг
понад 12 т	один порошковий (закачного типу ВП-9 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-9) із зарядом вогне-гасної речовини не менше 9 кг
Причіп, напівпричіп з повною масою: від 0,75 т, але не більше 3,5 т	один порошковий (закачного типу ВП-3 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-3) із зарядом вогнегасної речовини не менше 3 кг
від 3,5 т, але не більше 10 т	один порошковий (закачного типу ВП-5 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-5) із

	зарядом вогнегасної речовини не менше 5 кг
понад 10 т	один порошковий (закачного типу ВП-9 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-9) із зарядом вогнегасної речовини не менше 9 кг
Автобус (пасажирський автомобіль), що має більше ніж 9 місць для сидіння з місцем водія включно, з повною масою:	
не більше 5 т	один порошковий (закачного типу ВП-3 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-3) із зарядом вогне-гасної речовини не менше 3 кг
понад 5 т	один порошковий (закачного типу ВП-5 (з) або з газом витискувачем у балоні ВП-5) із зарядом вогнегасної речовини не менше 5 кг

Отже, на сьогоднішній день немає нормативно-правових актів і документів, які б вимагали від виробників влаштовувати на КТЗ системи виявлення та гасіння пожеж. Також немає нормативних документів на проектування та монтаж цих систем. Тому розвиток наукових основ з цього напрямку є актуальною задачею.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що пожежі на транспортних засобах з роками зростають, разом з тим збільшуються і людські жертви та матеріальні збитки. Це зумовлено ростом автомобільного парку, а також тенденціями застосування нових штучних матеріалів (полістирол, вініпласт, поліпропілен тощо), які використовуються при виробництві, удосконаленні експлуатаційних синтетичних

рідин (оливи, охолоджуючі та гальмівні рідини тощо) з низькою температурою займання, розвитком бортових електромереж, що в сукупності збільшує пожежну навантагу, сприяє швидкому розвитку та поширенню полум'я, знижуючи пожежну безпеку автотранспортних засобів. З огляду на це актуальним є підвищення рівня пожежної безпеки автотранспортних засобів.

На теперішній час в Україні діють нормативні документи [1-4], які встановлюють вимоги до пожежної безпеки, та норми обладнання переносними вогнегасниками [6, 7, 8], проте з огляду на вище сказане нерідко вогнегасники є малоефективними, що створює потребу у розробці нових технічних рішень та підходів.

1.5. Висновки

Аналіз світової та вітчизняної статистики показує, що кількість пожеж на КТЗ зростає темпами, що перевищують зростання чисельності КТЗ. Лише в Україні кількість пожеж КТЗ у 2017 році зросла у 1,8 раза у порівнянні з 2004 роком, а прямі матеріальні збитки – у 14 разів! Пожежі даного роду супроводжуються швидким розвитком та нерідко призводять до людських жертв та матеріальних втрат. За остані п'ятнадцять років в Україні виникло понад 50 тис. пожеж, на яких загинуло 546 осіб, а завдані збитки склали понад 992

млн.грн. Встановлено, що найбільш частими причинами пожеж КТЗ під час їх експлуатації є аварійні режими роботи бортових електромереж – 35%. Найчастіше пожежі виникали у моторному відсіку – 58%.

Проблема забезпечення пожежної безпеки КТЗ пов'язана з необхідністю дослідження електротеплових процесів, які виникають при аварійних режимах роботи бортової електромережі – перенавантаження, коротке замикання, іскрові розряди, великий перехідний опір.

Результати аналізу стану проблеми й узагальнення робіт з дослідження аварійних режимів електричних провідників під час протікання струму показують, що нестационарні процеси нагрівання провідника, зокрема, під час іскрових розрядів та струмів КЗ, висвітленні недостатньо. Тому розроблення аналітичних методів та дослідження нестационарних процесів нагрівання є актуальною науково-технічною задачею.

На підставі аналізу національних та міжнародних нормативних документів з питань розробок систем забезпечення пожежної безпеки колісних транспортних засобів висунуто ідею, що шляхами підвищення ефективності протипожежного захисту є удосконалення систем запобігання і реагування на виникнення горіння у підкапотному просторі, а також нормативно-правових актів у цій сфері.

РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЕЛЕКТРОТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ БОРТОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

2.1. Математичне моделювання електротеплових процесів провідників бортової електромережі колісних транспортних засобів

Дослідження причин виникнення пожеж КТЗ від бортових електромереж потребує аналізу їх режимів роботи з метою вибору оптимальних параметрів їх окремих елементів чи електромережі в цілому. Тому тільки на основі об'єктивної інформації про електротеплові та електромагнітні процеси можна вирішити задачу про підвищення рівня пожежної безпеки транспортних засобів.

Система бортової мережі КТЗ представляє собою цілий комплекс, до якого входять джерела струму, споживачі електричної енергії, провідникові системи, комутуючі пристрої та засоби захисту схем електропостачання [30]. Дати оцінку їх тепловим режимам під час експлуатації та спрогнозувати можливі пожежонебезпечні режими можна за допомогою фізичного експерименту чи математичного моделювання. Під час проведення фізичного експерименту в лабораторних умовах виникає складність відтворення реальної схеми мереж з усіма її елементами, тобто забезпечення адекватності або критеріїв подібності. Тому з позиції економічності значно перспективнішим є метод математичного моделювання. Маючи електрофізичні характеристики та теплові параметри матеріалів провідників, ізоляції та інших елементів електричних мереж, за допомогою

математичної моделі можемо дослідити широке коло пов'язане, з тепловими процесами в провідниках та елементах електричної мережі під час різних режимів експлуатації. Іншою особливістю математичного моделювання вказаних мереж є те, що маючи реальні параметри елементів бортових електромереж можна оцінити температуру нагрівання елементів електромереж при різних режимах експлуатації. Математичні моделі можна використовувати при визначенні причин виникнення локальних перегрівань та можливих загорань в електричних мережах.

Динамічні математичні моделі, які сформовані на основі системи диференційних рівнянь, описують одночасно електричні і теплові процеси та створюють можливість оцінки швидкості нагрівання елементів бортових електромереж. Математичні моделі для оцінки стаціонарних процесів потребують визначення початкових умов, що створює певні ускладнення. Для математичних моделей динамічних процесів, які відбуваються в часі, виникає задача вибору методу чисельного інтегрування, оскільки електричні і теплові процеси відбуваються із суттєво різними сталими часу, а значення елементів матриці Якобі відрізняються на кілька порядків, що характеризує жорсткість системи диференційних рівнянь [32].

Важливим критерієм моделювання є забезпечення необхідної точності вимірювань, які підлягали б науковому аналізу та практичному використанню. Згідно з теорією похибок, під час чисельного інтегрування найбільш вагомими є похибки, викликані початковими умовами і точністю представлення динамічних характеристик нелінійних елементів та похибки методу інтегрування і округлень. Якщо похибку округлень можна зменшити завдяки вибору довжини

числового слова, тобто кількості значущих цифр після коми, то решта похибок слід зменшувати шляхом адекватного відтворення характеристик та граничних умов. Таким чином, під час формування математичних моделей та їх чисельної реалізації слід забезпечити їх адекватність в першу чергу за критерієм точності, оскільки питання швидкості на існуючому рівні розвитку комп'ютерних засобів не є актуальним.

На результати моделювання теплових процесів суттєво впливають коефіцієнти теплопередачі, теплообміну, теплопровідності та інші, окремі з яких визначені наближено для сучасних електроізоляційних матеріалів, тому в ході моделювання відбувається їх перегрівання на основі співставлення реальних і модельованих процесів. Важливим також є врахування конвективного та променевого способу відведення тепла від елементів бортової електромережі.

Тому математична модель електротеплових процесів бортових електромереж транспортних засобів повинна коректно відтворювати взаємодію електричних параметрів та теплових характеристик всіх елементів систем електрообладнання. Дотримання даних вимог забезпечить необхідну точність вимірювання стаціонарних та динамічних процесів в бортових електромережах як при нормальних, так і при аварійних режимах роботи [31, 32, 33].

Аналізуючи пожежну небезпеку аварійних режимів роботи бортової електромережі потрібно враховувати перш за все вид та специфіку того чи іншого аварійного режиму. Ці режими зумовлені тепловими проявами електричного струму, які за певних умов спричинять перегрівання, обуглення чи самозаймання ізоляційного матеріалу та матеріалів, що розташовані поруч.

Тому доцільно розглянути літературні джерела щодо взаємного перетворення електричної енергії в теплову.

Згідно із законом Джоуля-Ленца, під час протікання електричного струму діюче значення якого має величину I у провіднику довжиною l і з поперечним перерізом S , що має електричний опір $R = \rho \frac{l}{S}$, впродовж часу t , виділяється тепло, що дорівнює:

$$Q = I^2 R dt = UI dt \quad (2.1)$$

Ця енергія нагріває провідник і через його поверхню передається зовнішньому середовищу. Звідси потужність струму P , при напрузі U буде мати вигляд:

$$P = UI = \frac{U^2}{R} \quad (2.2)$$

Значний вклад у дослідження теплового стану електропровідників при аварійних режимах роботи зробив Смелков Г.И. [13, 39]. Розглянемо нагрівання неізольованих провідників струмами перенавантаження. Даний підхід з певними поправками може використовуватися і для визначення температури нагрівання ізольованих провідників, коли ділянка пошкодження ізоляції є значною. Рівняння теплової рівноваги має вигляд:

$$c\gamma N d\theta = [RI^2 - \alpha F(\theta - \theta_c)] dt \quad (2.3)$$

де c – питома масова теплоємність $\frac{Дж}{кг \cdot K}$; γ – густина, $\frac{кг}{м^3}$;

V – об’єм провідника, $м^3$; R – опір, $Ом$; I – сила струму в контурі, $А$; α – коефіцієнт теплообміну, $\frac{Вт}{м^2 \cdot K}$;

θ – температура поверхні провідника, K ; θ_c – температура навколишнього середовища, K ; F – площа поверхні провідника, $м^2$; t – час, $с$.

Враховуючи, що тепло, яке виділяється є функцією від часу, рівняння 2.3 набуде вигляду:

$$c\gamma V d\theta = [R_0 I^2 + (R_0 I^2 \beta - \alpha F)\theta - (R_0 I^2 \beta - \alpha F)\theta_c] dt \quad (2.4)$$

де R_0 – початковий опір провідників, $Ом$; β – коефіцієнт зміни температурного опору, K^{-1} ;

Розв’язок рівняння 2.4 дає змогу визначити температуру провідника при аварійному режимі роботи [39]:

$$\theta = \frac{R_0 I^2 (\beta \theta_c - 1) - \alpha F \theta_c + [R_0 I^2 (1 - \beta \theta_c + \beta \theta_n \alpha F) - \alpha F (\theta_n - \theta_c)] e^{\frac{R_0 I^2 \beta - \alpha F}{c\gamma V} t}}{R_0 I^2 \beta - \alpha F} \quad (2.5)$$

де θ_n – температура провідника до початку аварійного режиму.

Для розрахунку часу, за який буде досягнута критична температура формула, 2.5 набуде вигляду:

$$t = \frac{c\gamma V}{R_0 I^2 \beta - \alpha F} \ln \frac{1 - \left(\beta - \frac{\alpha F}{R_0 I^2} \right) T_c + \left(\beta - \frac{\alpha F}{R_0 I^2} \right) \theta}{\left(\beta - \frac{\alpha F}{R_0 I^2} \right) \theta_c + \left(\beta - \frac{\alpha F}{R_0 I^2} \right) \theta_n} \quad (2.6)$$

Залежності 2.5 та 2.6 справедливі для провідників без ізоляції у діапазоні температур аж до температури плавлення металу та дають змогу обчислювати критичний час нагрівання та температуру з врахуванням фізичних параметрів провідників, теплообміну з навколишнім середовищем та умови проходження аварійного режиму.

Однак в автотранспортних засобах оголені провідники не зустрічаються, тому потрібні рівняння, які б описували процеси нагрівання струмопровідних жил в ізоляційній оболонці.

В роботах [40, 41] розглянуто випадки нагрівання провідника з врахуванням ізоляційного матеріалу (рис. 2.1)

$$\theta_1 = -\frac{q_v}{4\lambda} r^2 - A_1 \ln r + A_2 \quad (2.7)$$

Виходячи з рівняння теплопровідності (2.7) для провідника в межах $0 \leq r \leq R_1$ та закону розподілу температури в ізоляційному циліндрі $R_1 \leq r \leq R_2$ (2.8)

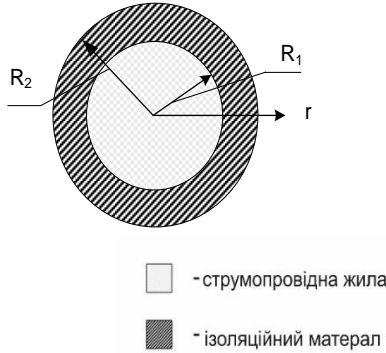


Рисунок 2.1 – Схема ізольованого провідника

$$\frac{d^2\theta_2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\theta_2}{dr} = 0 \quad (2.8)$$

Шляхом математичних перетворень з використанням граничних умов автори роботи [40] отримали вираз для визначення температури у вигляді:

$$\theta = \left(\frac{1-r^{*2}}{\lambda} + \ln R^{*2} + \frac{2}{Bi} \right) S_- (1-r^*) + \left(\ln \frac{R^{*2}}{r^{*2}} + \frac{2}{Bi} \right) S_+ (r^* - 1) \quad (2.9)$$

де $\theta = \frac{4\lambda_2(\theta - \theta_c)}{q_v R_1^2}$ – відносне значення приросту температури;

$r^* = \frac{r}{R_1}$ – відносне значення радіуса проводу; r – значення радіуса проводу.

$\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ – відносне значення теплопровідності проводу відносно ізоляції;

$Bi = \frac{\alpha R_2}{\lambda_2}$ – критерій Біо,

$R^* = \frac{R_2}{R_1}$ – відносне значення радіуса провідника.

$S(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0. \end{cases}$, $S^+(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0. \end{cases}$ – асиметричні одиничні функції.

Аналіз одержаних виразів показує, що температурне поле ізольованого провідника залежить від радіусів провідників R_1 , ізоляції R_2 , інтенсивності тепловиділення Q_v , значення коефіцієнтів теплопровідностей матеріалу провідника і матеріалу ізоляції λ_1 і λ_2 , відповідно, а також інтенсивності тепловіддачі з поверхні ізоляції α .

Цікавий підхід запропоновано в роботі [42], де розглядаються режими роботи кабельних ліній при струмових перенавантаженнях.

При проходженні електричного струму енергія, що виділяється, йде на нагрівання провідника та ізоляції. Рівняння теплового балансу можна записати у вигляді:

$$mcd\theta = \frac{U^2}{R} dt \quad (2.10)$$

Виразивши масу через густину з врахуванням геометричних параметрів, а також опір через питомий опір, рівняння 2.10 запишемо у вигляді:

$$c \cdot r \cdot S \cdot l \cdot d\theta = \frac{U^2 S}{\rho l} dt \quad (2.11)$$

поділимо обидві частини на Sl :

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{U^2}{cr\gamma} \quad (2.12)$$

Параметри c, r, γ характеризують властивості провідника, позначивши їх через X – характеристика провідника, Дж·Ом·м⁻²

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{U^2}{X} \quad (2.13)$$

де $\frac{d\theta}{dt}$ – швидкість зростання температури провідника під час протікання в ньому струму.

З рівності 2.13 випливає, що швидкість зростання температури провідника при проходженні струму прямо пропорційна квадрату напруги і обернено пропорційна характеристиці матеріалу провідника.

Зміна величини теплоти, яка передається від нагрітого провідника через ізоляційний матеріал, визначається з рівності:

$$dQ = \lambda \cdot \frac{S_{об} (\theta - \theta_c)}{R_n \ln(R_n / R_{жс})} \quad (2.14)$$

де θ_c – температура середовища, К; θ – температура поверхні провідника, К; R_n – радіус провідника, м; $R_{жс}$ – радіус струмопровідної жили, м; λ – коефіцієнт теплопровідності; $S_{об}$ – площа поверхні провідника, м².

З виразу 2.14 отримаємо різницю температур нагрітого провідника та температури середовища у вигляді:

$$\theta - \theta_c = \frac{QR_n \ln(R_n / R_{жс})}{S_{об} \lambda t} \quad (2.15)$$

Підставивши значення питомого опору та геометричних параметрів провідника, а також замінивши енергію електричними величинами вираз 2.15 запишемо у вигляді:

$$\theta - \theta_c = \frac{\Delta U^2 R_n^2 \ln(R_n / R_{жс})}{2 \cdot l^2 \lambda \cdot \rho} \quad (2.16)$$

де ΔU – спад напруги у контурі, В.

Рівність 2.16 дає змогу оцінювати умови роботи провідників як при нормальних режимах роботи, так і при

аварійних. Проте складає труднощі визначення спаду напруги, тому дане рівняння використовувати для визначення температури провідників бортових електромереж транспортних засобів недоцільно.

Виходячи з аналізу вищенаведеного у цій роботі було поставлено задачу дослідження аварійних режимів роботи бортових електромереж, які виникають під час іскрових розрядів, та оцінку температури провідників, яку дані розряди здатні створити [69, 70].

2.2. Математичне моделювання іскрових розрядів в бортових електромережах

Нерідко під час експлуатації транспортних засобів стаються внутрішні, невидимі розриви струмопровідної жили (рис. 2.2), яка знаходиться всередині ізоляції, внаслідок чого у місці розриву виникають іскри з достатньо високою енергією, яка здатна нагріти провідник та ізоляцію до температур, які за певних умов можуть створити пожежу. Для виникнення горіння ізоляційного матеріалу його спочатку потрібно нагріти до температури, при якій починається прискорення реакції взаємодії горючого з окисником [42, 43, 85].

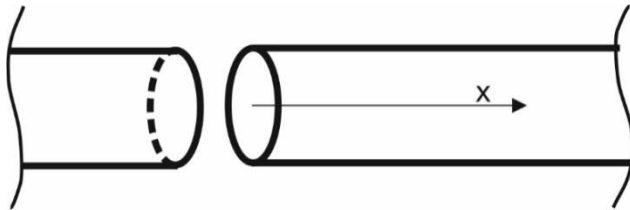


Рисунок. 2.2 – Конструктивна схема провідника

Кількість енергії, яка виділяється у іскровому розряді, визначається з виразу:

$$Q = \int_0^t u_i \cdot i_i dt \quad (2.17)$$

де u_i – миттєве значення напруги іскри, В; i_i – сила струму в іскровому розряді, А.

Запишемо вираз для визначення напруги у іскровому розряді:

$$u_i = U - Ri_i - L \frac{di_i}{dt} \quad (2.18)$$

U – напруга в мережі, В; R – опір контура, Ом; i_i – сила струму в іскровому розряді, А; L – індуктивність в контурі, Гн;

Запишемо вираз (2.18) у вигляді

$$U - u_i = R \cdot i_i + L \frac{di_i}{dt} \quad (2.19)$$

в момент часу $t=0$

$$R \cdot i_i + L \frac{di_i}{dt} = 0 \quad (2.20)$$

характеристичне рівняння:

$$R + pL = 0 \quad (2.21)$$

корінь характеристичного рівняння:

$$p = -\frac{R}{L} \quad (2.22)$$

вільну складову струму іскри запишемо у вигляді:

$$i_i = Ae^{-\frac{R}{L}t} \quad (2.23)$$

Загальний розв'язок диференційного рівняння (2.19) має вигляд:

$$i_i = \frac{U - u_i}{R} + Ae^{-\frac{R}{L}t} \quad (2.24)$$

Для визначення сталої інтегрування А, використаємо граничні умови, в момент часу $t=0$

$$\frac{U}{R} = \frac{U - u_i}{R} + A \quad (2.25)$$

звідки знаходимо сталу інтегрування:

$$A = \frac{u_i}{R} \quad (2.26)$$

Підставляючи (2.26) в (2.24) отримаємо струм іскрового розряду:

$$i_i = \frac{U - u_i}{R} + \frac{u_i}{R} e^{-\frac{R}{L}t} \quad (2.27)$$

Після певних перетворень струм іскрового розряду запишемо у вигляді:

$$i_i = \frac{U}{R} - \frac{u_i}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right) \quad (2.28)$$

Напруга в іскровому проміжку залежить від параметрів контура, в якому він виникає. У загальному випадку іскра є нелінійним динамічним активним опором, тому напруга іскри змінюється в часі стрибкоподібно. В момент дотику контактів напруга дорівнює нулю, а з початком розриву напруга стрімко зростає, оскільки струм внаслідок розриву контактів зменшується і в момент досягнення напругою значення пробивної напруги відбувається іскровий розряд. В момент виникнення іскри струм іскри наростає зі сталою часу, яка залежить від індуктивності та активного опору контура, а також опору дуги. Причому напруга в той же час стрімко спадає з тією ж сталою часу.

Напруга у іскровому розряді визначається з виразу:

$$u_i = U e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2.29)$$

Підставивши (2.29) та (2.28) у (2.17) отримаємо вираз, який визначає енергію в іскровому розряді:

$$Q = \int_0^t \left(U e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot \left(\frac{U}{R} - \frac{U e^{-\frac{t}{\tau}}}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right) \right) \right) dt \quad (2.30)$$

де U – напруга в контурі, V ; R – опір контура, Ω ; L – індуктивність контура, ΓH ; t – час іскрового розряду, s ; τ – стала часу, s .

З виразу (2.30) бачимо, що енергія іскри, яка виникає у електричних колах, що містять реактивні елементи, тим більша, чим більший робочий струм I , напруга джерела живлення U , тривалість іскрової стадії розряду t та індуктивності L , які в сукупності визначають енергію іскри.

Після певних математичних перетворень (2.30) сталу часу запишемо у вигляді:

$$\tau = \frac{-t}{\ln \frac{u_i}{U}} \quad (2.31)$$

Стала часу τ характеризує час згасання перехідного процесу зумовленого іскровим розрядом та залежить від напруги в розряді та тривалості іскрового розряду. Залежність зміни сталої часу від напруги іскрового розряду при різних значеннях тривалості іскрового розряду приведено на рис. 2.3

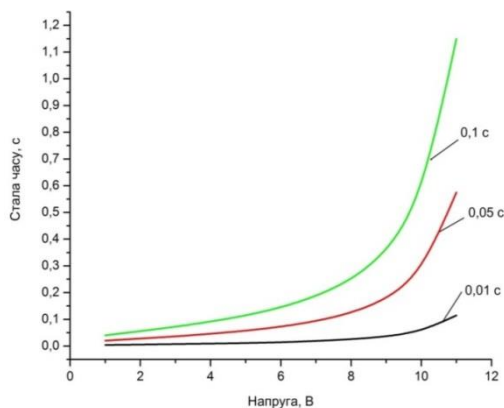


Рисунок 2.3 – Залежність зміни сталої часу від напруги іскрового розряду при різних значеннях часу існування іскрового розряду

Аналіз графічної залежності (рис. 2.3) показує, що із збільшенням напруги в іскровому розряді стала часу зростає. Разом з тим, із збільшенням часу існування іскрового розряду стала також збільшується.

На рис. 2.4 приведено залежності зміни сталої часу від часу існування іскрового розряду при різних значеннях напруги.

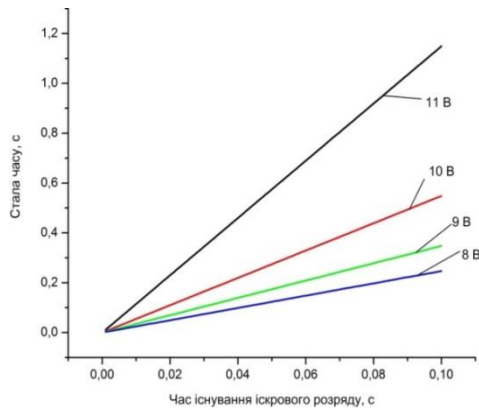


Рисунок 2.4 – Залежність зміни сталої часу від часу існування іскрового розряду при різних значеннях напруги

Оскільки напруга джерела та робочий струм визначають параметри споживача (пристрою, який живиться струмом), проаналізуємо залежність енергії іскрового розряду від часу його горіння.

Шляхом чисельного експерименту виразу (2.30) наведено залежність зміни енергії іскрового розряду з часом при різних значеннях опору контура (рис. 2.5).

Встановлено, що енергія іскрового розряду тим більша, чим більший час його існування. Також енергія визначається і опором контура: із зменшенням його значення – енергія іскри зростає. Це пояснюється тим, що при зменшенні опору контура зростає сила струму, який по ньому протікає, котрий своєю чергою і визначає енергію іскрового розряду.

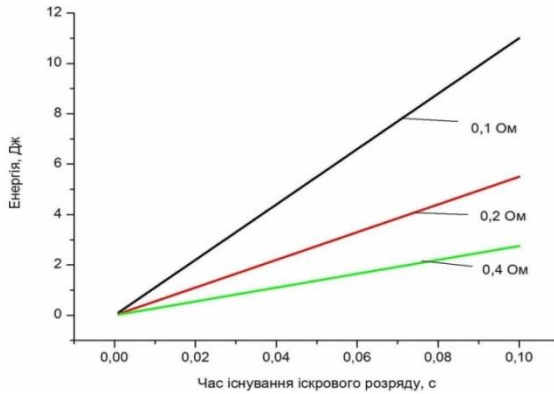


Рисунок 2.5 – Зміна енергії іскрового розряду з часом при різних значеннях опору контура

Зміну енергії іскрового розряду від індуктивності контура приведено на рис. 2.6. Як бачимо, зі збільшенням індуктивності контура енергія іскрового розряду зростає.

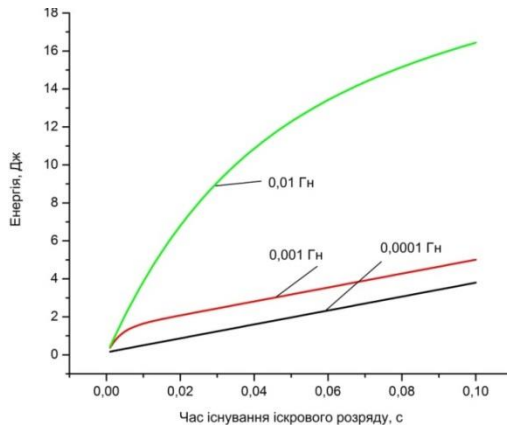


Рисунок 2.6 – Зміна енергії іскрового розряду з часом при різних значеннях індуктивності контура

Для прикладу, на рис. 2.7 приведено зміну енергії іскрового розряду з часом у разі пошкодження струмопровідної жили, яка живить систему обігріву скла заднього виду, потужністю 480 Вт автомобіля Volkswagen Passat B6 GP [34, 84].

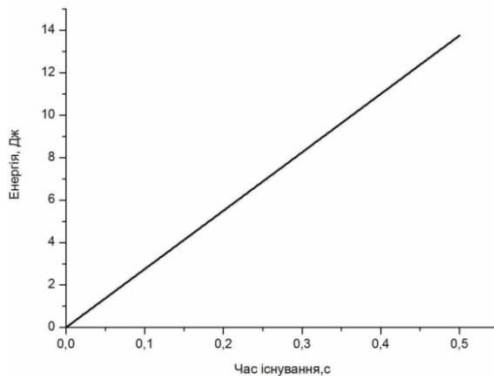


Рисунок 2.7 – Зміна енергії іскрового розряду від часу його горіння

На рис. 2.7 бачимо, що енергія іскрового розряду прямо пропорційна часу його існування та обернено пропорційна опорі контуру, де даний розряд виник.

2.3 Математичне моделювання нестационарних процесів нагрівання ізольованих провідників при дії миттєвих теплових імпульсів

Під час виникнення іскріння або короткого замикання, яке може утворюватися з різних причин [35, 69, 90], провіднику надається миттєвий тепловий імпульс. В зв'язку з цим виникає задача визначення оцінки температури

нагрівання ізолюваного провідника у місцях виникнення внутрішніх іскор, що є важливою і актуальною технічною задачею.

Під час проходження електричного струму величиною I у провіднику довжиною ℓ і поперечним перерізом S , що має опір $R = \rho \frac{\ell}{S}$ впродовж часу t виділяється енергія $dQ = I^2 R dt$, яка іде на нагрівання провідника, ізоляційного матеріалу та передається зовнішньому середовищу.

При дослідженні температури нагрівання провідника енергією іскрового розряду змодельємо його у вигляді нескінченно довгого стержня, який має теплову ізоляцію. В певний момент часу $t=t_1$ діє миттєве джерело тепла в перерізі стержня з координатою x вздовж осі стержня.

Диференціальне рівняння теплопровідності має вигляд [36]:

$$\frac{\partial \theta(x,t)}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \theta(x,t)}{\partial x^2}, \quad (t > 0; 0 < x < \infty) \quad (2.32)$$

краєві умови:

$$-\frac{\partial \theta(0,t)}{\partial x} + H\theta(0,t) = 0, \quad \theta(x,0) = 0, \quad (2.33)$$

$$\theta(\infty, t) = 0.$$

Застосувавши перетворення Лапласа, розв'язок рівняння (2.32) запишемо у вигляді:

$$\theta(x,t) = \frac{b}{2\sqrt{\pi at}} \cdot \left[\exp\left(-\frac{(x-x_1)^2}{4at}\right) + \exp\left(-\frac{(x+x_1)^2}{4at}\right) - bH \exp(H(x+x_1) + aH^2t) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{(x+x_1)}{2t} + H\sqrt{at}\right) \right] \quad (2.34)$$

де $\theta(x,t)$ – нестационарна температура в поперечному перерізі провідника, K ; $b = \frac{Q}{c \cdot \gamma}$ – коефіцієнт, $K \cdot m$; Q – кількість тепла, яке виділене миттєвим джерелом на одиницю площі, $\frac{Дж}{m^2}$; c – питома об'ємна теплоємність матеріалу провідника, $\frac{Дж}{m^3 \cdot K}$; γ – густина матеріалу провідника, $\frac{кг}{m^3}$; $a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}$ – коефіцієнт температуропровідності, $\frac{m^2}{c}$; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу провідника, $\frac{Вт}{m \cdot K}$; $H = \frac{\alpha}{\lambda}$ – коефіцієнт, що враховує тепловіддачу в навколишнє середовище, m^{-1} ; α – коефіцієнт теплообміну з навколишнім середовищем, $\frac{Вт}{m^2 \cdot K}$; t – поточний час, с.

Вираз (2.34) показує, що температура в місці виникнення іскри та розподіл температури вздовж провідника визначається величиною енергії, яка утворилася внаслідок іскріння.

Шляхом чисельного експерименту з використанням виразу (2.34) проведенні розрахунки під час виникнення іскрового розряду з енергією 10 Дж мідного провідника площею поперечного перерізу $1,5 \text{ мм}^2$ з полівінілхлоридною ізоляцією для $\lambda=390 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, $c=385 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$, $\gamma=9840 \frac{\text{Кг}}{\text{м}^3}$, $\alpha=10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ [37, 86]. Залежності зміни температури ізолюваного провідника від часу, відстані та енергії миттєвих теплових імпульсів іскрових розрядів приведено на рис. 2.8

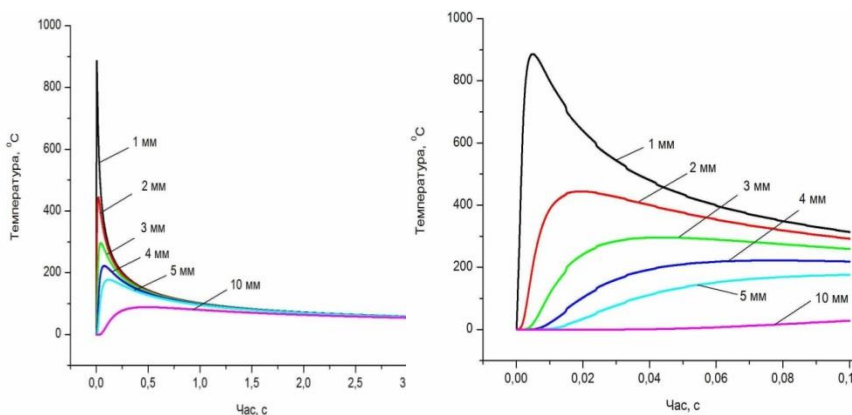


Рисунок 2.8 – Розподіл температури вздовж провідника ($1,5 \text{ мм}^2$) при енергії іскрового розряду 10 Дж

У момент виникнення іскрового розряду з енергією 10 Дж температура становить близько $900 \text{ }^\circ\text{C}$, та різко спадає з часом та відстанню вздовж провідника, проте це не зменшує небезпеки виникнення, за певних умов, пожежі. Помітно (рис. 2.8), що температура вздовж провідника різко спадає і вже на відстані 1 см від місця утворення іскрового розряду близька до температури перед іскрінням [70].

На рис 2.9 приведені аналогічні розрахунки, при тих же параметрах іскрового розряду, проте для провідника з площею поперечного перерізу 1 мм^2 .

Енергія, яка утворюється в процесі іскрового розряду, поширюється вздовж провідника та частково передається в навколишнє середовище і вже через 0,5 с поширюється по провіднику.

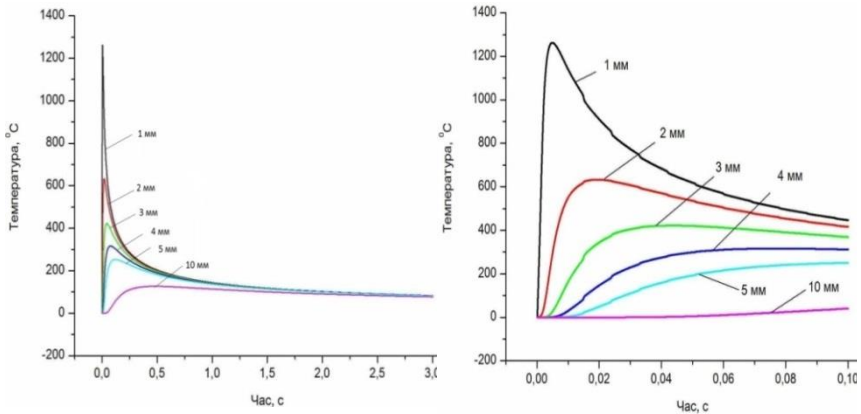


Рисунок 2.9 – Розподіл температури вздовж провідника (1 мм^2) при енергії іскрового розряду 10 Дж

Встановлено, що температура у місці утворення іскри та енергія, яка при цьому виділяється, має прямо пропорційну залежність (рис. 2.10). Зміна температури вздовж провідника різко залежить від відстані (рис. 2.11). На рис. 2.10 приведено зміну температури мідного провідника площею поперечного перерізу 1 мм^2 на відстані 3 мм від місця утворення іскрового розряду залежно від його енергії.

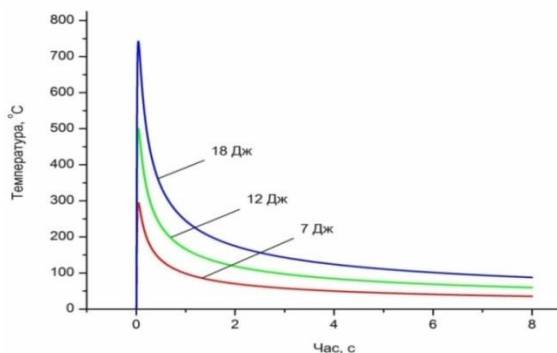


Рисунок 2.10 – Залежність зміни температури у провіднику від енергії іскрового розряду на відстані 3 мм від місця його виникнення

Помітно, що при збільшенні енергії розряду з 7 Дж до 12 Дж температура зростає у 1,7 раза та становить 500 °C.

На рис.2.11 наведено залежність зміни температури в часі від діаметра провідника на відстані 0,5 мм від місця виникнення іскрового розряду і енергією 10 Дж.

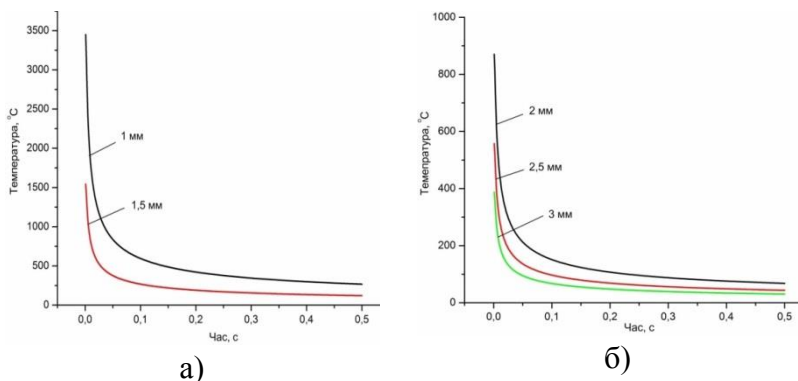


Рисунок 2.11 – Розподіл зміни температури залежно від діаметра провідника на відстані 1 мм від місця виникнення іскрового розряду енергією 10 Дж

Аналіз показує, що при збільшенні діаметра провідника з 1 мм до 2 мм температура на відстані 1 мм від місця утворення іскрового розряду зменшується у 3,8 раза.

2.4. Дослідження режимів нагрівання провідників бортових електромереж колісних транспортних засобів струмами короткого замикання методом математичного моделювання

Крім іскрових розрядів досить вагомим джерелом запалювання автомобілів в моторному відсіку є нагрівання провідників бортових електромереж струмами КЗ. Такі режими можуть виникати внаслідок пошкодження ізоляції через її тріщини чи протирання, або випадкові контакти елементів електричних мереж, які знаходяться під напругою, з елементами кузова. Залежно від типу автомобіля, характеристик АКБ чи генератора, а також конструкції провідників, значення струмів КЗ будуть різні.

Для визначення небезпеки загорянь КТЗ викликаних струмами КЗ, необхідно оцінити їх величину та час протікання, за який температура досягне межі займання. Такі режими доцільно досліджувати шляхом математичного моделювання із застосуванням прикладних програм та максимальним врахуванням всіх параметрів контура, в якому може виникнути струм КЗ. В реальних умовах струм КЗ буде залежати від параметрів генератора постійної напруги, який може забезпечувати живлення бортової електромережі автономно, або паралельно з АКБ. У випадку паралельного живлення значення струму КЗ буде значно більшим, оскільки внутрішній опір паралельно з'єднаних джерел буде щонайменше у два рази менший від внутрішнього опору кожного з них.

Крім того, обмежувати струм КЗ будуть перехідні опори в місцях контактів, значення яких знаходиться в межах 0,02 – 0,07 Ом [108], опору провідників, який залежить від площі поперечного перерізу та довжини, а також опору в місці КЗ.

Найбільш небезпечним місцем виникнення КЗ є моторний відсік, де присутня підвищена температура та наявність ЛЗР та ГР, що складає велику пожежну навантагу, а також зона розміщення паливного бака. Третя зона – салон автомобіля, де знаходиться велика кількість синтетичних та полімерних матеріалів, якими обшивається та оздоблюється салон [61, 93].

Враховуючи сказане, довжини провідників, які можуть утворювати контур КЗ можуть становити від 1 до 4 м. В зв'язку з тим необхідно обчислити значення струмів КЗ за умови, що він буде протікати від джерела живлення через провідник, а вертатися – через елементи кузова КТЗ. Враховуючи те, що кузовні елементи виконані зі сталі, а провідники мідні, то можна прийняти з певним наближенням, що опори прямого і зворотнього шляху струмів однакові.

Величина струму короткого замикання, який може виникати у бортових електромережах КТЗ, визначається з рівності:

$$I_{KЗ} = \frac{U_{AKБ}}{R_{вн} + R_{пер} + R_{KЗ} + 2R_{пр}} \quad (2.35)$$

де $I_{KЗ}$ – струм КЗ, А; $U_{AKБ}$ – напруга акумуляторної батареї, В; $R_{вн}$ – внутрішній опір АКБ, Ом; $R_{пер}$ – перехідний опір контактів, Ом; $R_{KЗ}$ – опір дуги КЗ, Ом; $R_{пр}$ – опір контура, де виник струм КЗ, Ом;

$$R_{np} = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (2.36)$$

З літературних джерел встановлено, що напруга справної АКБ лежить в межах $U_{АКБ}=12..14$ В; сума опорів перехідних контактів становить 0,1-0,15 Ом; опір дуги КЗ лежить в межах 0,03-0,07 Ом;

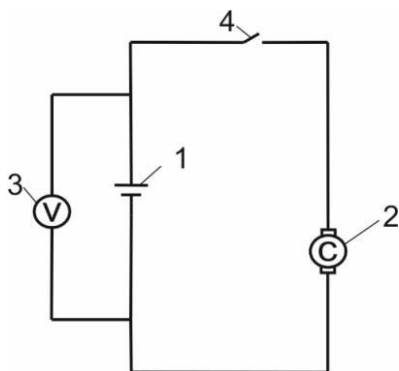
Площа поперечного перерізу найбільш типових провідників бортових електромереж КТЗ становить 1 мм², 1,5 мм² та 2,5 мм². Враховуючи, що КЗ відбувається у моторному відсіку з використанням виразу (2.36), опір провідників вищезгаданих перерізів становитиме:

$$R_{np1} = 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{2}{1 \cdot 10^{-6}} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}$$

$$R_{np2} = 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{2}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 2,33 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}$$

$$R_{np3} = 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{2}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}$$

Для визначення внутрішнього опору АКБ було проведено експериментальне дослідження, принципова схема якого зображена на рис 2.12. Дослідженню піддавалися АКБ як вітчизняних, так і зарубіжних марок автомобілів.



1 – АКБ; 2 – стартер;
3 – вольтметр; 4 –
ключ.

Рисунок 2.12 – Принципова схема проведення досліджень

Визначалася напруга АКБ до моменту замикання ключа запалення U_0 , та після – U_1 , коли подавався струм на стартер. При цьому спад напруги на АКБ становив:

$$\Delta U = U_0 - U_1 \quad (2.37)$$

Знаючи споживчий струм I_1 стартера, визначали внутрішній опір АКБ з рівності:

$$R_{\text{вн}} = \frac{\Delta U}{I_1} \quad (2.38)$$

Результати експериментального дослідження наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Результати експериментальних досліджень

№ п/п	U_0	U_1	ΔU	$R_{\text{вн}}$
1.	13,5	11,8	1,7	0,017
2.	13,2	11,5	1,7	0,017
3.	12,9	11,0	1,9	0,019

4.	12,6	10,8	1,4	0,014
5.	12,8	11,1	1,7	0,017
Сер. знач.	13,0	10,84	1,7	0,017

Схема виникнення струму КЗ у разі пошкодження ізоляційного матеріалу провідників бортової електромережі зображена на рис 2.13.

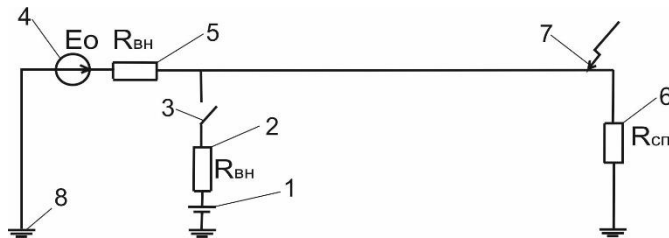


Рисунок 2.13 – Схема виникнення струму КЗ у разі пошкодження ізоляційного матеріалу провідників бортової електромережі:

1 – АКБ; 2 – внутрішній опір АКБ; 3 – ключ; 4 – ЕРС генератора; 5 – внутрішній опір генератора; 6 – опір споживача; 7 – місце виникнення КЗ; 8 – корпус КТЗ

Струм КЗ з використання виразу (2.35) для провідників бортової електромережі становитиме:

для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу 1 мм² становитиме:

$$I_{кз} = \frac{13}{0,017 + 0,12 + 0,05 + 0,035} = 59 A;$$

для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу 1,5 мм²:

$$I_{K3} = \frac{13}{0,017 + 0,12 + 0,05 + 0,0233} = 62A;$$

для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу 2,5 мм²:

$$I_{K3} = \frac{13}{0,017 + 0,12 + 0,05 + 0,014} = 65A.$$

Струм, який виникає внаслідок КЗ, буде нагрівати провідник по всій його довжині. Шляхом чисельного експерименту з використанням виразу 2.39 наведено зміну температури нагрівання провідника з часом у вигляді графічних залежностей при протіканні по ньому струму КЗ на рис. 2.14, 2.15, 2.15 для площ поперечного перерізу провідників 1 мм², 1,5 мм², 2,5 мм² відповідно.

$$\theta(t) = \frac{\rho \cdot j \cdot r}{2 \cdot \alpha} \left(1 - e^{\frac{-2 \cdot \alpha \cdot t}{\gamma \cdot c \cdot r}} \right) \quad (2.39)$$

де $\theta(t)$ – зміна температури з часом, °С; ρ – питомий опір, Ом·м; j – густина струму, $\frac{A}{m^2}$; r – радіус провідника, м; α – коефіцієнт теплообміну з навколишнім середовищем, $\frac{Вт}{m^2 \cdot K}$; t – час, с; γ – густина, $\frac{кг}{m^3}$; c – питома масова теплоємність, $\frac{Дж}{кг \cdot K}$.

Для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу 1 мм² при протіканні струму КЗ 59 А усталений режим настає через 300 с (рис.2.14).

Експериментально встановлено, що температура займання ізоляційних матеріалів бортових електромереж КТЗ лежить в межах 290 – 370 °С, тому на рис. 2.14 наведено зміну температури нагрівання ізольованого провідника з часом під час протікання струму КЗ.

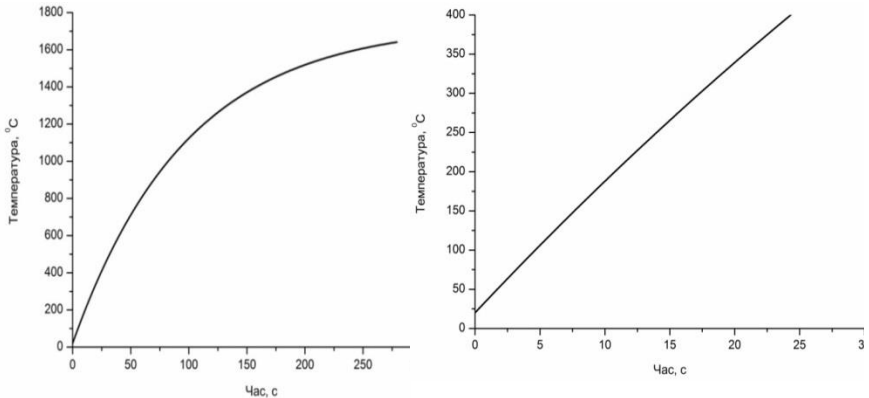


Рисунок 2.14 – Зміна температури нагрівання провідника площею поперечного перерізу 1 мм² з часом при струмі КЗ

Вже на 25 с температура ізоляційного матеріалу сягає температури самозаймання. При площі поперечного перерізу 1,5 мм² провідника марки ПВ при протіканні струму КЗ 62 А усталений режим настає при температурі близькій до 1000 °С через 400 с від початку виникнення КЗ (рис. 2.15) та температура самозаймання ізоляційного матеріалу досягається на 55 с.

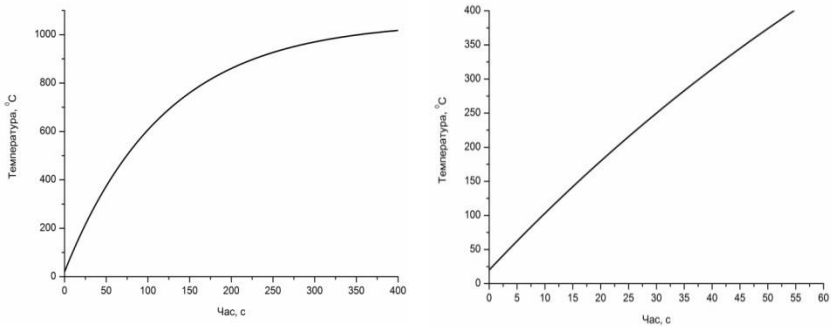


Рисунок 2.15 – Зміна температури нагрівання провідника площею поперечного перерізу $1,5 \text{ мм}^2$ з часом при струмі КЗ

Для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу $2,5 \text{ мм}^2$ струм КЗ становить 65 А, який нагріває провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу за 180 с, а усталений режим настане через 500 с (рис 2.16).

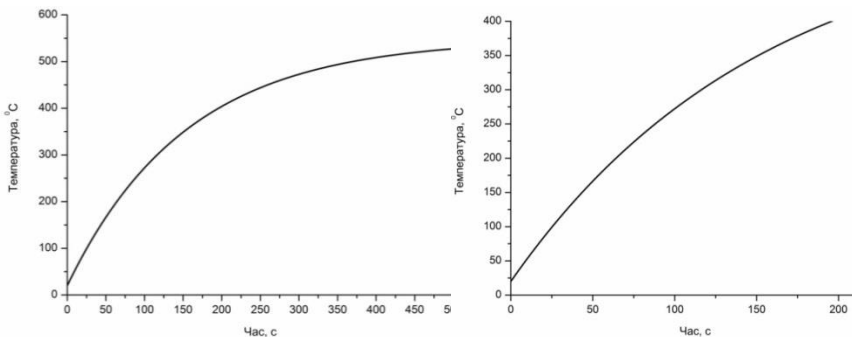


Рис. 2.16 Зміна температури нагрівання провідника площею поперечного перерізу $2,5 \text{ мм}^2$ з часом при струмі КЗ

Чисельний експеримент показав, що за умови, коли номінальний струм запобіжника підібраний неправильно або запобіжник відсутній, а його місце закорочене, струм КЗ, який виникає у бортовій електромережі КТЗ, здатний нагріти ізольований провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу та спричинити пожежу.

2.5. Висновки

1. Шляхом моделювання встановлено, що режими нагрівання провідників енергією іскрових розрядів визначаються параметрами струму та напруги у контурі, а також тривалістю іскрового розряду.

2. Із застосуванням математичного моделювання електротеплових процесів бортових електромереж, викликаних іскровими розрядами, виявлено квадратичну залежність зміни температури нагріву мідних провідників T °C від їх діаметра d , мм та проміжку часу від початкової температури t , с, яка описується залежністю виду $T=1421,51-830,86d-2127,5t+134,3d^2+437,85dt+1536,46t^2$, при цьому енергія, яка виникає при іскровому розряді у бортовій електромережі колісних транспортних засобів, може перевищувати значення 10 Дж, що достатньо для джерела займання газоповітряного горючого середовища у підкапотному просторі колісних транспортних засобів;

3. Через 1 с після виникення іскрового розряду енергія миттєвого теплового імпульсу поширюється вздовж провідника, при цьому температура провідника не значно перевищує початкове значення.

4. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що у контурі бортової електромережі колісних

транспортних засобів з провідником площею поперечного перерізу 1 мм^2 струм короткого замикання сягає 59 А і він здатний нагріти цей провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу (понад $355 \text{ }^\circ\text{C}$) за 25 с , а у випадку площі поперечного перерізу провідника $2,5 \text{ мм}^2$ величина струму короткого замикання досягає 65 А і він здатний нагріти провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу за 180 с .

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ БОРТОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

3.1. Вимоги до виконання експериментальних досліджень та обґрунтування методів та способів вимірювання

Теплові режими бортових електромереж КТЗ визначаються, в основному, струмами перенавантаження, хоча температура їх окремих елементів може залежати від місця прокладання. Особливо це стосується електромереж, які розташовані у моторному відсіку транспортного засобу, де робоча температура середовища може сягати понад 100 °С, а температура зовнішньої поверхні випускного колектора та блока двигуна – до 500 °С [12]. За таких умов не буде відбуватися нормального розсіювання тепла, що виділяється в струмопровідній жилі електропроводів або в іншому електрообладнанні автотранспортних засобів, що неминуче призведе до їх перегрівання і переходу в аварійний режим роботи.

Найбільш імовірним місцем виникнення аварійних режимів є електропроводи, прокладені в місцях вібрацій джгута провідників та кузовних елементів, оскільки руйнування їх ізоляції можливе від механічних, хімічних впливів і високих температур. Полівінілхлоридна ізоляція, яка найбільш поширена у бортових електромережах КТЗ, здатна не втрачати фізико-механічних властивостей при нагріванні до 105 °С [13, 14], хоча нормальною експлуатаційною температурою для автомобільних електропроводів є температура 70 °С. Враховуючи підвищену температуру в

моторному відсіку (особливо, у вантажних автотранспортних засобах), можна вважати, що ізоляція таких електропроводів працює фактично на межі своїх фізичних можливостей. При цьому втрачається її еластичність, ізоляційна здатність, відбувається пересихання та спучування.

На жаль виробники не завжди приділяють достатню увагу забезпеченню пожежної безпеки КТЗ, зокрема рівню показників пожежної безпеки матеріалів (охолоджуючі, гальмівні, мастильні рідини, пластмаси, бітум, тканини, поліетилен, дермантин і т.д.), які входять до складу КТЗ.

Очевидно, що при аварійних режимах роботи бортових електромереж, джерелами тепла є електропровідники, тому ізоляційний матеріал бере першочергову участь у нагріванні з можливим подальшим займанням, підтриманням та розповсюдженням горіння. Тому актуально провести експериментальні дослідження з визначення показників пожежної небезпеки ізоляційних матеріалів бортових електромереж транспортних засобів, про що йтиметься далі.

Одним із достовірних методів досліджень бортових електромереж транспортних засобів вважаються натурні експериментальні дослідження безпосередньо на транспортних засобах. Це дає змогу враховувати способи та особливості трасування провідників, відображає теплові режими та акумуляцію чи розсіювання теплової енергії. Проте, нерідко в реальних умовах під час проведення такого роду досліджень виникають труднощі, які зумовлені різнотипністю прокладання провідників залежно від моделі та марки автомобіля, нетиповою структурою бортової електромережі, різними способами прокладання.

Тому виникає потреба у фізичному моделюванні, що дає змогу забезпечити необхідну достовірність

експериментальних досліджень при дотриманні встановлених критеріїв подібності.

Для розв'язання поставленої задачі бралися фрагменти бортової електромережі та за допомогою приладів ОТП (определения температуры воспламенения твердых веществ и материалов) та ОТМ (определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов) за методиками, які наведені нижче, проводилися експериментальні дослідження ізоляційного матеріалу бортових електромереж транспортних засобів на показники пожежної небезпеки.

Залежно від діапазону вимірювання температури та різноманіття об'єктів вимірювання, у сучасній термометрії використовується велика кількість методів вимірювання. Згідно з [25, 26], методи вимірювання поділяють на: зіставлення, зрівноваження, диференційний метод та метод збігу.

Залежно від взаємодії первинного перетворювача температури з об'єктом вимірювання, розрізняють безконтактні та контактні методи вимірювання.

Безконтактні методи вимірювань побудовані на принципі перетворення теплового випромінювання у фізичну величину, яку можна безпосередньо виміряти, наприклад спектр енергії електромагнітного випромінювання, яке випромінює будь-яке тіло з температурою, вищою за абсолютний нуль. Контактні методи базуються на різних принципах перетворення температури у певну фізичну величину, яку можна виміряти за умов теплового контакту між об'єктом вимірювання та первинним перетворювачем, в результаті чого має настати стан термодинамічної рівноваги. Основна вимога до даного методу вимірювання температури – це мінімальна різниця між температурою об'єкта та

температурою чутливого елемента первинного перетворювача [26, 33].

Для вимірювання температури поверхні контактним методом використовують терморезистивні, термоелектричні перетворювачі або термофарби. Чутливі елементи перетворювачів прикладають, приклеюють або розміщують в отворах усередині об'єкта термометрування з метою хорошого теплового контакту.

Похибки вимірювань визначаються особливостями перетворювачів а також розміщенням чутливих елементів на об'єкті вимірювань. Характерні випадки розташування чутливих елементів перетворювачів на об'єкті термометрії схематично показано на рис 3.1.

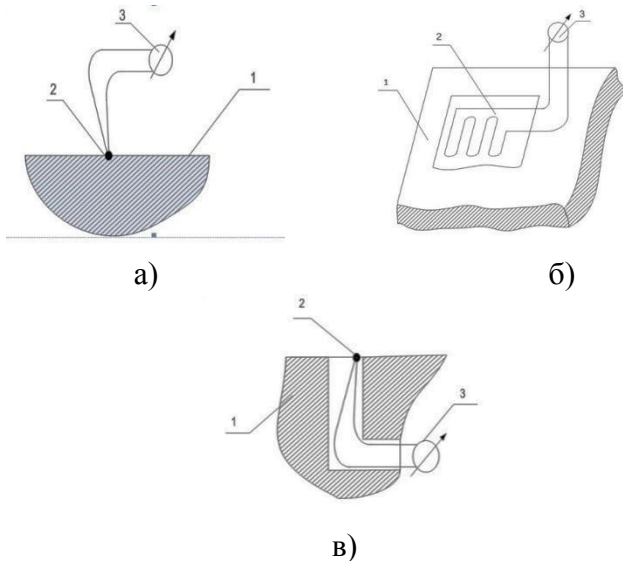


Рисунок 3.1 – Характерні випадки розташування термоперетворювачів на об'єкті термометрування

На рис. 3.1а первинний перетворювач розташовано таким чином, що виключається його контакт з об'єктом термометрування за винятком контакту самого спаю чутливого елемента з поверхнею об'єкта (первинний перетворювач розташовано поза об'єктом термометрування); На рис. 3.1б первинний перетворювач розташовано на поверхні об'єкта термометрування або безпосередньо близько до нього. На рис.3.1в первинний перетворювач розміщено всередині об'єкта термометрування, при цьому чутливий елемент виходить на поверхню об'єкта.

Розглянемо більш детально термоелектричні перетворювачі, які використовувалися при проведенні експериментальних досліджень.

Промисловістю виготовляються різні типи термоперетворювачів, з діапазоном вимірювання від 0 °С до 2500 °С, що зумовлено широкими параметрами технологічних процесів, де вони використовуються. На рис. 3.2 наведена будова чутливого елемента термоелектричного перетворювача.

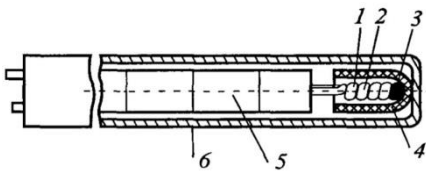


Рисунок 3.2 – Будова чутливого елемента термоелектричного перетворювача

Термоелектроди 1 і 2 ізолювані по всій довжині один від одного, проте їх кінці скручені та зварені електродуговим зварюванням. Якщо верхня границя термоперетворювача не перевищує 120 °С, то можна використовувати

буд-який матеріал в якості теплової ізоляції. Проте, якщо температура є вищою, то використовують фарфорові або

цирконієві трубки 5. Робочий кінець 3 чутливого елемента поміщають у електроізоляційний наконечник 4. Від механічних пошкоджень захищає захисна арматура 6.

Причинами похибок термоелектричних перетворювачів є зміна температури вільних кінців, часові зміни властивостей та неоднорідність матеріалів термоелектродів, шунтуючий вплив опору міжелектродної ізоляції. Особливо істотними можуть виявитися похибки викликані зміною відсоткового відношення між компонентами термоелектродів, їх забрудненням тощо. Такі похибки можна усунути шляхом визначення дійсної функції перетворень та внісши відповідні поправки.

Похибку від зміни температури вільних кінців зменшують її термостабілізацією або автоматичним введенням поправок, а похибку від шунтувальної дії опору міжелектродної ізоляції – підбиранням відповідних ізоляційних матеріалів.

3.2. Експериментальні дослідження групи горючості ізоляційних матеріалів бортових електромереж

Випробування на визначення групи горючості ізоляційного матеріалу проводилося за методикою [27] в атестованій лабораторії Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Суть методу випробувань полягала у визначенні втрати маси дослідного зразка та приросту температури при заданому температурному режимі. Обладнання для випробувань та засоби вимірювальної техніки наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Засоби виміральної техніки

№ з/п	Найменування приладу чи обладнання	Заводський номер	Границя вимірювання	Клас точності засобів виміральної техніки
1	Регулятор-вимірвач РТ 0102-8-К	10.019 10.021	Від 0 до 1200 °С	0,5
2	Секундомір СОП	8625	Від 0 до 3600 с	2
3	Термопары ТХА 10	2-7	Від 0 до 800 °С	2
5	Ваги ТВЕ 150	049	Від 0.04 до 120.0кг	4

Для цього були підготовлені багатожильні мідні провідники перерізом 1 мм² з полівінілхлоридною ізоляцією бортових електромереж КТЗ ВАЗ–2106 (1996 р.в.), ВАЗ–2108 (2002 р.в.), Volkswagen B4 (1995 р.в.), Mitsubishi lancer (2010 р.в.). Для кожної марки КТЗ було виготовлено по 3 експериментальних зразки висотою 150 мм. Перед проведенням експерименту усі зразки були піддані кондиціонуванню за температури повітря 60 ± 5 °С протягом доби. Після цього дослідні провідники зважувалися на вагах ТВЕ-2,1-0,001 (рис. 3.3).

Оскільки під дією температури ізоляційний матеріал плавиться, то дослідні провідники були поміщені в мішок, виготовлений з негорючого матеріалу – склотканини розмірами 150x60 мм (рис. 3.3).



а)



б)

Рисунок 3.3 – Вигляд дослідного зразка для визначення групи горючості а) до проведення б) після проведення експерименту

Випробування проводилися за допомогою приладу ОТМ температура в камері якого була встановлена на рівні 200 ± 5 °С. Температура визначалася за допомогою термоперетворювача хромель-алюмель (ТХА термопари клас 1) та регулятора-вимірювача температур РТ-0102. Після цього дослідний зразок кріпили на тримачі та поміщали в камеру приладу ОТМ за час до 5 с. Час, за який буде досягнута максимальна температура горючих газів, та час вільного горіння дослідних зразків, фіксувався за допомогою секундоміра СОПР з похибкою вимірювання 1 с. Вигляд дослідного зразка після проведення експерименту наведено на рис 3.3. Результати експерименту наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Результати експериментального дослідження з визначення горючості ізоляційного матеріалу

Марка автомобіля	Макс температур. гор. газів t_{\max} , °C	Час, за який вона досягнута t_1 , с	Час вільного горіння t_2 , с	Маса випробування m_0 , г	Маса після випробування m_1 , г
ВАЗ- 2106 (1996 р.в.)	355	187	75	37,31	26,92
	348	182	68	37,26	27,05
	339	195	66	37,92	27,45
ВАЗ- 2108 (2002 р.в.)	420	135	73	36,36	21,16
	425	127	69	36,77	21,42
	418	140	67	36,03	20,67
Mitsubishi lancer (2010 р.в.)	364	105	42	15,63	11,09
	378	92	38	15,81	11,4
	381	103	37	15,84	11,27
Volkswagen B4 (1995 р.в.)	265	138	53	26,41	17,24
	245	130	58	26,72	17,58
	268	126	62	26,28	16,91

Максимальний приріст температури Δt_{\max} визначається із рівності (3.1):

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_0 \quad (3.1)$$

де Δt_{\max} – максимальна температура газоподібних продуктів горіння досліджуваного ізоляційного матеріалу.

Втрату маси досліджуваного зразка визначають як:

$$\Delta m = \frac{m_n - m_k}{m_n} \cdot 100 \quad (3.2)$$

де m_n – маса зразка до випробування, г; m_k – маса зразка після випробування, г.

Згідно з [27], за значенням максимального приросту температури Δt_{\max} і втратою маси Δm , матеріали класифікують як:

важкогорючі – $\Delta t_{\max} < 60^\circ\text{C}$ і $\Delta m < 60\%$;

горючі – $\Delta t_{\max} \geq 60^\circ\text{C}$ або $\Delta m \geq 60\%$.

Горючі матеріали залежно від часу τ досягнення максимальної температури t_{\max} поділяють на:

важкозаймисті – $\tau > 4$ хв;

середньозаймисті – $0,5 \leq \tau \leq 4$ хв;

легкозаймисті – $\tau < 0,5$ хв.

Обробленні результати випробувань подані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.3

Результати експериментальних досліджень з визначення горючості ізоляційного матеріалу

Марка автомобіля	Макс. приріст темпер. $\Delta t_{\max}, ^\circ\text{C}$	Час вільного горіння t_2, c	Втрата маси $\Delta m, \%$	Класифікація за горючістю	Класифікація за займистістю
ВАЗ - 2106 (1996 р.в.)	155	75	19,8	горючий	сер.займ
	148	68	27,5	горючий	сер.займ
	139	66	31,23	горючий	сер.займ
ВАЗ- 2108 (2002 р.в.)	120	73	41,8	горючий	сер.займ
	125	69	41,7	горючий	сер.займ
	118	67	42,63	горючий	сер.займ
Mitsubishi lancer (2010 р.в.)	164	42	28,91	горючий	сер.займ
	178	38	27,8	горючий	сер.займ
	181	37	38,59	горючий	сер.займ
Volkswagen B4 (1995 р.в.)	65	53	19,48	горючий	сер.займ
	45	58	34,2	важкогорючий	сер.займ

	68	62	35,65	горючий	сер.займ
--	----	----	-------	---------	----------

Результати дослідження показують, що ізоляційні матеріали електропроводів дослідних марок автомобілів є горючими та середньозаймистими. Причому, за аварійних умов роботи (перенавантаження, КЗ тощо) ізоляція здатна займатися, підтримувати та поширювати горіння, що становить небезпеку.

3.3. Експериментальні дослідження температури займання та самозаймання ізоляційних матеріалів бортових електромереж

Випробування на визначення температури займання проводилося на приладі ОТП, який виготовлений згідно з ГОСТ 12.1.044-89 “Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения” [27]. Температура в реакційній камері ОТП та температура на поверхні зразка визначалася за допомогою термоперетворювача хромель-алюмель (ТХА термопарі клас 1) та регулятора-вимірювача температур РТ-0102, який через СОМ – порт був під’єднаний до ПК (рис 3.4), а час фіксувався за допомогою секундоміра СОПР з похибкою вимірювання 1 с.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд установки для визначення температури займання та самозаймання ізоляційних матеріалів

Суть методу випробувань із визначення температури займання полягає у визначенні параметрів займистості матеріалу при заданих стандартом рівнях впливу на поверхню зразка, теплового потоку та полум'я від джерела запалювання. Для цього був підготовлений ізоляційний матеріал провідників бортових електромереж КТЗ ВАЗ–2106 (1996 р.в.), ВАЗ–108 (2002 р.в.), Volkswagen B4 (1995 р.в.), Mitsubishi lancer (2010 р.в.) [63]. Для розміщення дослідних зразків використовувалися контейнери діаметром 45 ± 1 мм та висотою 10 ± 1 мм виготовлені із сталевого листа товщиною 0,2 мм (рис. 3.5)

Контейнер встановлений в кільце тримача діаметром ($49,0 \pm 0,6$) мм. Тримач являє собою металеву трубку з жаростійкої сталі з привареним в нижній частині кільцем для розміщення контейнера (рис 3.6).

Для випробувань було підготовлено по 10 зразків досліджуваного ізоляційного матеріалу масою ($3,0 \pm 0,1$) г для кожної марки КТЗ.



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд дослідних зразків у контейнерах



Рисунок 3.6 – Розміщення зразка у тримачі ОТП

Газовий пальник для запалювання зразка, що представляє собою трубку внутрішнім діаметром (6 ± 1) мм, виконаний з жаростійкої сталі, запаяний внизу і має на бічній поверхні отвір діаметром ($0,8 \pm 0,1$) мм на відстані ($5,0 \pm 0,3$) мм від запаяного кінця (рис 3.6).

Придатність установки до роботи була перевірена на стандартній речовині – органічному склі [108] температура займання якого дорівнює (265 ± 10) °С.

Після встановлення в реакційні камері температури 300 °С туди за допомогою тримача поміщався контейнер з дослідним зразком. Кожні 10 ± 2 с до зразка підводили газовий пальник на відстань 10 ± 1 мм від його поверхні, та за допомогою дзеркала спостерігали чи відбулося займання зразка.

Якщо при температурі випробування зразок займався і продовжував горіти понад 5 с після відведення пальника, то випробування припиняли, пальник ставили в положення "поза печею", контейнер із зразком витягували з камери. Відзначали

у протоколі температуру займання і наступне випробування проводили з новим зразком при меншій температурі (наприклад, на 50°C менше).

Якщо протягом 20 хв зразок не запалюється або раніше цього часу повністю припиняється димоутворення, випробування припиняють і в протоколі зазначають відмову.

За температуру випробування приймали покази термоелектричного перетворювача, що вимірює температуру зразка.

Методом послідовних наближень, використовуючи нові зразки і змінюючи температуру випробування, визначили мінімальну температуру зразка, при якій за час витримки в печі не більше 20 хв зразок загорівся і продовжував горіти більше 5 с після видалення пальника, а при температурі на 10°C менше займання не спостерігалось.

За температуру займання ізоляційного матеріалу приймали середнє арифметичне двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10°C , при одній з яких спостерігається займання 3 зразків, а при іншій – три відмови. Отримане значення температури округлювали з точністю до 5°C . Результати експериментального дослідження наведені в таб. 3.4-3.7

За результатами експерименту встановлено температуру займання ізоляційного матеріалу бортових електромереж транспортних засобів: ВАЗ – 2106 (1996 р.в.) – 249°C ; ВАЗ - 2108 (2002 р.в.) – 219°C ; Mitsubishi lancer (2010 р.в.) – 232°C ; Volkswagen B4 (1995 р.в.) – 265°C .

Таблиця 3.4

Пожежна небезпека колісних транспортних засобів

Результати експериментальних досліджень з визначення температури займання ізоляційного матеріалу для ВАЗ–2106 (1996 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
1.	300	285	відбулось	249
2.	295	281	відбулось	
3.	276	262	відбулось	
4.	266	253	відбулось	
5.	258	245	не відбулось	
6.	255	244	не відбулось	
7.	253	245	не відбулось	
8.	265	252	відбулось	
9.	268	253	відбулось	

Таблиця 3.5

Результати експериментальних досліджень з визначення температури займання ізоляційного матеріалу для ВА3–2108 (2002 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
1.	300	280	відбулось	233
2.	275	258	відбулось	
3.	249	244	відбулось	
4.	245	236	відбулось	
5.	237	230	не відбулось	
6.	236	229	не відбулось	
7.	237	229	не відбулось	
8.	246	235	відбулось	
9.	247	236	відбулось	

Таблиця 3.6

Результати експериментальних досліджень з визначення температури займання ізоляційного матеріалу для Mitsubishi lancer (2010 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
1.	300	260	відбулось	232
2.	269	254	відбулось	
3.	262	248	відбулось	
4.	250	237	відбулось	
5.	241	227	не відбулось	
6.	240	227	не відбулось	
7.	239	228	не відбулось	

Пожжежна небезпека колісних транспортних засобів

8.	252	238	відбулось	
9.	251	237	відбулось	

Таблиця 3.7

Результати експериментальних досліджень з визначення температури займання ізоляційного матеріалу для Volkswagen B4 (1995 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
1.	284	275	відбулось	265
2.	279	271	відбулось	
3.	273	268	відбулось	
4.	269	263	не відбулось	
5.	269	262	не відбулось	
6.	268	261	не відбулось	
7.	275	269	відбулось	
8.	276	269	відбулось	

На рис. 3.7 зображено графіки усереднених температур нагрівання ізоляційного матеріалу КТЗ ВА3 – 2106, ВА3 – 2108 та момент (точка 1) їх займання.

З графічних залежностей помітно, що після поміщення зразків в реакційну камеру вже через 180–200 с при температурі 250 °С відбувається займання (точка 1) ізоляційного матеріалу бортової електромережі ВА3–2106. Ізоляція електропроводників ВА3–2108 при досягненні температури 230–240 °С короткочасно займалася, про що свідчать стрибки температури на графіку, але горіння переривалося після видалення джерела займання, в якості якого був газовий пальник.

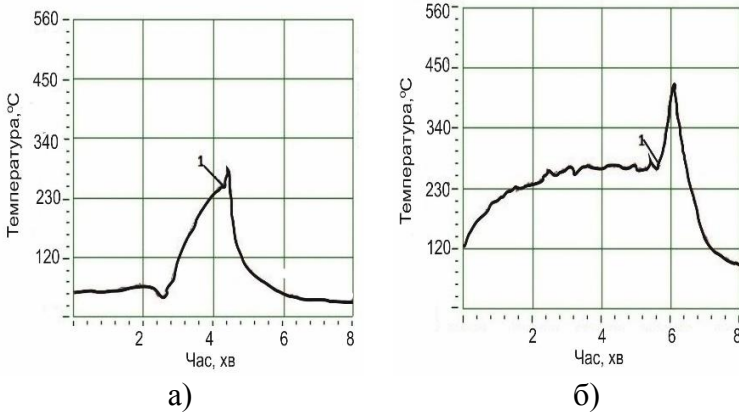


Рисунок 3.7 – Зміна температури нагрівання ізоляційного матеріалу від часу:
а) ВА3–2106; б) ВА3–2108;

Ізоляційні матеріали зарубіжних виробників автомобілів Mitsubishi lancer та Volkswagen B4 безвідмовно займаються при досягненні температури 235 °С та 270 °С за час 400-420 с та 260-280 с з початку нагрівання. Графічні залежності наведено на рис. 3.8

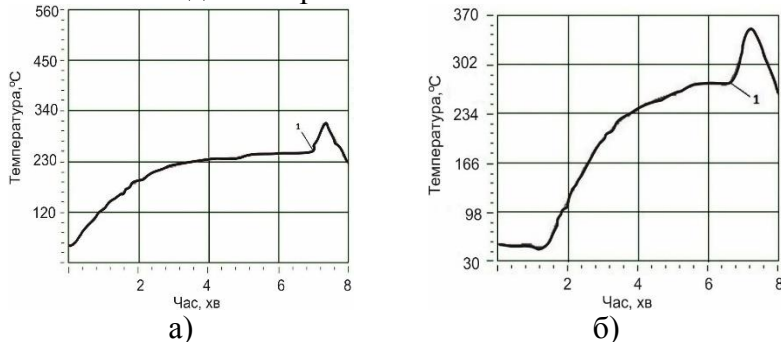


Рисунок 3.8 – Зміна температури нагрівання ізоляційного матеріалу від часу:
а) Mitsubishi lancer; б) Volkswagen B4

Наступним етапом досліджу було визначення температури самозаймання ізоляційного матеріалу, який здійснювався за вище наведеною методикою, проте без використання газового пальника. Результати наведені в таблиці 3.8-3.11.

Таблиця 3.8

Результати експериментальних досліджень з визначення температури самозаймання ізоляційного матеріалу для ВАЗ 2106 (1996 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
1.	500	485	відбулось	355
2.	434	420	відбулось	
3.	395	380	відбулось	
4.	374	360	відбулось	
5.	368	350	не відбулось	
6.	363	348	не відбулось	
7.	360	350	не відбулось	
8.	378	360	відбулось	

Таблиця 3.9

Результати експериментальних досліджень з визначення температури самозаймання ізоляційного матеріалу для ВАЗ – 2108 (2002 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
1.	500	487	відбулось	354
2.	414	400	відбулось	
3.	392	380	відбулось	
4.	369	358	відбулось	

5.	365	350	не відбулось	
6.	362	349	не відбулось	
7.	361	350	не відбулось	
8.	375	359	відбулось	

Таблиця 3.10

Результати експериментальних досліджень з визначення температури самозаймання ізоляційного матеріалу для Mitsubishi lancer (2010 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
1.	500	487	відбулось	366
2.	415	400	відбулось	
3.	392	380	відбулось	
4.	385	370	відбулось	
5.	378	362	не відбулось	
6.	373	360	не відбулось	
7.	374	361	не відбулось	
8.	381	370	не відбулось	

Таблиця 3.11

Результати експериментальних досліджень з визначення температури самозаймання ізоляційного матеріалу для Volkswagen B4 (1995 р.в.)

№ з/п	Температура в реакційній камері, °С	Температура на поверхні взірця, °С	Займання	Усереднена температура займання, °С
2.	329	317	відбулось	
3.	321	309	відбулось	
4.	308	298	відбулось	

5.	298	290	не відбулось	294
6.	296	289	не відбулось	
7.	299	290	не відбулось	
8.	309	298	відбулось	
9.	307	297	відбулось	

Слід зазначити, що при проведенні досліджень на визначення температури займання та самозаймання, спостерігалось полум'яне горіння ізоляційного матеріалу (рис 3.9 а) кожної із марок автомобілів, які піддавалися дослідженню. Тому ізоляційний матеріал, за наявності джерела запалення чи досягнення температури самозаймання, здатний займатися та поширювати горіння, що підвищує небезпеку. Після припинення горіння ізоляція має вигляд (рис 3.9 б) желеподібної суміші та при охолодженні твердне.



а)

б)

Рис. 3.9 Вигляд ізоляційного матеріалу
а) під час випробування; б) після випробування

3.4. Дослідження температури зм'якшення, плавлення та димоутворення ізоляційних матеріалів бортових електромереж

Як сказано вище, робоча температура у моторному відсіку двигуна може сягати 100 °С. За таких умов, очевидно, не буде відбуватися достатнього розсіювання тепла, що виділяється у струмопровідній жилі провідників бортової електромережі, що призведе до їх нагрівання. Разом з тим буде нагріватися і ізоляційний матеріал, який при підвищеній температурі буде втрачати свої механічні та ізоляційні властивості. На меті з визначення температури зм'якшення ізоляційного матеріалу є встановлення межі, при якій, фактично, експериментальний матеріал починає втрачати свою твердість (в порівнянні з початковим значенням), що робить його уразливим до механічних пошкоджень, які можуть виникати під час експлуатації ТЗ. Твердість – це властивість матеріалу чинити опір деформуванню та руйнуванню під дією місцевих контактних зусиль [107]. Залежно від матеріалів існують різні методи для вимірювання твердості: Брінелля, Роквелла, Шора, Янка та ін. Для вимірювання твердості низькомодульних матеріалів: пластмас, полімерів, каучуків зазвичай використовують твердість (метод) за Шором. Цей метод базується на вимірюванні глибини початкового втискання або (і) глибини втискання після заданих періодів часу.

За температуру плавлення приймають температуру за якої досліджуваний зразок переходить у рідкий стан.

Метою проведення експерименту є визначення температури, за якої ізоляційний матеріал пом'якшується та плавиться. Як додатковий параметр було введено визначення температури димоутворення ізоляційного матеріалу.

Для відображення натурності експерименту ізоляційний матеріал досліджується безпосередньо на провідниках, тобто дослідженню піддаються фрагменти бортової електромережі ТЗ з визначеними параметрами:

- марка ТЗ;
- матеріал ізоляційного матеріалу;
- площа поперечного перерізу;
- довжина.

Температура створюється шляхом перевантаження дослідного провідника з використанням трансформатора. Під час проходження електричного струму величиною I у провіднику довжиною ℓ і поперечним перерізом S , що має опір $R = \rho \frac{\ell}{S}$ впродовж часу τ виділяється енергія:

$$dQ = I^2 R dt \quad (3.3)$$

З врахуванням матеріалу провідника та ізоляції вираз 2.3 можна записати у вигляді:

$$dcm\Delta t = I^2 R dt \quad (3.4)$$

де c – питома масова теплоємність, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; m – маса провідника, кг; t – час, Δt – різниця температур, К.

За температуру пом'якшення приймається температура, за якої ізоляційний матеріал зменшує свою

твердість та стає вразливим до механічних пошкоджень. Існує ряд методів для визначення твердості, зокрема який описаний у [29], проте цей метод не передбачає визначення твердості ПВХ- ізоляції на провіднику. Зменшення твердості визначається за допомогою статичного навантаження. Навантаження створюється у вигляді «зажиму» з силою 50 мН. Якщо після зняття навантаження є видимі пошкодження, то температура, за якої створювалося навантаження, вважається температурою пом'якшення ізоляції. Якщо видимих вм'ятин немає, тоді підвищують температуру та продовжують випробування до появи вм'ятин з подальшим фіксуванням температури.

За температуру димоутворення приймають температуру за якої відбувається виділення летких продуктів з ізоляційного матеріалу по всій довжині досліджуваного провідника.

За температуру плавлення приймають температуру, за яко ізоляційний матеріал відділяється від струмоведучої частини провідника.

Підготовка зразків. Для визначення температури зм'якшення, плавлення чи димоутворення підготовлюють не менше ніж по три дослідних зразки для визначення кожної з температур. Підготовлені зразки ізольованих електропровідників довжиною 40 см очищають від бруду та поміщають на 3 год в сушильну шафу з температурою 20 °С.

Встановлення зразків і термонар. Кінці дослідного зразка оголюють від ізоляції та надійно закріплюють в тримачах дослідної установки. Допускається встановлювати тільки один зразок на фіксуючих тримачах. Температура зразка перед випробуванням має бути в межах 5...25 °С і не повинна відрізнятись від температури навколишнього

середовища більше ніж на ± 5 °С. Температура в приміщені 20 ± 5 °С, атмосферний тиск 98,3 кПа, відносна вологість 60%.

Початок випробування. Початком випробування вважається час замикання ключа на понижуючому трансформаторі, тобто подачі навантаження на дослідний провідник.

Вимірювання температури дослідного зразка. Вимірюється та реєструється температура на поверхні, яка не обігрівается, та на протилежній з інтервалом не більше 5 с.

Спостереження за поведінкою зразка. У процесі випробування проводиться спостереження за зразком і складається хронологічний опис змін у зразку, тобто температури за якої ізоляційний матеріал пом'якшується чи плавиться.

Під час випробування проводиться фото- та відеозйомка, а результати температури заносяться в таблицю.

Дослідження температури пом'якшення, плавлення та димоутворення ізоляційних матеріалів проводилося у лабораторних умовах з використанням дослідної установки, зовнішній вигляд якої зображено на рис. 3.10

До складу установки входять навантажувальний та понижувальний трансформатори, термоперетворювач хромель-алюмель (ТХА, клас 1), регулятор-вимірювач температур РТ-0102, вимикач та амперметр.

Понижувальний трансформатор, який живиться від мережі 220 В та подає напругу на навантажувальний трансформатор, який і навантажує дослідний провідник. Досліджуваний провідник кріплять за допомогою спеціальних тримачів на негорючій поверхні.



Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд дослідної установки

Регулювання струму навантаження здійснюється за допомогою реостата і вимірюється амперметром, котрий підключений послідовно до навантажувального трансформатора.

Контроль температури здійснюється за допомогою ТХА, робочий кінець якого поміщено під ізоляційний матеріал.

З метою забезпечення точності вимірювань місце контакту ТХА та досліджуваного провідника надійно термоізолюють за допомогою скловолкна.

Принципова схема дослідної установки зображена на рис. 3.11

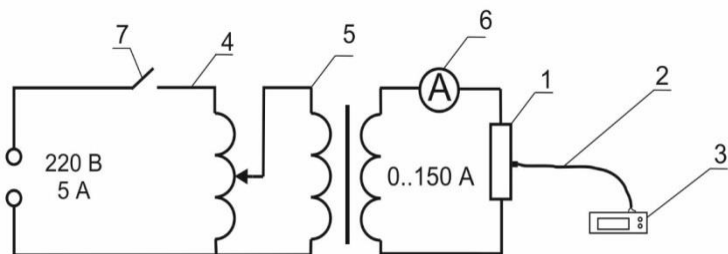


Рисунок 3.11 – Принципова схема роботи дослідної установки:

1 – досліджуваний ізольований провідник;
2 – термоперетворювач; 3 – регулятор-вимірювач температур РТ-0102, 4 – ЛАТР; 5 – понижувальний трансформатор; 6 – амперметр; 7 – вмикач

Для дослідження було підготовлено по 9 зразків провідників з ПВХ-ізоляцією бортових електромереж автомобілів ВАЗ-2106 (1996 р.в.), ВАЗ-2108 (2002 р.в.), Volkswagen B4 (1995 р.в.), Mitsubishi lancer (2010 р.в.) з площею поперечного перерізу 1 мм² та довжиною 40 см. Результати експериментального дослідження наведено в таб. 3.6.

Таблиця 3.6

Результати експериментального дослідження
температури зм'якшення, димоутворення та плавлення
ізоляційних матеріалів бортових електромереж автомобілів

Марка автомобіля	Температура зм'якшення, °C			Температура димоутворення, °C			Температура плавлення, °C		
	1.	90	серед. знач.	1.	105	серед. знач.	1.	145	серед. знач.
ВАЗ - 2106 (1996 р.в.)	2.	89	90	2.	107	105	2.	143	144
	3.	90		3.	103		3.	145	
	1.	90		1.	110		1.	160	
ВАЗ – 2108 (2002 р.в.)	2.	88	89	2.	112	110	2.	163	161
	3.	90		3.	107		3.	159	
	1.	95		94	1.		130	130	
2.	93	2.	128		2.	181			
3.	95	3.	133		3.	180			
Volks-wagen B4 (1995 р.в.)	1.	90	90	1.	145	145	1.	200	200
	2.	90		2.	143		2.	198	
	3.	91		3.	147		3.	201	

Встановлено [12], що температура в моторному відсіку може перевищувати температуру навколишнього середовища до 100 °C, а температура окремих елементів понад 500 °C. Тому можна вважати, що ізоляційний матеріал, зокрема електропровідників, що знаходяться в моторному відсіку, працює на межі своїх фізичних властивостей.

3.5. Експериментальні дослідження температур спалаху та займання моторної оливи та забруднення, що накопичується на двигунах колісних транспортних засобів

Як правило, моторні мастила оцінюються та класифікуються двома стандартами: “Система класифікації моторних мастил за експлуатаційними властивостями” Американського інституту нафти (API) та SAE “Система класифікації моторних мастил”. Разом з тим, існують вимоги до якості мастил Міжнародного комітету із стандартизації та схвалення мастильних матеріалів (ILSAC) та Асоціації європейських виробників автомобілів (ACEA) [91]. Основним критерієм класифікації є кінематична в’язкість оливи при певній температурі, мастила для інжекторних та дизельних двигунів, залежно від сезону, року випуску транспортного засобу, різноманітних домішок та присадок тощо. Проте залишаються невідомими пожежонебезпечні параметри мастил, такі як температура спалаху, займання та самозаймання, які вказуються виробниками вкрай рідко. Нехтування цими параметрами мастил створює небезпеку.

Оскільки кінематична та динамічна в’язкість мастила не значно впливає на температурні параметри займання, було досліджено чисті та відпрацьовані мастила, виготовлені на різній основі: мінеральне Liqui Moly MoS2, напівсинтетичне Shell Helix HX7 та синтетичне Mobil Super 3000x1.

Випробування на визначення температури спалаху та займання проводилося на приладі ТВ (рис. 3.12), який виготовлений згідно із [27]. Температуру визначали термометром типу ТИН-3 з ціною поділки 1 °С, а час фіксували секундоміром СОПР.



Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд приладу ТВ

Суть методу випробувань полягає у визначенні температури, за якої під час проведення газового пальника над поверхнею тигля спалахують пари досліджуваної рідини. Причому затрачений час на переміщення пальника над тиглем не повинен перевищувати 1 с. Для дослідження були підготовленні мастила марок Liqui Moly MoS2, Shell Helix HX7, Mobil Super 3000x1.

Кожну марку мастила наливали у тигель до рівня 12 мм нижче краю та поміщали на нагрівну пластину приладу ТВ. В середину тигля поміщали термометр на висоті 6 мм від дна та закріплювали на штативі.

Вмикали прилад ТВ та задавали таку потужність, яка б забезпечувала швидкість нагрівання оливи 14-17 °С/хв. Газовий пальник був встановлений на відстані 2 мм вище краю тигля. За температуру спалаху у відкритому тиглі приймалася температура, яку фіксував термометр, при появі полум'я над частиною чи всією поверхнею. Температура спалаху визначалася середньоарифметичним значенням температури, яка була отримана на трьох дослідних зразках оливи з

врахуванням поправки на атмосферний тиск. Поправку на температуру спалаху Δt визначають за виразом (3.5). Результати дослідження температури спалаху наведено в табл.3.7

$$\Delta t = 0,27 \cdot (101,3 - p_a) \quad (3.5)$$

Таблиця 3.7

Результати дослідження температури спалаху чистих та відпрацьованих моторних мастил

Марка мастила		Температура оливи, °С	Спалах
Liqui Moly MoS2	чисте	193	відбувся
		194	відбувся
		192	відбувся
	відпрацьоване	205	відбувся
		203	відбувся
		205	відбувся
Shell Helix HX7	чисте	218	відбувся
		219	відбувся
		217	відбувся
	відпрацьоване	222	відбувся
		221	відбувся
		220	відбувся
Mobil Super 3000x1	чисте	225	відбувся
		225	відбувся
		223	відбувся
	відпрацьоване	229	відбувся
		230	відбувся
		231	відбувся

З врахуванням виразу (3.5) ($p_a = 97,3 \text{ кПа}$), температура спалаху для мінерального чистого (1) та відпрацьованого (2) мастила Liqui Moly MoS2:

$$t_{cn1} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} + 0,27 \cdot (101,3 - p_a) = \frac{193 + 194 + 192}{3} + 0,27 \cdot (101,3 - 97,3) = 194^\circ C$$

$$t_{cn2} = 205^\circ C$$

Для напівсинтетичного чистого (1) та відпрацьованого (2) мастила Shell Helix HX7:

$$t_{cn1} = 219^\circ C$$

$$t_{cn2} = 222^\circ C$$

Для синтетичного чистого (1) та відпрацьованого (2) мастила Mobil Super 3000x1:

$$t_{cn1} = 225^\circ C$$

$$t_{cn1} = 231^\circ C$$

Температура займання визначалася аналогічно, проте необхідною умовою було горіння полум'я не менше 5 с над поверхнею тигля після видалення пальника. Результати випробувань наведені в таблиці 3.8

Таблиця 3.8

Результати дослідження температури займання чистих та відпрацьованих моторних мастил

Марка мастила		Температура мастила, °C	Займання
1	2	3	4
Liqui Moly MoS2	чисте	222	відбулося
		224	відбулося
		225	відбулося
	відпрацьоване	240	відбулося
		242	відбулося
		241	відбулося
Shell Helix HX7	чисте	242	відбулося
		245	відбулося

Пожжежна небезпека колісних транспортних засобів

	відпрацьоване	243	відбулося
		270	відбулося
		268	відбулося
		271	відбулося

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4
Mobil Super 3000x1	чисте	237	відбулося
		238	відбулося
		239	відбулося
	відпрацьоване	241	відбулося
		242	відбулося
		242	відбулося

З врахуванням виразу (3) ($p_a = 97,3 \text{ кПа}$), температура займання для мінерального чистого (1) та відпрацьованого (2) мастила Liqui Moly MoS2:

$$t_{31} = 225^\circ \text{C}$$

$$t_{32} = 242^\circ \text{C}$$

Для напівсинтетичного чистого (1) та відпрацьованого (2) мастила Shell Helix HX7:

$$t_{31} = 245^\circ \text{C}$$

$$t_{32} = 270^\circ \text{C}$$

Для синтетичного чистого (1) та відпрацьованого (2) мастила Mobil Super 3000x1:

$$t_{31} = 239^\circ \text{C}$$

$$t_{31} = 243^\circ \text{C}$$

Експериментальні дані показують, що найменшу температуру спалаху та займання мають мінеральні мастила, а найбільшу – синтетичні. Проте різниця цих температур лежить в межах 30 °С. Так, наприклад, температура спалаху чистого мінерального мастила Liqui Moly MoS2 становить 194 °С, напівсинтетичного Liqui Moly MoS2 – 219 °С, а синтетичного Mobil Super 3000x1 – 225 °С.

Температура займання цих чистих мастил дещо вища за їх температуру спалаху. Так температура займання чистого мінерального мастила Liqui Moly MoS2 225 °С, напівсинтетичного Liqui Moly MoS2 245 °С та синтетичного Mobil Super 3000x1 – 239 °С.

Аналізуючи дані можна стверджувати, що відпрацьоване мастило має вищу температуру як спалаху, так і займання. Зведені результати температур спалаху та займання приведені в таблиці 3.9

Наступним етапом було дослідження бруду, що накопичується на обладнанні, яке знаходиться у підкапотному просторі. Цей бруд являє собою суміш мастила, порохи та інших речовин.

Таблиця 3.9
Результати дослідження температури спалаху та займання олив

Марка мастила		Температура спалаху, °С	Температура займання, °С
Liqui Moly MoS2	чисте	194	225
	відпрацьоване	205	242
Shell Helix HX7	чисте	219	245
	відпрацьоване	222	270

Mobil Super 3000x1	чисте	225	239
	відпрацьоване	231	243

Дослідження проводилося аналогічно як і для визначення температури спалаху та займання мастил на приладі ТВ. Результати дослідження наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Результати експериментального дослідження температури спалаху та займання бруду

№ з/п	Температура суміші, °С	Спалах	Температура суміші, °С	Займання
1.	253	відбувся	272	відбулось
2.	255	відбувся	270	відбулось
3.	254	відбувся	269	відбулось

З врахуванням виразу (3.5) ($p_a = 97,3 \text{ кПа}$) температури спалаху та займання становлять:

$$t_{cn1} = 255^\circ \text{C}$$

$$t_{32} = 272^\circ \text{C}$$



а)



б)

Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд брудю: а) під час випробування; б) після випробування

Результати дослідження показують, що температура спалаху брудю становить 255 °С, а температура займання – 272 °С, що несуттєво відрізняється від температур спалаху та займання мастила. Як помітно з рис 3.13а бруд полум'яно горить після видалення газового пальника, що створює пожежну небезпеку. Слід зазначити, що в ряді європейських країн забруднення двигуна вважається порушенням, за яке притягують до відповідальності у вигляді штрафу, проте в нормативно-законодавчій базі України цього не передбачено.

3.7. Висновки

1. На підставі експериментальних досліджень, проведених згідно з вимогами ГОСТ 12.1.044-89, встановлено, що ізоляційний матеріал на основі полівінілхлориду, який найчастіше використовується у бортових електромережах колісних транспортних засобів, відноситься до горючих середньої займисті, що обумовлює можливість його займання за умов виникнення іскріння або струмів короткого замикання та струмового перевантаження для мідних провідників з діаметром меншим за 2,5 мм.

2. Розроблено методику експериментального дослідження на визначення температури пом'якшення ізоляційного матеріалу, що дало змогу визначити небезпечні температурні режими роботи провідників бортової електромережі транспортних засобів КТЗ. Встановлено температуру пом'якшення ізоляції 89-94 °С, яка знаходиться в

межах робочої температури моторного відсіку 70-110 °С. Внаслідок цього ізоляція стає уразливою, а також погіршуються її механічні та ізоляційні властивості, що може призвести до іскріння або короткого замикання з подальшою пожежею.

3. Визначено температуру спалаху та займання чистих та відпрацьованих мастил марок Liqui Moly MoS2, Shell Helix NX7 та Mobil Super 3000x1, які виготовлені на мінеральній, напівсинтетичній та синтетичній основі відповідно. Встановлено, що вищезгадані температури відпрацьованих мастил є дещо вищі ніж чистих та лежать в межах 194-225 °С.

4. Встановлено, що забруднення, яке накопичується на двигуні, здатне займатися та підтримувати горіння, причому температура спалаху становить 225 °С, а займання – 272 °С.

РОЗДІЛ 4 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОТИПОЖЕНОГО ЗАХИСТУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

4.1. Аналіз систем пожежогашіння колісних транспортних засобів

На підставі аналізу джерел [1, 3, 4], та інших нормативно-правових актів, які стосуються вимог до транспортних засобів, встановлено, що їх дозволяється використовувати, лише відповідно до вимог безпеки перевезення, охорони праці та екології, а також наявності укомплектованого та працездатного вогнегасника.

Разом з тим, як свідчить статистика пожеж, використання вогнегасників є недостатньо ефективним через:

- ізоляцію простору, де виникла пожежа (моторний, паливний, багажний відсіки);
- важкодоступністю до осередку пожежі внаслідок блокування дверей, капота, що властиво під час ДТП, коли деформований кузов КТЗ;
- стрімким розвитком пожежі, і як наслідок, утрудненням, а деколи і неможливістю застосувати вогнегасник на початковій стадії горіння;
- неможливістю застосування вогнегасника при виникненні пожежі під час руху, а також в разі відсутності водія під час стоянки КТЗ на парковках.

Джерела виникнення пожеж на КТЗ можна поділити на внутрішні та зовнішні. До внутрішніх джерел пожеж відносяться: нагріті поверхні випускної, гальмівної та системи зчеплення понад температуру займання парів легкозаймистих та горючих рідин, горючих матеріалів; іскри в результаті

несправності бортової електромережі, розгерметизація паливної, гальмівної систем, а також сукупної дії вищепереліченого внаслідок ДТП.

Зовнішніми джерелами можуть бути високо інтенсивні потоки теплового випромінювання, які викликані пожежами суміжних об'єктів, в тому числі поряд розміщеними КТЗ; підпал, необережне поводження з вогнем (паління, газоелектрозварювальні роботи).

Найпоширенішими причинами пожеж на КТЗ під час їх експлуатації є несправності паливної системи та бортової електромережі. Наприклад, в Австралії пожежі на КТЗ, які викликані порушенням режиму роботи електричної системи, становлять 38% від загальної кількості пожеж, пожежі, що виникли у відсіку двигуна внаслідок витоку палива – 28%.

Рідше виникають пожежі внаслідок порушення герметичності елементів гідравлічного обладнання та системи випуску відпрацьованих газів двигуна. Пожежі під час експлуатації КТЗ становлять підвищену небезпеку не лише для пасажирів, а й для об'єктів довкілля. Якщо пожежа виникає в моторному відсіку під час руху КТЗ, то продукти згоряння можуть потрапити у салон і призвести до отруєння раніше, ніж водій зупинить КТЗ для евакуації пасажирів. У деяких випадках під час загоряння елементів трансмісії, ходової частини чи гальмівної системи дим та полум'я відводяться зустрічним потоком повітря від КТЗ і залишаються невидимими для водія. При пошкодженні полум'ям елементів гальмівної системи можуть виникнути відмови в її роботі та в роботі КТЗ в цілому, що стає причиною ДТП. Пожежі під час ДТП супроводжуються особливо важкими наслідками: опіками різного ступеня чи загибеллю водія і пасажирів. Швидкому розвитку пожежі сприяє розлив

паливно-мастильних матеріалів внаслідок розгерметизації вузлів і систем транспортного засобу.

На відміну від вищезгаданих ситуацій, для забезпечення пожежної безпеки КТЗ в ремонтних майстернях, гаражах, боксах, на критих стоянках можна використати системи пожежогасіння та модулі пожежогасіння.

На сьогодні промисловість пропонує широкий вибір модулів з різними вогнегасними речовинами і навіть деякі із них, згідно з рекомендаціями виробників, можна використовувати на відкритому просторі. В [44] наведено перелік об'єктів будинків та споруд для зберігання КТЗ, які підлягають обладнанню автоматичними системи пожежогасіння. Для вибору і розміщення модулів пожежогасіння керуються нормативними документами [44, 45] та рекомендаціями виробників.

Однак, досить важко забезпечити пожежну безпеку КТЗ, які знаходяться на стоянках, майданчиках, не обладнаних системами пожежогасіння, або перебувають у русі.

На сьогодні немає нормативно-правових актів та документів, які б вимагали від виробників обладнувати КТЗ системами виявлення і гасіння пожеж під час їх експлуатації. Також немає нормативної документації на їх проектування. Тому вибір, розміщення елементів виявлення та гасіння пожежі на транспортних засобах необхідно здійснювати керуючись розрахунковими методиками та набутим досвідом в цій області.

Загалом система виявлення і гасіння пожежі може бути реалізована за двома структурними схемами [64, 65, 66]. Перша схема містить давач виявлення загоряння (пожежний сповіщувач (ПС)), кнопку ручного пуску (КРП) та

радіокеровану кнопку дистанційного пуску (РКДП), які увімкненні паралельно, та модуль пожежогасіння (МП).

Установка пожежогасіння приводиться в дію як автоматично, за допомогою незалежних теплового пожежного сповіщувача та (або) пожежного сповіщувача полум'я, так і в ручному режимі, за допомогою блока ручного пуску. Причому тепловий пожежний сповіщувач має здатність автоматично змінювати порогове значення спрацювання залежно від сезонних коливань температури навколишнього середовища [71]. Про алгоритм роботи інтелектуального сповіщувача зі змінним пороговим рівнем спрацювання йтиметься нижче. Ефективність гасіння пожежі досягається модулями аерозольного та (або) порошкового пожежогасіння.

При виникненні загоряння, відбувається замикання електричного кола, як автоматично за допомогою ПС, так і в ручному або дистанційному режимі за допомогою кнопки ручного пуску або радіокерованої кнопки дистанційного пуску. В результаті замикання контактів паралельно увімкнених комутуючих елементів подається живлення 12 В або 24 В на запірно-пусковий пристрій, який приводить в дію модуль пожежогасіння.

Друга структурна схема додатково до ПС, КРП, РКДП, містить пожежний приймально-контрольний прилад (ППКП), комунікатор, систему оповіщення (СО) та блок живлення (БЖ). Паралельно увімкнені комутуючі елементи постійно подають інформацію на ППКП, який аналізує її, та у випадку пожежі подає струм на запірно-пусковий пристрій, який приводить в дію МП. Крім того на приймально-контрольний пристрій, надходить інформація від пожежного сповіщувача про стан транспортного засобу, що контролюється, контролера зв'язку із системою глобального місцевизначення

(GPS) та контролера доступу до стандартної мережі стільникового зв'язку GSM 900/1800, який здійснює автодозвон у вигляді голосового повідомлення до власника транспортного засобу та оперативно-диспетчерської служби пожежно-рятувального підрозділу [72].

У випадку появи ознак пожежі пожежним сповіщувачем формується тривожне повідомлення у вигляді сигналу, який передається на пожежний приймально-контрольний пристрій, котрий формує та передає одночасно сигнали на вхід пристрою управління режимами та на вхід контролера, який визначає поточні координати транспортного засобу з прив'язкою до реального масштабу і часу. Пристрій управління режимами, на підставі отриманої інформації від контролера, відображає координати транспортного засобу та час. Після цього формує відповідне повідомлення про виникнення пожежі з поточними координатами транспортного засобу та передає на вхід контролера доступу до стандартної мережі стільникового зв'язку GSM 900/1800. Контролер через приймально-передавальну антену здійснює автодозвон з голосовим повідомленням одночасно на оперативно-диспетчерську службу пожежно-рятувального підрозділу та на мобільний телефон власника транспортного засобу.

Разом з тим, пожежний приймально-контрольний прилад 2 здійснює контроль за станом справності усіх вузлів системи і в разі несправності повідомляє голосовим повідомленням власника транспортного засобу аналогічно вищенаведеному способу.

Живлення усіх елементів системи здійснюється як від бортової електромережі транспортного засобу, так і від резервної акумуляторної батареї 9.

Застосування запропонованого способу передачі повідомлення про виникнення пожежі транспортного засобу, чи її загрозу виникнення, з координатами місцезнаходження транспортного засобу шляхом автодозвону з голосовим повідомлення з використанням мережі стільникового зв'язку GSM 900/1800 одночасно на оперативну-диспетчерську службу пожежно-рятувального підрозділу та власнику транспортного засобу, дозволить вжити заходів для запобігання виникненню пожежі чи мінімізації збитків від неї. Запропонований спосіб може інформувати про виникнення пожежі охорону автостоянок чи гаражів, де знаходиться транспортний засіб.

Це значно збільшує оперативність повідомлення і виключає людський фактор в разі виникнення пожежі чи ДТП, що дозволяє зменшити час прибуття рятувальних служб. Крім того, ППКП включає систему оповіщення (СО) у вигляді звукового сигналу та контролює стан працездатності усіх вузлів системи.

Електроживлення як в першому, так і в другому випадках здійснюється від бортової електромережі КТЗ. Крім того, необхідно передбачати додаткове джерело живлення схем від резервної акумуляторної батареї, яка знаходиться в найбільш безпечному місці.

Розроблені структурні системи пожежогасіння підкапотного простору колісних транспортних засобів захищені патентами України на винаходи №110736 та №111993.

Проблематичним є питання вибору та розміщення ПС і МП для КТЗ через необхідність забезпечення їх оптимальних умов експлуатації. Тип пожежного сповіщувача вибирається в основному від домінуючої ознаки пожежі і умов експлуатації.

4.2. Аналіз пожежних сповіщувачів для використання на колісних транспортних засобах

Вибраний тип автоматичних ПС має забезпечувати якнайшвидше виявлення пожежі, при цьому помилковість спрацювання повинна бути мінімальною. Не існує універсального типу ПС, який би задовольняв усі умови використання. Оптимально було б застосувати комбінований ПС, виходячи з того, що домінуючою ознакою пожежі в моторному та паливному відсіках буде тепло або полум'я. Дим, який утворюється внаслідок загоряння, може не потрапляти на ПС і не відразу бути виявленим водієм, внаслідок дії на КТЗ зустрічного потоку повітря. Крім того, необхідно брати до уваги місце встановлення ПС на транспортному засобі, оскільки конструкції легкових, вантажних автомобілів та автобусів відрізняються.

Кожен тип ПС реагує по-різному на однакові ознаки пожеж. Загалом тепловий ПС має найбільшу інертність, але у разі пожежі з інтенсивним виділенням тепла і малим димоутворенням, що характерно для КТЗ, тепловий ПС спрацьовує раніше, ніж димовий. Враховуючи теплові режими двигуна можна вибрати тепловий ПС, який здатний виявляти загоряння на ранній стадії розвитку пожежі. В цьому випадку доцільно ставити теплові пожежні сповіщувачі, які реагують на досягнення фіксованого значення температури. Диференціальні теплові ПС реагують на швидкість наростання температури, а отже будуть реагувати на зміну температури двигуна, натомість в паливному відсіку їх розташування є допустимим. Загалом, теплові сповіщувачі більш стійкі до несприятливих умов середовища порівняно з іншими типами. Оптимально вибрати теплові ПС з

напівпровідниковими чутливими елементами, оскільки в них можна реалізувати різного роду компенсуючі схеми, які дають змогу усунути вплив зовнішніх чинників.

У разі займання легкозаймистої та горючої рідин, накипу, утвореного на двигуні, найшвидше спрацюють ПС полум'я, які реагують на ультрафіолетове, інфрачервоне випромінювання або їх поєднання. Ці сповіщувачі характеризуються високою чутливістю та малою інерційністю. Пожежні сповіщувачі полум'я здатні реагувати на пожежу з наявністю полум'я швидше, ніж теплові або димові. Однак ультрафіолетове випромінювання в тому діапазоні довжин хвиль, що використовують для виявлення пожежі, може поглинатися димом, утвореним внаслідок загоряння оливи та мастильних матеріалів. Інфрачервоне випромінювання значно менше піддається ослабленню.

Перешкоджають роботі ПС полум'я пряме та відбите випромінювання різних джерел освітлення, грозові розряди, іскри, випромінювання від поверхонь механізмів, нагрітих до високих температур, пил, пара, густий дим, забруднення чутливого елемента і т.ін. Необхідно вживати відповідних заходів для запобігання накопичуванню масел, мастильних матеріалів або пилу, а також їх сумішей на ПС.

На теперішній час промисловість випускає ПС полум'я, які мають хороші технічні характеристики та малу ймовірність помилкових спрацювань. Зокрема, комбінований ПС полум'я ИП 329/330, який реагує як на ультрафіолетове, так і на інфрачервоне випромінювання. Вище названий ПС містить вибухозахищений корпус, у якому вбудовано інфрачастотний і ультрафіолетовий давачі, та мікропроцесорний контролер, який здійснює обробку сигналів. Для формування сигналу “пожежа” необхідне спрацювання одночасно обох

чутливих елементів, котрі контролюють різні спектри випромінювання. Сповіщувач захищений від впливу випромінювання, які не є джерелами пожежі. Він обладнаний системою контролю оптичних кіл та системою, яка не допускає обледеніння, захищений від дії кліматичних умов (таких як вітер, дощ, перепади температури і тиску).

Ідеально підходить для застосування в суворих умовах навколишнього середовища та в зонах, де можливі блискавки.

Проте транспортний засіб використовується за різних температур, що створює різні робочі температури у просторі моторного відсіку, які можуть коливатися в межах 100 °С [12]. Тому вищевикладене потребує розробки алгоритму роботи ПС, який забезпечив би безпомилкове виявлення пожежі на ранній стадії розвитку.

4.3. Розробка алгоритму роботи теплового пожежного сповіщувача зі змінним пороговим рівнем спрацювання

Внаслідок промислового освоєння досягнень мікропроцесорних технологій з'явилися принципово нові за способом обробки інформації аналогові та дискретні ПС. До їхнього складу входить мікропроцесор з власною енергонезалежною пам'яттю. Оскільки первинні перетворювачі формують аналогові сигнали, а мікропроцесор працює з сигналами у цифровій формі, то в конструкції ПС передбачено аналого-цифрові перетворювачі. Алгоритм роботи запрограмований в мікроконтролері, який керує процесом вимірювання, опрацьовує результати з використанням сучасного математичного апарату (алгебри логіки, нечіткої логіки) на основі яких приймає рішення про наявність пожежі.

Використання мікропроцесорів у сповіщувачах дало змогу реалізовувати будь-які алгоритми роботи без зміни елементної бази, тобто спростило процес реалізації розробленого алгоритму роботи. Про необхідність на конструктивному або програмно-технічному рівнях коректувати рівень порогового значення спрацювання йшла мова в роботах [53, 54].

Автори аналізують шляхи побудови, програмування та використання інтелектуальних ПС на основі нечіткої логіки з високостабільними експлуатаційними характеристиками.

Розроблений алгоритм роботи теплового ПС, який дає змогу змінювати пороговий рівень спрацювання та враховувати зміну температури навколишнього середовища не лише від впливу кліматичних умов, але й від впливу роботи двигуна, представлений на рис. 4.1 [68].

При першому включенні ПС проводить самотестування працездатності основних своїх елементів, перевіряє наявність зв'язку з пожежним приймально-контрольним приладом. При виявленні несправності своїх елементів на виході сповіщувача формується електричний сигнал про несправність ПС. Якщо під час тестування не виявлено ніяких збоїв у роботі елементів ПС, про що нам буде сигналізувати, наприклад, світіння світлодіода певним кольором, то за допомогою пульта керування в пам'ять мікропроцесора записуємо час $\tau_{кор}$, через який здійснюється корекція значення температури спрацювання сповіщувача, максимальне значення температури і максимальну швидкість наростання температури навколишнього середовища об'єкта через роботу двигуна, тобто так звану робочу температуру $\theta^{\circ}_{роб}$ і швидкість зміни робочої температури $\theta'_{роб}$, які є більшими від температури та швидкості зміни температури навколишнього середовища $\theta^{\circ}_{сер}$ внаслідок впливу

кліматичних умов.

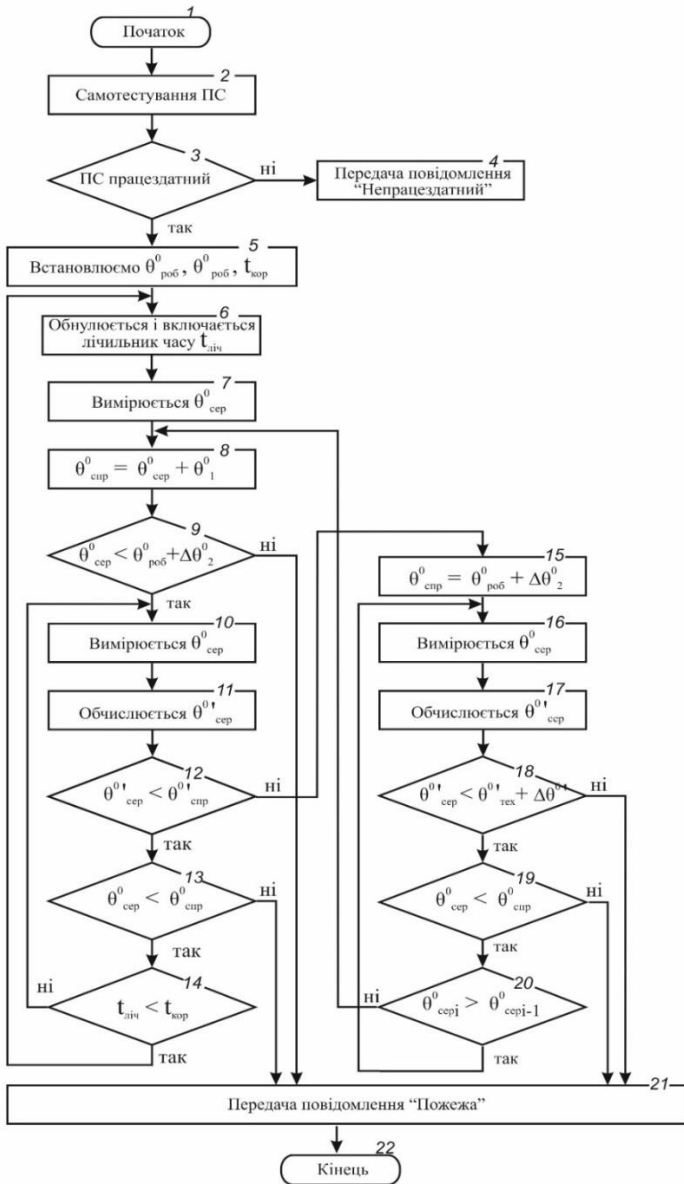


Рисунок 4.1 – Алгоритм роботи теплового ПС, який дає змогу змінювати пороговий рівень спрацювання

На наступному етапі обнулюються покази і вмикається лічильник часу (блок 6). Він необхідний для того, щоб можна було здійснити корекцію порогового значення рівня спрацювання ПС залежно від зміни температури внаслідок дії кліматичних умов.

Можна встановити, наприклад, щогодинну корекцію. Замість нього можна було б використати блок, в якому б аналізувалася швидкість зміни температури навколишнього середовища об'єкта і порівнювалася б із швидкістю зміни температури внаслідок дії кліматичних умов. В блоках 7 і 8 вимірюється значення температури навколишнього середовища об'єкта $\theta^{\circ}_{\text{сер}}$ і встановлюється порогове значення температури спрацювання ПС $\theta^{\circ}_{\text{спр}} = \theta^{\circ}_{\text{сер}} + \Delta \theta_1^{\circ}$ ($\Delta \theta_1^{\circ}$ – усталене значення температури, наприклад, тих самих 29° , яке зазначене в [48,49]). В блоці 9 порівнюється температура навколишнього середовища об'єкта з максимальною температурою, яка може бути у підкапотному просторі $\theta^{\circ}_{\text{мак}} = \theta^{\circ}_{\text{роб}} + \Delta \theta_2^{\circ}$ ($\Delta \theta_2^{\circ} < \Delta \theta_1^{\circ}$ і може дорівнювати, наприклад, тих самих 4°C , які зазначені в [48]). Якщо $\theta^{\circ}_{\text{сер}} > \theta^{\circ}_{\text{мак}}$, то на виході ПС формується сигнал “пожежа”. Якщо ж ні, то знову вимірюється значення температури навколишнього середовища об'єкта та обчислюється швидкість її зміни $\theta'^{\circ}_{\text{сер}}$ (блоки 10, 11).

В блоці 12 порівнюється значення швидкості зміни температури середовища $\theta'^{\circ}_{\text{сер}}$ із значенням швидкості зміни температури $\theta'^{\circ}_{\text{спр}}$, при якому спрацьовує ПС, наприклад, $\theta'^{\circ}_{\text{спр}} = 8^{\circ}\text{C/хв}$. Якщо $\theta'^{\circ}_{\text{сер}} < \theta'^{\circ}_{\text{спр}}$, то це означає, що двигун не працює, а $\theta^{\circ}_{\text{сер}}$ змінюється через вплив на ПС кліматичних умов. В блоці 13 порівнюється виміряне значення $\theta^{\circ}_{\text{сер}}$ та $\theta^{\circ}_{\text{спр}}$. Якщо умова $\theta^{\circ}_{\text{сер}} < \theta^{\circ}_{\text{спр}}$ не виконується, то тоді на виході ПС

формується сигнал “пожежа”. В цьому випадку ПС працює, як максимальний тепловий ПС, тобто швидкість зміни температури внаслідок пожежі є меншою за швидкість зміни температури спрацювання ПС, а значення $\theta^{\circ}_{\text{сер}}$ збільшується. Якщо умова $\theta^{\circ}_{\text{сер}} < \theta^{\circ}_{\text{спр}}$ виконується, то переходимо до блока 14, де порівнюється час роботи сповіщувача $t_{\text{ліч}}$ з часом, відведеним на зміну корекції порогового значення температури спрацювання ПС $t_{\text{кор}}$ внаслідок зміни температури навколишнього середовища під дією кліматичних умов. Якщо $t_{\text{ліч}} < t_{\text{кор}}$, то переходимо до блока 10 і знову – по циклу, якщо ж $t_{\text{ліч}} > t_{\text{кор}}$, то коригується значення порогового рівня спрацювання ПС. Коли умова $\theta^{\circ}_{\text{сер}} < \theta^{\circ}_{\text{спр}}$ не виконується, то на виході ПС формується сигнал “пожежа”.

Коли починає працювати двигун, температура на об’єкті змінюється дуже швидко ($\theta^{\circ}_{\text{сер}} > \theta^{\circ}_{\text{спр}}$). Переходимо до блока 15, де встановлюється максимальне значення порогу рівня спрощування ПС. В блоці 16 знову вимірюється значення $\theta^{\circ}_{\text{сер}}$, а в блоці 17 обчислюється значення похідної $\theta^{\circ}_{\text{спр}}$. В блоці 18 порівнюється значення $\theta^{\circ}_{\text{сер}}$ з $\theta^{\circ}_{\text{мак}}$, яке встановлюється більшим від $\theta^{\circ}_{\text{роб}}$ ($\theta^{\circ}_{\text{мак}} = \theta^{\circ}_{\text{роб}} + \Delta \theta^{\circ}_{\text{мак}}$). Якщо $\theta^{\circ}_{\text{сер}} > \theta^{\circ}_{\text{мак}}$, тоді на виході ПС формується сигнал “пожежа”, якщо ж ні, то переходимо до блока 19 (ПС починає працювати як максимальний сповіщувач), в якому порівнюється $\theta^{\circ}_{\text{сер}}$ з $\theta^{\circ}_{\text{спр}}$. При невиконанні умови $\theta^{\circ}_{\text{сер}} < \theta^{\circ}_{\text{спр}}$ на виході ПС формується сигнал “пожежа”. Якщо ж $\theta^{\circ}_{\text{сер}} < \theta^{\circ}_{\text{спр}}$, то через блок 20 переходимо до контролю температури навколишнього середовища. ПС працює в циклічному режимі. Блок 20 необхідний для контролю температури середовища. Якщо температура починає зменшуватися внаслідок зупинки двигуна, тобто $\theta^{\circ}_{\text{сер}i} < \theta^{\circ}_{\text{спр}i-1}$ (i – крок інтеграції), то

переходимо до блока 7.

Даний алгоритм роботи теплового пожежного сповіщувача, який змінює пороговий рівень спрацювання, дає змогу враховувати зміну температури навколишнього середовища та її швидкість зміни не лише від кліматичних умов, але й від режимів роботи двигуна.

4.4. Розробка принципової системи пасивної безпеки колісних транспортних засобів

Система пасивної безпеки колісних транспортних засобів відноситься до галузі протипожежної техніки і застосовується для запобігання виникненню пожеж на транспортних засобах шляхом застосування пристрою аварійного відключення електроенергії.

Ця система призначена для швидкого та безпомилково знеструмлення транспортного засобу, як в автоматичному та і в ручному режимі, в разі виникнення аварійної ситуації. До складу системи пасивної пожежної безпеки транспортного засобу входять автоматичний вимикач акумуляторної батареї, комбінований пожежний сповіщувач, блок ручного пуску, бортовий комп'ютер транспортного засобу (за наявності) та акселерометр. Подано загальний вигляд системи пасивної пожежної безпеки транспортного засобу (рис 4.2).

Технічний результат досягається швидким та безпомилковим знеструмленням транспортного засобу автоматичним вимикачем, що містить піропатрон, завдяки одночасному контролю за: температурою та станом середовища (задимлення) у підкапотному просторі комбінованим пожежним сповіщувачем; наявністю і рівнем експлуатаційних рідин, а також спрацюванням подушок

безпеки бортовим комп'ютером; граничною зміною прискорень транспортного засобу – акселерометром, а також забезпечується можливість ручного знеструмлення через блок ручного пуску.

Поставлена задача досягається тим, що система пасивної пожежної безпеки транспортного засобу, яка містить автоматичний вимикач акумуляторної батареї, що приводиться в дію за допомогою комбінованого пожежного сповіщувача, який знаходиться у підкапотному просторі, блоком ручного пуску, бортовим комп'ютером чи акселерометром. Причому автоматичний вимикач акумуляторної батареї реалізований піропатроном, який відсікає позитивний заряд акумуляторної батареї та генератора, які підключені паралельно, від бортової електромережі транспортного засобу.

На рисунку 4.2 подано загальний вигляд системи пасивної пожежної безпеки транспортного засобу.

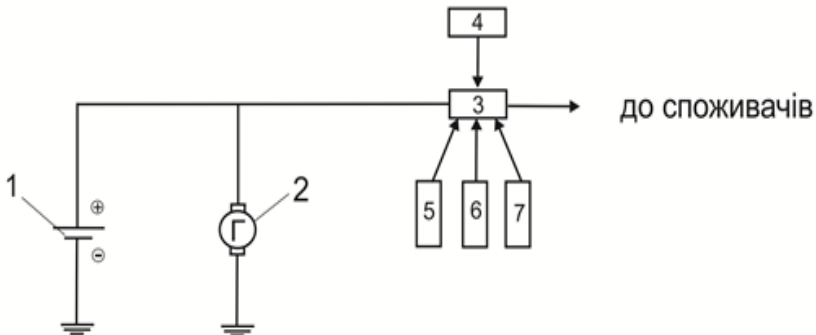


Рисунок 4.2 – Структурна система реалізації системи пасивної безпеки колісних транспортних засобів

Вихід плюса акумуляторної батареї 1 та генератора 2, які під'єднано паралельно, підключено до першого входу автоматичного вимикача електроенергії 3. До другого входу автоматичного вимикача електроенергії 3 підключено вхід комбінованого пожежного сповіщувача 4, якій розміщений у підкапотному просторі, до третього, четвертого та п'ятого входів автоматичного вимикача електроенергії 3 підключено виходи бортового комп'ютера 5, акселерометра 6 та блоку ручного пуску 7 відповідно. Вихід автоматичного вимикача електроенергії 3 з'єднано з усіма споживачами електроенергії транспортного засобу.

Запропонована система пасивної пожежної безпеки транспортного засобу працює наступним чином.

У випадку появи полум'я, диму чи (і) понаднормове зростання температури у моторному відсіку комбінований пожежний сповіщувач 4 формує сигнал та передає на вхід автоматичного вимикача електроенергії 3. Внаслідок цього активується піропатрон і відбувається відсікання позитивного потенціалу акумуляторної батареї 1 та генератора 2, які підключені паралельно.

Під час спрацювання будь якої подушки безпеки та (або) перевищення граничних значень робочих температур та (або) зменшення рівня експлуатаційних рідин, що може призвести то втрати керованості транспортного засобу, бортовий комп'ютер 5 формує тривожний сигнал та передає його на вхід автоматичного вимикача електроенергії 3, який знеструмлює транспортний засіб (у випадку, якщо це не передбачено функціями бортового комп'ютера, або це може програмуватися безпосереднього користувачем на реагування певної контрольованої ознаки).

Під час перевищення граничних значень прискорень транспортного засобу, які виникають внаслідок дорожньо-транспортної пригоди, наїзду на перешкоду, коли подушки безпеки за певних умов не спрацьовують, або взагалі відсутні, акселерометр 6 формує та передає сигнал на вхід автоматичного вимикача електроенергії 3 і відбувається знеструмлення транспортного засобу.

Окрім цього, якщо виникає необхідність, водій може в ручному режимі знеструмити транспортний засіб натиснувши на кнопку блока ручного пуску 7, який розташований на панелі приладів. При цьому блок ручного пуску формує та передає сигнал на вхід автоматичного вимикача електроенергії 3 і відбувається знеструмлення транспортного засобу.

Застосування запропонованої системи пасивної пожежної безпеки дозволить забезпечити швидке та безпомилкове знеструмлення транспортного засобу завдяки одночасному контролюванню температури та стану середовища (задимлення) у підкапотному просторі комбінованим пожежним сповіщувачем; наявність і рівень експлуатаційних рідин, а також спрацювання подушок безпеки бортовим комп'ютером, граничну зміну прискорень транспортного засобу акселерометром та забезпечує можливість ручного знеструмлення. Разом з тим, використання системи пасивної пожежної безпеки транспортних засобів усуне можливість спрацювання подушок безпеки при проведенні аварійно-рятувальних робіт з деблокування потерпілих.

Розроблена принципова система пасивної безпеки колісних транспортних засобів захищена патентом України на корисну модель №122357.

Також відомі випадки з'їзду колісних транспортних засобів, за різних причин (дорожньо-транспортна пригода, несправність, людський фактор тощо), у ріки, водоймища, що призводить до швидкого занурення транспортного засобу у воду, а також в наслідок затоплень, селі та паводків, коли рівень води може швидко зростати і сягати 1,5 м та більше. Це безумовно призводить до великих труднощів та зусиль для пасажирів вибратися з салону автомобіля при защебнутих пасках безпеки та неактивних автоматичних вікноопускачах, що нерідко призводить до людських жертв [126-128].

В основу поставлено завдання створити систему безпеки для запобігання затоплення колісних транспортних засобів яка спрацьовує як в автоматичному та і в ручному режимі.

Поставлена задача досягається тим, що система безпеки для запобігання затоплення колісних транспортних засобів яка містить два піропатрони та армовану пневматичну подушку, яка розміщена у днищі колісного транспортного засобу. Піропатрони приводяться в дію двома давачами води та блоком ручного пуску, який розміщений на панелі приладів колісного транспортного засобу. Причому один давач води розміщений у моторному відсіку висоті 10 см від нижнього краю кузова, а інший у багажному відділенні на висоті 10 см від нижнього краю кузова колісного транспортного засобу у спеціально відведених місцях, що унеможлиблює потрапляння води з дорожнього покриття під час руху транспортного засобу, але забезпечує спрацювання давачів, коли рівень води ззовні колісного транспортного засобу досягає відмітки 10 см від нижнього краю кузова. Причому пневматична подушка виконана з армованого матеріалу що захищає її від різного роду пошкоджень гострими предметами

для можуть знаходитися у водіймищі, зокрема це властиво під час селі. Для додаткового захисту армована пневмоподушка виконана з внутрішніми переділками, що забезпечує, спускання лише невеликого об'єму в разі її пошкодження (рис 4.3).

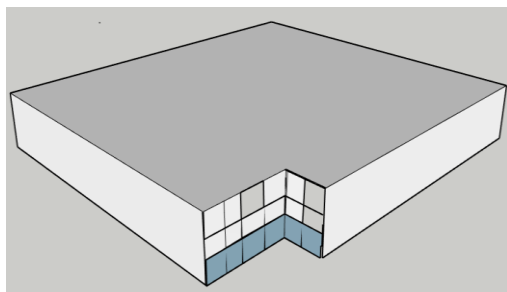


Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд розрізу пневмоподушки з внутрішніми переділками

На рисунку 4.4 подано загальний вигляд типового розміщення компонентів системи безпеки на колісних транспортних засобах.

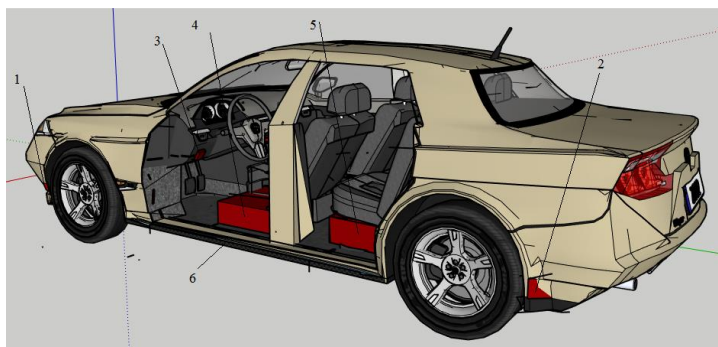


Рисунок 4.4 – Загальний вигляд типового розміщення компонентів системи безпеки на колісних транспортних засобах

Вихід датчиків рівня води 1 та 2 підключено до входів піропатронів 4 та 5, які під'єднано паралельно. Вихід блока ручного пуску 3, який розміщений на панелі приладів транспортного засобу підключено до входів піропатронів 4 та 5, вихід яких підключено входу армованої пневматичної подушки 6.

Запропонована системи безпеки для запобігання затоплення колісних транспортних засобів працює наступним чином (рис 4.4).

У випадку досягнення рівня води відмітки 10 см від нижнього краю кузова колісного транспортного засобу датчик рівня води 1 або 2 формують та передають сигнал на вхід піропатронів 4 та 5. В наслідок цього активуються піропатрони 4 та 5 і гази розкривають та наповнюють армовану пневмоподушку 6, яка розміщується під днищем транспортного засобу та забезпечує плавучість транспортного засобу.

Окрім цього, якщо виникає необхідність, водій транспортного засобу може в ручному режимі активувати армовану пневмоподушку 6 натиснувши на кнопку блока ручного пуску 3, який розмішений на панелі приладів транспортного засобу, при цьому блок ручного пуску формує та передає сигнал на вхід піропатронів 4 та 5 і гази розкривають та наповнюють армовану пневмоподушку 6, яка розміщується під днищем транспортного засобу та забезпечує плавучість транспортного засобу.

Застосування запропонованої системи безпеки для запобігання затоплення колісних транспортних засобів дозволить забезпечити вчасне та безпомилкове виявлення збільшення рівня води, швидке розгортання та надування армованої пневматичної подушки захищеної від пошкоджень та повного спускання, що в сукупності дозволить забезпечити безпеку пасажиром колісних транспортних засобів під час паводків, селі, повені чи потрапляння у відкритті водоймища за різних причин. Разом з тим, використання системи запобігання затоплення колісних транспортних засобів полегшить проведення пошукових та аварійно-рятувальних робіт з порятунку людей у вищенаведених надзвичайних ситуаціях.

4.5 Шляхи вдосконалення нормативної бази щодо підвищення ефективності протипожежного захисту колісних транспортних засобів

Відомо, що на величину наслідків від пожеж (травмування та загибель людей, матеріальні збитки) впливає ефективність системи протипожежного захисту. Найбільшого розповсюдження у наявних системах протипожежного захисту колісних транспортних засобів отримали переносні вогнегасники, норми обладнання яких наведено у [7, 8]. До недоліків вище згаданих нормативних документів [7, 8] можна віднести те, що вони не враховують класифікацію колісних транспортних засобів, яка регламентується [2], зокрема не передбачено укомплектування вогнегасниками колісних транспортних засобів категорії L. Також не передбачено використання автоматичних установок виявлення та гасіння

L	L ₁ , L ₂	КТЗ з двома (трьома) колесами, робочий об'єм двигуна яких – не більше 50 см ³ , а максимальна швидкість – не більше 50 км/год	відсутні	В П -1	відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	L ₃ , L ₄	КТЗ з двома (трьома) колесами, робочий об'єм двигуна яких – перевищує 50 см ³ , а максимальна швидкість – перевищує 50 км/год			відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	L ₅ , L ₆	КТЗ з трьома колесами, робочий об'єм двигуна яких – понад 50 см ³ , а максимальна швидкість – понад 50 км/год, маса не більше 400 кілограмів			відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	L ₇	КТЗ з чотирма колесами, крім тих, що належать до категорії L ₆ , маса яких не перевищує 400 кілограмів.			відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
M	M ₁	КТЗ, призначені для перевезення пасажирів, у яких кількість місць для сидіння, не більше восьми	В П -2	В П -2	відсутні	Рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	M ₂	КТЗ, призначені для перевезення пасажирів, у яких кількість місць для сидіння більше восьми, повною масою – не більше 5 тонн	В П -3	В П -5	відсутні	Рекомендується	відсутні	Не рекомендується

Пожежна небезпека колісних транспортних засобів

	М 3	КТЗ, призначений для перевезення пасажирів, у яких кількість місць для сидіння, не враховуючи місця водія, більше восьми, повною масою більше 5 тонн	В П -5	В П -9	відсутні	Рекомендується	відсутні	Рекомендується
N	N 1	КТЗ, призначені для перевезення вантажів, повна маса яких не більша за 3,5 тонн	В П -3	В П -5	відсутні	Рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	N 2	КТЗ, призначені для перевезення вантажів, повна маса яких більша за 3,5 тонни до 12 тонн	В П -5	В П -5	відсутні	Рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	N 3	КТЗ, призначений для перевезення вантажів, повна маса якого понад 12 тонн	В П -9	В П -9	відсутні	Рекомендується	відсутні	Рекомендується
O	O 1, O 2, O 3, O 4	причіпні транспортні засоби повною масою не більше за 0,75 тонни, 3,5 тонни, 10 тонн та понад 10 тонн відповідно	відсутні ВП-3 ВП-5 ВП-9	В П -2	відсутні		відсутні	Не рекомендується

Згідно з [113] Україна стала договірною стороною Женевської Угоди 1958 року і заявила про намір застосовувати на своїй території правила Європейської економічної комісії ООН, що є додатком до Женевської Угоди 1958 року і містять згадані технічні приписи. Дані правила регламентують питання, які стосуються колісних

транспортних засобів, їх обладнання та частин за критеріями екологічності, енергоефективності та безпеки, в тому числі і пожежної.

Враховуючи вищесказане необхідно приводити українське законодавство у відповідність до європейського.

Даний стандарт поширюється на легкові автомобілі, двигун яких працює на рідкому паливі. Заявку на офіційне затвердження типу транспортного засобу відносно запобігання небезпеки виникнення пожежі надається підприємством-виробником транспортного засобу або його уповноваженим представником, з переліком відповідних документів. Кожному офіційно затверженому типу транспортного засобу привласнюють номер офіційного затвердження на видному та легкодоступному місці, вказаному в реєстраційній картці офіційного затвердження, а також міжнародний знак офіційного затвердження зазначеного у стандарті вірця. Знак офіційного затвердження поміщають поруч із табличкою, що прикріплює підприємство-виробник, на якій наведено характеристики транспортного засобу.

Даний стандарт визначає вимоги до системи живлення, зокрема система живлення повинна бути сконструйована, виготовлена і встановлена таким чином, щоб її елементи могли протистояти явищам корозії зсередини і зовні. Паливопроводи, а також будь-які інші частини системи живлення повинні розміщуватися на транспортному засобі по мірі можливості в захищених місцях. Явища скручування і вигину, а також вібрація каркаса транспортного засобу або двигуна не повинні викликати тертя, стиснення або інших ненормальних впливів на елементи системи живлення. З'єднання м'яких і гнучких трубопроводів з жорсткими

частинами елементів системи живлення повинні бути сконструйовані і виконані таким чином, щоб зберігалася їх герметичність в різних умовах використання транспортного засобу, незважаючи на явища скручування або вигину, а також на вібрацію каркаса транспортного засобу або двигуна. Паливний (і) бак (и) не повинен (ні) розташовуватися в салоні або складати якусь із його перегородок. Для відділення салону від паливного (их) бака (-ів) має передбачатися перегородка. Вона повинна витримувати протягом 2 хв вплив вільного полум'я палаючого бензину, якщо вона поміщена горизонтально в 20 см над рівнем рідини. Перегородка може мати відповідні отвори (наприклад, для пропуску проводів) за умови, що вони влаштовані таким чином, щоб паливо не могло вільно витікати в салон. Паливний бак повинен бути міцно укріплений і встановлений таким чином, щоб забезпечувався витік з транспортного засобу на землю палива, яке може витекти з бака, його наливної горловини і з'єднань. Бак і пов'язане з ним допоміжне обладнання повинні бути виготовлені і встановлені таким чином, щоб вони не могли заряджатися статичною електрикою від транспортного засобу. Наливна горловина не повинна перебувати ні в салоні, ні в багажнику, ні в моторному відсіку. Якщо наливна горловина розташована на бічній стороні транспортного засобу, то пробка в закритому положенні не повинна виступати над прилеглою поверхнею кузова. Паливо, яке може пролитися при наповненні паливного (их) бака (ів), не повинно потрапляти на систему вихлопу. Воно повинно відводитися на опорну поверхню КТЗ.

Електричні дроти повинні кріпитися до корпусу або до стінок транспортного засобу, поблизу яких вони проходять, за винятком проводів, розташованих усередині порожнистих

елементів. В місцях проходження через стінки проводи повинні бути в достатній мірі захищені від ушкодження ізоляції. Електрообладнання повинне бути сконструйоване, виготовлено та встановлено таким чином, щоб його елементи могли протистояти явищам корозії. Місця під'єднання провідників до рівнемірів палива повинні бути надійно ізольовані і не допускати появи іскріння. Ізоляційний матеріал бортових електромереж повинен бути виконаний з важкогорючого матеріалу. Контактні з'єднання провідників повинні бути надійно ізольовані від корпусу автомобіля. Забороняється монтаж додаткового електрообладнання, яке не передбачено заводом-виробником. Магістральні електропроводи повинні обдуватися потоком повітря з повітропроводів з метою їх охолодження.

Повний опис вищевказаного нормативного документа наведено у додатку.

4.6 Висновки:

1. Аналіз нормативної бази показав, що на сьогодні не існує нормативно-правових актів та документів, які б вимагали від виробників обладнувати КТЗ системами виявлення і гасіння пожеж під час їх експлуатації. Також відсутня нормативна документація на їх проектування. Встановлено, що переносні вогнегасники, які використовуються на КТЗ, нерідко є малоефективними під час гасіння пожеж;

2. Науково обґрунтовано вихідні дані та розроблено схемні рішення пристрою для аварійного відключення електроенергії у бортовій електромережі

колісних транспортних засобів, яка захищена патентом України на корисну модель №122357.

3. Науково обґрунтовано вихідні дані та розроблено схемні рішення системи для запобігання затоплення колісних транспортних засобів. Запропоновано типові місця розміщення компонентів даної системи на транспортному засобі.

4. Розроблено проект доповнень до постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97р. № 1128 «Про забезпечення колісних транспортних засобів первинними засобами пожежогашіння».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ:

1. За результатами аналізу статистики пожеж на колісних транспортних засобах виявлено, що у світі щорічно відбувається понад 1 млн. пожеж на колісних транспортних засобах, на яких гине 2,8-3 тис. людей, а матеріальні збитки щороку перевищують 1 млрд. дол. США. За останні п'ятнадцять років в Україні виникло понад 50 тис. таких пожеж, внаслідок яких загинуло 546 осіб та завдано лише прямих матеріальних збитків на суму близьку 1 млрд. грн. Найчастіше горять пасажирські транспортні засоби, зокрема легкові автомобілі, автобуси та тролейбуси (68,1%; 6,6% і 0,5% відповідно від загальної кількості таких пожеж). Основними причинами пожеж колісних транспортних засобів під час їх експлуатації є іскріння або коротке замикання бортових електромереж; порушення герметичності паливної системи. За даними Федерального агентства з надзвичайних ситуацій США (FEMA), найчастіше пожежі колісних транспортних засобів виникали у моторному відсіку – 62%.

2. На підставі аналізу національних та міжнародних нормативних документів з питань розробок систем забезпечення пожежної безпеки колісних транспортних засобів висунуто ідею, що шляхами підвищення ефективності протипожежного захисту є удосконалення систем запобігання і реагування на виникнення горіння у підкапотному просторі, а також нормативно-правових актів у цій сфері.

3. Із застосуванням математичного моделювання електротеплових процесів бортових електромереж, викликаних іскровими розрядами, виявлено квадратичну залежність зміни температури нагріву мідних провідників T °C

від їх діаметра d , мм та проміжку часу від початкової температури t , с, яка описується залежністю виду $T=1421,51-830,86d-2127,5t+134,3d^2+437,85dt+1536,46t^2$, при цьому енергія, яка виникає при іскровому розряді у бортовій електромережі колісних транспортних засобів, може перевищувати значення 10 Дж, що достатньо для джерела займання газоповітряного горючого середовища у підкапотному просторі колісних транспортних засобів;

4. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що у контурі бортової електромережі колісних транспортних засобів з провідником площею поперечного перерізу 1 мм^2 струм короткого замикання сягає 59 А і він здатний нагріти цей провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу (понад $355 \text{ }^\circ\text{C}$) за 25 с, а у випадку площі поперечного перерізу провідника $2,5 \text{ мм}^2$ величина струму короткого замикання досягає 65 А і він здатний нагріти провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу за 180 с.

5. На підставі експериментальних досліджень, проведених згідно з вимогами ГОСТ 12.1.044-89, встановлено, що ізоляційний матеріал на основі полівінілхлориду, який найчастіше використовується у бортових електромережах колісних транспортних засобів, відноситься до горючих середньої займисті, що обумовлює можливість його займання за умов виникнення іскріння або струмів короткого замикання та струмового перевантаження для мідних провідників з діаметром меншим за 2,5 мм.

6. Науково обґрунтовано вихідні дані та розроблено схемні рішення пристрою для аварійного відключення електроенергії у бортовій електромережі колісних транспортних засобів, яка захищена патентами України на

корисну модель №122357, а також розроблено схемні рішення системи для запобігання затоплення колісних транспортних засобів. Запропоновано типові місця розміщення компонентів даної системи на транспортному засобі.

7. Розроблено проект доповнень до постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97р. № 1128 «Про забезпечення колісних транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння».

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А		Л	
Автомобільний транспорт	10, 46,47	Легковий автомобіль	31, 50
Акумуляторна батарея	78, 126,137	Лакофарбове покриття	41
Автобус	23, 24, 26	М	
Аварійний режим	43, 87	Модуль пожежогасіння	125, 127
Б		Моторний відсік	25, 37, 43, 78
Бортова електромережа	11	Н	
Блок двигуна	86	Напруга	65, 67, 69, 79, 80
Багажний відсік	21, 121, 144	О	
Блок живлення	127	Опір	44, 47, 53, 57, 61, 63, 38
Бензин	34, 37, 146	Охолоджуюча рідина	
В		П	
Вантажний автомобіль	31,50	Провідник	44, 47, 53, 54, 57, 58
Вогнегасник	52, 141	Перенавантаження	20, 25, 53, 57, 87, 97
		Пожежний приймально-контрольний пристрій	127, 128

	Г			С
Генератор	25, 77, 87, 138			
Гасіння	141, 147	Сповідувач	125, 126, 129, 130	
	Д	Самозаймання	40, 56, 84, 97, 104, 105, 106	
Дорожньо- транспортна пригода	21, 48, 140	Струм	37, 42, 44, 45, 47, 62, 77	
Дослідний зразок	94	Система пасивної безпеки	137, 138, 141, 147	
	Е	Система протипожежно го захисту	13, 16, 49, 53, 141	
Енергія	68,72,105,1 47	Стартер	44, 80,	
Електро- обладнання електромережа	26,42,43,44, 56,146,147 8,9,56,63,78			Т
	З	Термо- перетворювач трансформатор	90, 91, 97, 111 108, 110, 111	
				К
Займистість	24, 27, 35, 36, 46, 77	Контур	58, 63, 65, 69, 71	
	І	Конденсатор	42	
		Коротке замикання	20, 44, 149	
Іскровий розряд	55, 62, 82, 87	Контакти	77	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Закон України № 233/94-ВР від 10.11.1994 р. Про транспорт: за станом на 13.05.2010 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2010. – 15с. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Закон України № 3492-IV від 23.02.2006 р. Про автомобільний транспорт: за станом на 04.07.2013 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во., 2013. – 69с. – (Бібліотека офіційних видань).
3. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання: ДСТУ 3649:2010. – [Чинний від 2010-12-11] – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 32 с. – (Національний стандарт України).
4. Закон України № 2953-ХІІ від 28.01.1993 р. Про дорожній рух: за станом на 04.07.2013 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2013. – 32с. – (Бібліотека офіційних видань).
5. Кодекс цивільного захисту України: за станом на 01.04.2014р./ Верховна Рада України. – Офіц. Вид. – К: Парлам. в-во, 2014. –132 с. – (Бібліотека офіційних видань).
6. ПКМУ №1306 від 10.10.2001р. «Про правила дорожнього руху»
7. ПКМУ № 394 від 03.09.2009р. «Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 8 жовтня 1997 р. № 1128 і від 10 жовтня 2001 р. № 1306».
8. Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України: НАПБ В.01.054-

- 98/510. – [Чинний від 1999-04-01] – К.: Мінтранс України, 1999. – 32 с. (Нормативний акт пожежної безпеки).
9. Про затвердження правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників (затверджені наказом МВС України від 15.01.2018 №25, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 23.02.2018 за №225/31677).
 10. Пожежна техніка. Терміни та визначення: ДСТУ 2273 – [Чинний від 2006-01-01] – К.: Мінтранс України, 2006. – 31 с. (Державний стандарт України).
 11. Пожар в автомобиле: как установить причину? / Булочников Н.М. Зернов С.И., Становенко А.А., Черничук Ю.П., – М: «ФЛИГИСТОН», 2006. – 224 с.
 12. Исхаков Х.И. Пожарная безопасность автомобиля / Исхаков Х.И., Пахомов А.В., Каминский Я.Н. – М: Транспорт, 1987. – 86 с.
 13. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах – М.: Энергоиздат, 1984. – 183 с.
 14. Автомобильные подогреватели и отопители. // Полезные страницы, выпуск №9, М., За рулем, 2001. 198–205 с.
 15. Засоби транспортні дорожні. Типи. Терміни та визначення: ДСТУ 2984-95 [Чинний від 1996-01-01] – К.: Мінтранс України, 1996. – 31 с. (Державний стандарт України).
 16. Современные отечественные и зарубежные установки пожаротушения автотранспортных средств: Обзорная информация/ Литвинов В.А., Быстров Ю.В., Смирнов В.И. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1989, вып. 1.
 17. U.S. Fire Administration's (USFA) Topical Fire Report Series Volume 13, Issue 11 / January 2013.

18. Кузык Б.Н. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике / Б.Н. Кузык, Ю.В., Яковец М.: Институт экономических стратегий, 2007. – 400 с.
19. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей / В.Ф. Крутнев, В.Ф. Каменев // Конверсия в машиностроении. 1997. – С.73 – 79.
20. Евдокимов А.А. Высокие технологии, водородная энергетика, платиновые металлы: сборник документов и материалов традиционного «круглого стола», посвященного Дню космонавтики. МИРЭА, 12 апреля 2005 года / А.А. Евдокимов – Моск.гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики. – М.: АСМИ, 2005. – 288с.
21. Ажажа В.М. Материалы для хранения водорода. Анализ тенденций развития на основе данных об информационных / В.М. Ажажа, М.А. Тихоновский, А.Г. Шепелев. // Вопросы атомной науки и техники. – 2006. –№1. – С. 23 – 27.
22. Fires of passenger cars in Poland [Электронный ресурс] режим доступа за посиланням:
<http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=fires%20of%20passenger%20cars%20in%20poland&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCkQFjAA&url=http://yadda>
23. Офіційний сайт Національної асоціації протипожежної служби США (National Fire Protection Association. The authority on fire, electrical and building safety) [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.nfpa.org>
24. Офіційний сайт Центру пожежної статистики (СТІФ, International association of fire and rescue service) [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.ctif.org>

25. Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681-94 [Чинний від 1995-01-01] – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с. – (Державний стандарт України).
26. Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин. Л.: «Львівська політехніка», 2000. – С. 48-51.
27. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-89 [Чинний від 1991-01-01] – М.: *Стандартиформ*, 2006. – 85 с. – (Государственный стандарт)
28. Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування: ДСТУ 4809:2007 [Чинний від 2008-01-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – С. 15. (Національний стандарт України).
29. Пластмассы и эбонит. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра ГОСТ 24621-91 [Чинний від 01.01.93] – М.: *Комитет стандартизации и метрологии*, 1991. – С. 8 – (Государственный стандарт)
30. Підгородецький Я.І. Автомобільні транспортні засоби. Основи конструкції / Я.І. Підгородецький, М.І. Сичевський, А.М. Домінік // – Л.: ЛДУ БЖД, 2013. – 316 с.
31. Семерак М.М. Определение и анализ погрешности от нагрева термометров сопротивления измерительным током. / М.М. Семерак, М.М. Процевят, А.С. Дячишин // В кн.: Термомеханические процессы в кусочно-однородных элементов конструкций. Сб. науч. Тр. Киев, Наук. думка, 1978. – с.146 – 150.
32. В.С. Перхач Математичні задачі електроенергетики. Видання 2-е, перероб. і доповн. – Львів. Вища школа. Видавництво при Львів. Ун-ті. 1982 – 380 с.

33. Теоретические основы измерения нестационарной температуры.- 2-е изд. Перераб.– Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд. 1990. – 256 с.: ил. ISBN 5-283-04474-2.
34. Электрические схемы VW Passat [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://viamobile.ru/page.php?id=78>
35. Гудим В.І. Аналіз систем та агрегатів автотранспортних засобів за рівнем пожежної небезпеки / В.І. Гудим, А.Ф. Гаврилюк // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУБЖД, 2013. – №23. – С. 58 – 63.
36. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967.– 600 с.
37. Величко Л.Д. Термодинаміка та теплопередача в пожежній справі / Л.Д. Величко, Р.Я. Лозиський, М.М. Семерак // . – Львів: Вид-во: «СПОЛОМ», 2011. – 504 с.
38. Абраменко І.Г. Проблеми вибухобезпечності електричних кіл освітлювальних установок / І.Г. Абрамов, В.Ф. Рой, Н.Г. Бурма // Світлотехніка та електроенергетика: Міжнародний науково-технічний журнал ХНАМГ. – №1. – Харків : ХНАМГ, 2011. –60-64.
39. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок.– М.:ООО «Кабель», 2009. – 328 с.
40. Семерак М.М. Дослідження режимів нагрівання провідників електричним струмом / М.М. Семерак, В.І. Гудим, О.М. Коваль // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Львів: ЛДУ БЖД, 2006. – №8. – С.73-79.
41. Гудим В.І. Моделювання нестационарних електротеплових процесів в побутових електромережах / В.І. Гудим, М.М. Семерак, О.М. Коваль // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Львів: ЛДУ БЖД, 2006. – №9. – С.142-147.

42. Мисюкевич Н.С. Автоматизация предотвращения пожаров кабельных сооружений и электрических проводок // автореф. дисс.к.т.н., МИПБ МВД РФ, 1998 г.
43. L. Makovicka Fire of personal motor vehicle /L. Makovicka J. Svetlik// *Vadania i rozwoj* №3, 2007. – p. 117 – 121.
44. Системи протипожежного захисту ДБН В.2.5-56:2010 [Чинний від 2011-10-01] – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 137 с (Державні будівельні норми України).
45. Пожежна техніка. Проектування, монтування та експлуатація установок автоматичних аерозольного пожежогасіння ДСТУ 4490:2005 [Чинний від 2006-07-01] – Київ: Держспоживстандарт України, 2006. – 18 с. (Державний стандарт України).
46. Пожарная техника. Классификация пожаров ГОСТ 27331-87 [Чинний від 01.01.1988] – М.: Государственный комитет по стандартам, 1987. – 15 с. – (Государственный стандарт).
47. Кушнір А.П. Автоматичні сповіщувачі систем пожежної сигналізації – Л: ВОНДРВР ЛДУ БЖД, 2012. – 188 с.
48. Системи пожежної сигналізації. Частина 1. Вступ (EN 54-1:1996, IDT) : ДСТУ EN 54-1:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 8 с. – (Національний стандарт України).
49. В. Баканов. Особливості вибору, застосування та побудови теплових пожежних сповіщувачів. Частина 1 / Баканов В. // Пожежна безпека: Науково-технічний журнал. – Київ, 2011. – № 7. – С. 34-36.
50. Системи пожежної сигналізації. Частина 5. Сповіщувачі пожежні теплові точкові (EN 54-5:2000, IDT) : ДСТУ EN 54-5:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 36 с. – (Національний стандарт України).
51. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина

14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, введення в експлуатацію, експлуатування і технічного обслуговування (CEN/TS 54-14:2004, IDT) : ДСТУ-Н CEN/TS 54-14:2009. – [Чинний від 2010-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 57 с. – (Національний стандарт України).
52. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации / Шаровар Ф.И. – М.: Стройиздат, 1985. – 165 с.
53. Себенцов Д. А. Дымовой? Тепловой? Комбинированный? Проблема выбора типа пожарного извещателя для вашего объекта / Д. А. Себенцов // Алгоритм безопасности. – 2005. – № 5. – С. 50 – 57.
54. Яцишин С.П. Інтелектуальний пожежний сповіщувач із самовідновлюваними характеристиками / С.П. Яцишин, І.П. Микитин // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів : ЛДУ БЖД, 2011. – № 18. – С.178 – 182.
55. Смелков Г.И. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах / Г.И. Смелков, А.А. Александров, В.А. Пехотников // – Москва: Энергоиздат, 1980 С.38 – 42.
56. Гудим В.І. Дослідження теплового випромінювання під час пожеж / В.І. Гудим, А.Ф. Гаврилюк // Актуальні проблеми технічних та соціально-гуманітарних наук у забезпеченні діяльності служби цивільного захисту: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції– Ч.1, 4-5 квітня 2013. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. – С. 70 – 72с.
57. Лабай В.Й. Дослідження та шляхи зменшення теплового випромінювання під час пожеж / В.Й. Лабай, В.І. Гудим, А.Ф. Гаврилюк // Теорія та практика будівництва: Зб.наук. пр. – Л.: НУ «ЛП», 2013.-№755.-ст. 221 – 226.

58. Гаврилюк А.Ф. Дослідження температурного поля утвореного випромінюванням полум'я пожежі / А.Ф. Гаврилюк, В.І. Гудим // XII Міжнародний виставковий форум «Технології захисту 2013»: Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників, 24-25 вересня 2013. – м. Київ 2013. – с. 91 –93.
59. Гаврилюк А.Ф. Пожежонебезпечні режими електрообладнання автотранспортних засобів / А.Ф. Гаврилюк, В.І. Гудим // Сучасні проблеми електропостачання промислових та побутових об'єктів: Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції викладачів, аспірантів і студентів, 17-18 жовтня 2013. – м.Донецьк: ДНТУ, 2013. – с. 31 – 33.
60. Гудим В.І. Аналіз ізоляції електропровідників бортових мереж автомобілів за рівнем пожежної небезпеки / В. І. Гудим, А. Ф. Гаврилюк, // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 6-7 грудня 2013 – м. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. – с. 118 – 120.
61. В.І. Гудим. Теплові стани електрообладнання автотранспортних засобів з точки зору пожежонебезпеки // В. І. Гудим, А. Ф. Гаврилюк // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 6 грудня 2013 – м. Харків: НУЦЗ, 2013 с. 14 – 15.
62. В.І. Гудим Аналіз систем та агрегатів автотранспортних засобів за рівнем пожежної небезпеки / В. І. Гудим А. Ф. Гаврилюк // Пожежна безпека: Зб.наук. пр. – Л.: ЛДУ БЖД, 2013. – №23. – с. 58 – 63.

63. А. Ф. Гаврилюк Экспериментальное определение пожарной опасности изоляционных материалов бортовых электросетей транспортных средств /А. Ф. Гаврилюк, В. И. Гудым, В. Л. Петровский// Вестник Командно-инженерного института МЧС республики Беларусь: Зб.наук. тр. – 2014. – №1 (19). – С. 32 – 37.
64. А.Ф. Гаврилюк Обоснование необходимости разработки технических средств для предотвращения пожаров на автотранспорте / А.Ф. Гаврилюк, В.И. Гудым, А.П. Кушнир // Вестник Кокшетауского технического института министерства по чрезвычайным ситуациям республики Казахстан: Сб.наук. тр.– 2014. – №1 (13). – С. 55 – 63.
65. A.F. Gavrilyk The schematic diagrams of implementation of the technical means for extinguishing fires in the vehicles // A.F. Gavrilyk, V.I. Hudum // Proceedings X International Conference “Strategy of Quality in Industry and Education” jone 6-13 2014. – Varna, Bulgaria, 2014 y. 41-45.
66. Гаврилюк А.Ф. Принципова схема реалізації технічних засобів для гасіння пожеж на транспортних засобах / А.Ф. Гаврилюк, В.І. Гудим // XIII Міжнародний виставковий форум «Технології захисту 2013»: Матеріали XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників, 23-24 вересня 2014. – м. Київ 2014, с. 70 – 73.
67. Гаврилюк А.Ф. Теоретичне обґрунтування вибору пожежних сповіщувачів систем запобігання пожеж на автотранспорті / А.Ф. Гаврилюк, А.П. Кушнір // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 9-10 жовтня 2014 – м.Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2014, с. 102 – 104.

68. Кушнір А.П. Алгоритм роботи теплового пожежного сповіщувача із змінним пороговим рівнем спрацювання / А.П. Кушнір, І.П. Кравець, А.Ф. Гаврилюк // Пожежна безпека: Зб.наук. пр. – Л.: ЛДУ БЖД, 2014. – №25. – с. 62 – 68.
69. Гудим В.І. Дослідження нестационарних процесів нагрівання ізолюваних провідників електромереж транспортних засобів при дії миттєвих теплових імпульсів / В.І. Гудим, М.М. Семерак, А.Ф. Гаврилюк // Пожежна безпека: Зб.наук. пр. – Л.: ЛДУ БЖД, 2015.– №26.– с. 53 – 58.
70. Гаврилюк А.Ф. Дослідження режимів нагрівання провідників бортових електромереж автотранспортних засобів струмами короткого замикання / А.Ф. Гаврилюк, В.І. Гудим, О.Б. Назаровець, // Науковий Вісник НЛТУ: Зб.наук. пр. – Л.: РВВ НЛТУ України, 2015. – №25.4 – ст. 133-138.
71. Пат. на корисну модель 96827 Україна, МПК (2006.01), А62С 3/07. Установа пожежогасіння колісних транспортних засобів / А.Ф. Гаврилюк, В.І. Гудим, А.П. Кушнір. № у 2014 06369; заявл. 10.06.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. №4. – 4 с.
72. Пат. на корисну модель 97008 Україна, МПК (2006.01), А62С 3/07. Спосіб передачі оперативного повідомлення про виникнення пожежі транспортних засобів / А.Ф. Гаврилюк, В.І. Гудим, А.П. Кушнір. № у 2014 10461; заявл. 24.09.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. №4. – 4 с.
73. Белорусов Н.И., Электрические кабели, провода и шнуры / Белорусов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. // – М.: Энергоиздат, 1987. – 420 с.
74. Кошмаров Ю.А. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле/ Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П., Романенко П.Н. // – М.: «Энергия», 1977. – 415 с.

75. Исследование причин возгорания автотранспортных средств/ Колмаков А.И., Зернов С.И., Богатищев А.И. и др. // Монография М.: ГУ ЭКЦ МВД РФ, 2001г., – 120 с.
76. Корнеенко Л.П., Автомобиль. Пожарная опасность. Причины пожаров. Источники зажигания. Топливо. Электрооборудование. Исследование пожаров./ Л.П. Корнеенко, Г.Т. Ерушов, А.А. Прохоров / Отчет ИПЛ УПО ГУВД г. Москвы, 1982. 28 с.
77. Каликин В.И. Зажигание полимерных материалов электрическим разрядом / В.И. Каликин., В.С. Борисов // Сборник ВНИИПО МВД СССР, Пожарная профилактика в электроустановках, 1989. 215 с.
78. Маковкин А.В. Проведение экспериментальных исследований по установлению причинно-следственной связи аварийных процессов в электросети с возникновением пожара / А.В. Маковкин, В.Н. Кабанов, В.М. Струков. // – М.: ВНИИ МВД СССР, 1990. – 65 с.
79. Офіційний сайт Центру пожежної статистики (СТІФ, International association of fire and rescue service): Режим доступу: <http://www.ctif.org/ctif/about-ctif>
80. Fire Statistics [Electronic resource] – <http://www.usfa.fema.gov/statistics/>
81. Кротеев А.С. Прспективы использования водорода в транспортных средствах / А.С. Коротеев, В.В. Миронов, В.А. Смоляров // Альтернативная энергетика и экология. – 2004. – №1. – С. 5-13.
82. Грамолин А.В. Топливо, масла, смазки, жидкости и материалы для эксплуатации и ремонта АТС. / Грамолин А.В, Кузнецов А.С // – М.: «Машиностроение», 1995., –130 с.

83. Синицын А.К. Масла, смазки, технические жидкости и материалы для Вашего АТС. – М.: Литограф, 2000., – 112 с.
84. Цветное руководство по ремонту, техническому обслуживанию и эксплуатации АТС ВАЗ-2106, ВАЗ-21061, ВАЗ-21063, ВАЗ-21065, ВАЗ-21065-01, ВАЗ-2103, ВАЗ-21033, ВАЗ-21035. – М.: «Третий Рим», 1998.
85. Калитвянский В.И. Общие закономерности теплового старения полимерных диэлектриков / М: Электричество. – 1955. – № 5. – С.14-18.
86. Котов Г.В. Прикладная термодинамика. – Минск.: КИИ МЧС РБ, 2004. – 422 с.
87. Мищенко С.М. Шляхи підвищення ефективності протипожежного захисту колісних транспортних засобів / С.М. Мищенко, А.В. Антонов // Науковий вісник УкрНДПБ.– Київ: УкрНДПБ, 2008. – №2 (18). С. 131–138.
88. Абрамчук Ф.І. Методика визначення електричних величин системи іскрового запалювання ДВЗ / Ф.І. Абрамчук, О.М. Кабанов, Д.В. Швидкий // Автомобільний транспорт: Зб.наук. пр.– Харків.: , 2013. – №33. – с. 67 – 70.
89. Пойда А.Н. Электронные устройства двигателей внутреннего сгорания. Ч 1. Системы зажигания: учебн. Пособие /А.Н. Пойда. – К.: ИСИО, 1993. – 88 с.
90. Абраменко І.Г. Проблеми вибухобезпечності електричних кіл освітлювальних установок / І.Г. Абраменко, В.Ф. Рой, Н.Г. Бурма // Світлотехніка та електроенергетика: Зб.наук. пр. – Харків.: , 2011.– №3.– с. 60 – 64.
91. Дец М.М. Дослідження ефективності використання моторних мастил в Україні і світі / М.М. Дец, Г.Г. Бурлака // Катализ и нефтехимия: Сб. нач. тр.– Киев: – 2000. – №5-6. – с.51 – 54.

92. Chen Xiaojun, Yang Lizhong, Deng Zhihua, Fan Weicheng. A multi-layer zone model for predicting fire behavior in a fire room, *Fire Safety Journal* 40 (2005). – P. 267 – 281
93. Сарiogло Д.П. Установление причины пожаров на автотранспортных средствах / Криминалистика и судебная экспертиза. – Выпуск №65, 2009. – 182 – 192 с.
94. Кревський М.О. Пожежонебезпечні властивості теплозвукоізоляційних матеріалів, які застосовуються на тролейбусі Богдан – Т 601.11 виробництва ВАТ «Луцький автомобільний завод» / М.О. Кревський, К.В. Романчук, О.В. Новак // Науковий вісник УкрНДПБ: Зб.наук. пр. – Київ:, 2010. – №2 (22).– с. 177 – 179.
95. Fire Protection Research Foundation Research Advisory Council on Transportation Vehicles, “Fire and Transportation Vehicles- State of the Art: Regulatory Requirements and Guidelines- A White Paper,” Fire Protection Research Foundation, Quincy, MA, October., 2004.
96. M. Spearpoint, S. M. Loenick, J.L. Torero, and T. Steinhaus, “Ignition Performance of New and Used Motor Vehicle Upholstery Fabrics,” *Fire and Materials*, 29, 265-282 (2005).
97. Каликин В.И., Зажигание полимерных материалов электрическим разрядом / В.И Каликин, В.С. Борисов // Сборник ВНИИПО МВД СССР, Пожарная профилактика в электроустановках, 1989. – с 215.
98. Боков Г.В. Выбор источника питания при исследованиях короткого замыкания в электропроводах // Пожарная безопасность в электропроводах, М.: ВНИИПО МВД РФ, 1981. с – 128-135.
99. Исследование медных проводов в зонах короткого замыкания однопроводной сети / Граненков Н.М.,

- Дюбаров Г.А., Трутнев В.Ф., Чиликин М.В. // Пожаровзрывобезопасность №4,1993.– с. 25-27.
- 100.Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей / Акимов С.В., Чижков Ю.П. // – М.: «За рулем», 2001. – с. 384.
- 101.Исследование причин возгорания автотранспортных средств / [Колмаков А.И., и др.] Монография М.: ГУ ЭКЦ МВД РФ, 2001.– с. 120.
- 102.Рябчинский А.И. Пассивная безопасность автомобиля. – М.:Транспорт. 1983.– с. 112.
- 103.Seweri derwyn/ Automotive collesion fires.-Pros. Stapp. Ca./ Grash Conf., Ann Arber., 1974.Warrendale. Pa.1974. P. 113 – 1999.
- 104.Масино М.А. Автомобильные материалы: Справ, инженера-механика. / М.А. Масино, В.Н.Алексеев, Г.В. Мотовилин // – М.: Транспорт, 1979. 75. МГСП 5.01-94. Стоянки легковых автомобилей.
- 105.Исследование горения автомобилей //Нэмура С: перевод с японского. ВЦП Г-514. – М.:1981. – 17 с.
- 106.Автомобильные транспортные средства / [Великанов Д.П. Бернацкии В.И., Нифонтов Б.Н., Плеханов И.П] // -М.: Транспорт, 1977. – с. 326.
- 107.Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять ДСТУ 2825-94 [Чинний від 1995-01-01] – К.: Держстандарт України, 1994. – 22 с (Державний стандартУкраїни).
- 108.Гудим В.І. Діагностика стану з'єднань в електричних мережах шляхом контролю перехідних опорів / В.І. Гудим, Г.П. Столярчук, Ю.І. Рудик // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУБЖД, 2005. – №6. – С. 142-147.

109. Сариогло Д.П. Об экспертизе электрического оборудования при расследовании пожаров на АТС – М.: НИИСЭ, 1989. – с. 99-103.
110. Исследование электропроводки бульдозеров японской фирмы «КАМАЦУ» на пожарную опасность / [Смелков Г.И., Пехотиков В.А., Шестаков В.А.]. // внеплановая работа, М., ВНИИПО МВД СССР, 1984. – с.12.
111. Коршаков И.К. Послеаварийная безопасность автомобиля. Учебное пособие/МАДИ – М.: 1985.
112. Астапенко В.М., Проблема обеспечения пожарной безопасности на автомобильном транспорте / В.М.Астапенко, Х.И. Исхаков, Ю.А Кошмаров. // Пожаровзрывобезопасность. М., ВПИИПО, 4, 1992.
113. Rosén, F., "Improving the Fire Safety of Buses and Motorcoaches", HSToday.com, <http://www.hstoday.us/blogs/best-practices/blog/improving-the-fire-safety-of-buses-and-motorcoaches/fa9ad8e289ee9c098b3e946e551deb9e.html>.
114. Meltzer N., Ayres G. & T Minh, "Motorcoach fire safety analysis", FMCSA report, July 2009
115. Markus Egelhaaf and F. Alexander Berg "Motor Coach Fires-Analysis and Suggestions for Safety Enhancement. DEKRA Automobil GmbH Germany, Paper Number 05-0094
116. Lehtola K., "Bus fires in Finland during 2000", incident report D1 2000/y, (shortened version translation), Accident Investigation board, Finland 2001
117. Steve Vidal, Charles Daxis, Scott Weinstein, Tom Mckie, Barry Kluger, Ron Epstein and John Fabian "Bus Fire Analysis-PTSB Investigations 2002 thru 2006"
118. Report an Aircraft Accident to the NTSB [Електронний ресурс] Режим доступу до ссилки: <http://www.nts.gov/doclib/reports/2007/har0701.pdf>

119. FIRE-RESIST Developing Novel Fire-Resistant High Performance Composites, FP7 Grant no 246037, <http://www.fire-resist.eu/FireResist/index.xhtml>
120. Ahrens, M. "U.S. Vehicle Fire Trends and Patterns", National Fire Protection Association report, 2008.
121. Hedefalk, J., Wahlström, B. and Rohlen, P., "Lessons from the Baku Subway Fire", Proceedings of the Third International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, pp 15-28 (1998).
122. Kim, H.K., Lönnemark, A and Ingason, H., "Effective Firefighting Operations in Road Tunnels", SP Report 2010:10, ISBN 978-91-86319-46-5 (2010).
123. National Transportation Safety Board, "Motorcoach fire on Interstate 45 during Hurricane Rita evacuation near Wilmer, Texas, September 23, 2005", NTSB/HAR-07/01, NTSB, Washington, DC, February 21, 2007.
124. Motorcoach Fire Investigation and Wheel Well Fire Testing [Електронний ресурс] Режим доступу до ссылки: <http://firesinvehicles.com/>
125. Please forgive me for what I'm gonna do': Mother's Facebook message before drowning three of her four children by driving them into Hudson [Electronic resource] Link access mode: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-1376427/LaShanda-Armstrong-drives-3-children-HudsonRiver.html#ixzz5BniBvHrP>
126. На Львівщині авто з пасажирами впало в річку, є жертви [Електронний ресурс] Режим доступу до ссылки: <https://dyvys.info/2017/03/04/na-lvivshhyni-avto-z-pasazhyramy-vpalo-v/>
127. Жахлива ДТП на Закарпатті: машина полетіла в річку з обриву [Електронний ресурс] Режим доступу до ссылки:

<https://ukr.segodnya.ua/regions/lvov/zhutkoe-dtp-na-zakarpate-mashina-sletela-v-reku-s-obryva--692105.html>

ДОДАТОК

**ПРОЕКТ ПОСТАНОВИ КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ
УКРАЇНИ «ПРО ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО
ПОСТАНОВИ КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ
УКРАЇНИ ВІД 8 ЖОВТНЯ 1997 Р. N 1128»**



КАБІNET МІНІСТРІВ УКРАЇНИ

ПОСТАНОВА

від «__» _____ 201_ р. N ____

Київ

Про внесення змін до постанови Кабінету
Міністрів України від 8 жовтня 1997 р. N 1128

Кабінет Міністрів України постановляє:

Внести до постанов Кабінету Міністрів України від 8 жовтня 1997 р. N 1128 (1128-97-п) "Про забезпечення колісних транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння" (Офіційний вісник України, 1997 р., число 41, с. 59; 2003 р., N 23, ст. 1080)

Прем'єр – міністр України

П.І.Б

ЗАТВЕРДЖЕНО
Постановою Кабінету Міністрів України
від «__» _____ 201_ р. № ____

ЗМІНИ,

що вносяться до постанови

Кабінету Міністрів України від 8 жовтня 1997 р. N 1128
(1128-97-п)

1. У постанові Кабінету Міністрів України від 8 жовтня 1997 р. N 1128 (1128-97-п):

у назві постанови після слів "первинними засобами пожежогасіння" додати слова "установками гасіння та виявлення пожежі";

у пункті 1:

абзац перший викласти у такій редакції:

"1. Затвердити норми оснащення вогнегасниками, установками гасіння та виявлення пожежі колісних транспортних засобів, що додаються.";

в абзаці другому після слів "первинними засобами пожежогасіння" додати слова "установками гасіння та виявлення пожежі" і цифри "2011" замінити цифрами "2018";

у пункті 2 слова "Міністерству з питань надзвичайних ситуацій та у справах захиту населення від наслідків Чоробильської катастрофи" замінити словами "Державною службою України з надзвичайних ситуацій" та після слів «первинних засобів пожежогасіння» додати слова «установок гасіння та виявлення пожежі»;

у пункті 3 слова "Міністерству з питань надзвичайних ситуацій та у справах захиту населення від наслідків Чоробильської катастрофи" замінити словами "Державною службою України з надзвичайних ситуацій" та слова «Міністерству транспорту та зв'язку» замінити словами «Міністерству інфраструктури»;

перелік колісних транспортних засобів і норми їх оснащення первинними засобами пожежогасіння, установками гасіння та виявлення пожежі, затверджений зазначеною постановою, викласти у такій редакції:

ЗАТВЕРДЖЕНО
 постановою Кабінету Міністрів України
 від 8 жовтня 1997 р. N 1128 (1128-97-п)
 (у редакції постанови Кабінету Міністрів України
 від « ____ » _____ 201__ р. N ____)

Норми оснащення колісних транспортних засобів
 первинними засобами пожежогасіння, установками гасіння та
 виявлення пожежі

Категорія	Підкатегорія	Характеристика	Доцільність застосування технічних засобів					
			Первинні засоби пожежогасіння		Автоматичні системи виявлення пожежі		Автоматичні системи пожежогасіння	
			Згідно норм	Рекомендується	Згідно норм	Пропозиції щодо застосування	Згідно норм	Пропозиції щодо застосування
L	L ₁ , L ₂	КТЗ з двома (трьома) колесами, робочий об'єм двигуна якого – не більше 50 см ³ , а максимальна швидкість – не більше 50 км/год	відсутні	ВП-1	відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	L ₃ , L ₄	КТЗ з двома (трьома) колесами, робочий об'єм двигуна якого – перевищує 50 см ³ , а максимальна швидкість – перевищує 50 км/год		ВП-2	відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується

	L ₅ , L ₆	КТЗ з трьома колесами, робочий об'єм двигуна якого – понад 50 см ³ , а максимальна швидкість – понад 50 км/год, маса не більше 400 кілограмів			відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	L ₇	КТЗ з чотирма колесами, інші, ніж ті, що належать до категорії L ₆ , маса якого не перевищує 400 кілограмів.			відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
M	M ₁	КТЗ, призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння, не більше восьми	ВП-2	ВП-2	відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	M ₂	КТЗ, призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння більше восьми, повною масою – не більш як 5 тонн	ВП-3	ВП-5	відсутні	Не рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	M ₃	КТЗ, призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння, не враховуючи місця водія, більше восьми, повною масою більше 5 тонн	ВП-5	ВП-9	відсутні	Рекомендується	відсутні	Рекомендується
N	N ₁	КТЗ, призначений для перевезення вантажів, повна маса якого не більш як 3,5 тонни	ВП-3	ВП-5	відсутні	Рекомендується	відсутні	Не рекомендується

Пожжежна небезпека колісних транспортних засобів

	N ₂	КТЗ, призначений для перевезення вантажів, повна маса якого більш від 3,5 тонни до 12 тонн	ВП-5	ВП-5	відсутні	Рекомендується	відсутні	Не рекомендується
	N ₃	КТЗ, призначений для перевезення вантажів, повна маса якого понад 12 тонн	ВП-9	ВП-9	відсутні	Рекомендується	відсутні	Не рекомендується
О	О ₁ , О ₂ , О ₃ , О ₄	причіпні транспортні засоби повною масою не більш як 0,75 тонни, 3,5 тонни, 10 тонн та понад 10 тонн відповідно	Відсутні ВП-3 ВП-5 ВП-9	ВП-2	відсутні		відсутні	Не рекомендується

Г А В Р И Л Ю К А Н Д Р І Й Ф Е Д О Р О В И Ч

**ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА КОЛІСНИХ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Монографія

Літературний редактор **Галина Падик**

Технічний редактор, верстка **Андрій Гаврилюк**

Відповідальний за випуск **Олександр Хлевной**

Підписано до друку 01.11.2018 р.
Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman.
Друк на різнографі. Папір офсетний. Наклад: 100.
Ум. друк. арк. 11,2

Друк ЛДУ БЖД
79007, Україна, м. Львів, вул. Клепарівська, 35
тел./факс: (8-032) 233-32-40, 233-24-79
e-mail: mail@ubgd.lviv.ua, ndr@ubgd.lviv.ua