

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ГАВРИЛЮК АНДРІЙ ФЕДОРОВИЧ

УДК 614.841.1.2:614.844

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ
КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

21.06.02 – пожежна безпека

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності (ЛДУБЖД) (м. Львів).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Гудим Василь Ількович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, професор кафедри електротехніки, промислової та пожежної автоматики

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Костенко Віктор Климентович, завідувач кафедри природоохоронної діяльності Донецького національного технічного університету Міністерства освіти та науки України, (м. Красноармійськ)

кандидат технічних наук, доцент
Немий Степан Володимирович, доцент кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Національного університету «Львівська політехніка».

Захист відбудеться “16” жовтня 2015 року о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.874.01 в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

Автореферат розіслано “11” вересня 2015 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент

В.М. Баланюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За останнє десятиліття із 7 млн. пожеж, які реєструвалися в світі щорічно, понад 16% припадає на пожежі транспортних засобів, які ідуть другими після пожеж в житлових будівлях. 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, 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 та постраждало 1582 особи, лише прямі матеріальні збитки, завдані цими пожежами, перевищують 992 млн. грн.

Згідно із статистичними даними, однією з найпоширеніших причин виникнення пожеж на колісних транспортних засобах є пожежонебезпечні режими роботи бортової електромережі – 35%. 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. Враховуючи те, що в сучасному автомобілі все ширше використовуються синтетичні горючі матеріали та їх масова частка зростає, урізноманітнюються бортові системи автомобілів, які покликані задовольнити потреби і комфорт споживача збільшується кількість можливих джерел запалення, виникає необхідність розроблення заходів для зниження пожежної небезпеки колісних транспортних засобів.

У зв'язку вище викладеним, розкриття особливостей пожеж колісних транспортних засобів і процесу виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами або струмами короткого замикання, є актуальною науковою задачею, розв'язання якої створить передумови підвищення ефективності забезпечення протипожежного захисту зазначених об'єктів, а також навколо них.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29.12.2010 року №2348, Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 12.05.2012 року №590, під час виконання 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), в якій здобувач був виконавцем.

Ідея роботи полягає у підвищенні ефективності протипожежного захисту колісних транспортних засобів шляхом удосконалення систем запобігання і реагування на виникнення горіння в їх підкапотному просторі, а також в цілому на зазначених об'єктах та навколо них.

Мета роботи. Метою дисертаційної роботи є розкриття особливостей пожеж колісних транспортних засобів і процесу виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами або струмами короткого

замикання, як наукове підґрунтя підвищення ефективності забезпечення протипожежного захисту зазначених об'єктів, а також навколо них.

Задачі досліджень. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз статистики пожеж на колісних транспортних засобах та виявити шляхи удосконалення систем запобігання і реагування на їх виникнення для підвищення ефективності протипожежного захисту зазначених об'єктів;

- провести математичне моделювання впливу параметрів електричних контурів бортових електромереж колісних транспортних засобів на енергетичні характеристики іскрових розрядів, а також нестационарних процесів нагрівання ізолюваних провідників бортових електромереж транспортних засобів при дії миттєвих теплових імпульсів, викликаних іскровими розрядами та струмами короткого замикання;

- здійснити числові експерименти з оцінки енергії іскрових розрядів бортових електромереж колісних транспортних засобів та впливу чинників на їх енергетичні показники;

- здійснити експериментальні дослідження показників пожежної небезпеки ізоляційних матеріалів бортових електромереж колісних транспортних засобів, моторних олив, а також відкладень на технологічних поверхнях підкапотного простору, як джерел займання;

- науково обґрунтувати вихідні дані та розробити схемні рішення способу передачі повідомлення про виникнення пожежі колісних транспортних засобів, а також установки їх пожежогасіння;

- розробити проект ДСТУ «Технічні вимоги стосовно запобігання небезпеки виникнення пожеж на колісних транспортних засобах», а також проект доповнень до постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97р. № 1128 «Про забезпечення колісних транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння».

Об'єкт дослідження – чинники впливу на пожежну безпеку колісних транспортних засобів, а також системи їх протипожежного захисту.

Предмет дослідження – вплив чинників (джерела займання, наявність систем виявлення виникнення процесу горіння та сповіщення, засоби пожежогасіння, температури у підкапотному просторі, показники пожежної небезпеки ізоляційних матеріалів бортових електромереж, олив та відкладень на технологічних поверхнях підкапотного простору) на ефективність систем протипожежного захисту колісних транспортних засобів.

Методи досліджень. Проведення теоретичних досліджень базувалося на розв'язках нестационарних диференціальних рівнянь теплопровідності із застосуванням методу інтегральних перетворень Лапласа та фундаментальних законів електротехніки. Експериментальні дослідження з визначення показників пожежної небезпеки ізоляційного матеріалу на основі полівінілхлориду бортових електромереж, моторних олив, а також відкладень на технологічних поверхнях підкапотного простору проводилися за стандартизованими методиками, регламентованими ГОСТ 12.1.044-89, а також розробленою здобувачем методикою визначення температури пом'якшення ізоляційних матеріалів провідників бортових

електромереж з використанням метрологічно атестованого обладнання і повірених засобів вимірювання.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розкритті особливостей пожеж колісних транспортних засобів і процесу виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами та струмами короткого замикання. При цьому

уперше:

- 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 і більше, що достатньо для джерела займання газоповітряного горючого середовища у підкапотному просторі колісних транспортних засобів;

- теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що джерелом займання колісних транспортних засобів може бути струм короткого замикання, який виникає у контурі бортової електромережі з досягнення значення 59 А у провідниках площею поперечного перерізу 1 мм², а у провідниках площею поперечного перерізу 2,5 мм² – 65 А. Нагрівання таких провідників за зазначених умов перевищує температуру займання їх ізоляційних матеріалів, які відносяться до горючих та середньозаймистих;

удосконалено:

- математичну модель нестационарних процесів нагрівання провідників бортових електромереж колісних транспортних засобів, викликаних струмами короткого замикання, із врахуванням впливу перехідних опорів контактів та опору дуги короткого замикання, що дало змогу отримати залежність температури нагрівання провідників від величини струму короткого замикання та часу його дії;

- математичну модель енергії іскрових розрядів, яка дає змогу отримати залежності зміни енергії іскри від параметрів контура бортової електромережі колісних транспортних засобів;

набуло подальшого розвитку:

- математичне моделювання нестационарних електротеплових процесів ізольованих провідників бортових електромереж, викликаних іскровими розрядами та струмами короткого замикання, а також їх впливу на пожежну небезпеку колісних транспортних засобів.

Практичне значення отриманих результатів. Результати теоретичних та експериментальних досліджень з розкриття особливостей пожеж колісних транспортних засобів і процесу виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами або струмами короткого замикання реалізовано у розробленому проекті ДСТУ «Технічні вимоги стосовно запобігання небезпеки виникнення пожеж на колісних транспортних засобах», а також проекті

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

Результати математичного моделювання з визначення енергії іскрових передано для врахування при розробці та проектуванні бортової електромережі автомобілів Skoda на ТОВ «ЦВГ Україна» (Commercial Vehicle Group).

Математична модель нестационарних електротеплових процесів бортових електромереж використовується дослідно-випробувальною лабораторією ГУ ДСНС у Хмельницькій області для аналізу причетності теплових проявів електричного струму до виникнення пожеж колісних транспортних засобів.

Розроблено та запропоновано схемні рішення способу передачі повідомлення про виникнення пожежі колісних транспортних засобів, а також установки їх пожежогасіння та обґрунтовано доцільність їх використання для запобігання та гасіння пожеж транспортних засобів, які захищені патентами України на корисні моделі (патент № 96827 та патент № 97008).

Основні положення роботи також впроваджено в навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності під час викладання дисциплін «Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках» за напрямом підготовки «Пожежна безпека» та «Основи теорії і систем управління» за напрямом підготовки «Транспортні технології».

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які становлять зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно; він сформулював мету та задачі дослідження, основні наукові положення, провів теоретичні та експериментальні дослідження, систематизував та узагальнив наукові результати, розробив та науково обґрунтував методіку лабораторних випробувань з оцінювання температури пом'якшення ізоляційного матеріалу провідників.

У публікаціях, написаних у співавторстві, здобувач проаналізував статистичні дані щодо основних причин та місць виникнення пожеж на колісних транспортних засобах [1, 10]; провів лабораторні дослідження з визначення показників пожежної небезпеки ізоляційного матеріалу бортових електромереж [3, 11]; обґрунтував математичну модель та змодельував нестационарні електротеплові процеси нагрівання ізолюваних провідників при дії миттєвих теплових імпульсів (іскрових розрядів) [6]; обґрунтував та розробив схемні рішення способу передачі повідомлення про виникнення пожежі колісних транспортних засобів, а також установки їх пожежогасіння [4, 12, 14]; розробив алгоритм роботи теплового пожежного сповіщувача зі змінним пороговим рівнем спрацювання [5, 15].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на наукових семінарах Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (2013-2015 рр.); на міжнародних та всеукраїнських конференціях: I Міжнародній науково-технічній конференції викладачів, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів» (м. Донецьк, 2013 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки» (м. Харків, 2013 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія та практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (м. Черкаси, 2013 р.);

X International Conference “Strategy of Quality in Industry and Education” (Varna, Bulgaria, 2014 y.); 15 Всеукраїнській науково-практичній конференції рятувальників в рамках XIII Міжнародного виставкового форуму «Технології захисту – 2014» (м. Київ, 2014 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» (м. Черкаси, 2013 р.).

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 13 наукових праць, з них 7 – у фахових виданнях, серед яких 2 наукові праці у міжнародних фахових виданнях, 6 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях, отримано 2 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних в роботі літературних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 207 сторінок, в тому числі основна частина – 123 сторінки. Дисертація містить 19 таблиць, 41 рисунок, 5 додатків та 112 посилань на використані літературні джерела, викладених на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наводиться стисла характеристика дисертаційної роботи, розкрита актуальність проблеми підвищення ефективності протипожежного захисту колісних транспортних засобів, сформульована мета і визначені задачі дослідження, наведено положення наукової новизни та практичної цінності роботи, які здобуто в процесі дослідження, описано форми їх апробації та використання, а також публікації результатів роботи.

У **першому розділі** проаналізовано інформацію про сучасний стан протипожежного захисту колісних транспортних засобів у різні роки та в різних країнах, наведено основні причини та місця виникнення пожеж та збитки, яких вони завдають. Розглянуто чинники впливу на ефективність протипожежного захисту колісних транспортних засобів.

На основі аналізу літературних джерел щодо сучасного стану проблематики забезпечення протипожежного захисту колісних транспортних засобів встановлено, що електротеплові процеси бортових електромереж ще недостатньо досліджені.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень електротеплових процесів бортових електромереж транспортних засобів викладені у працях С.И. Зернова, Х.И. Исхакова, В.В. Зайцева, Г.И. Смелкова, Н.М. Булочникова, А.И. Богатищева, Digges, Johan Mangs, Makovička та багатьох інших науковців, які зокрема брали до уваги пожежну безпеку колісних транспортних засобів. Разом з тим дослідженню пожежонебезпечних режимів роботи бортових електромереж приділено недостатню увагу. У зв'язку з цим, розкриття особливостей пожеж колісних транспортних засобів і процесу виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами або струмами короткого замикання, стане основою наукового підґрунтя підвищення ефективності забезпечення протипожежного захисту зазначених об'єктів, а також навколо них. На основі аналізу сучасного протипожежного захисту колісних транспортних засобів та

літературних джерел сформульовано основні задачі та напрямки досліджень, а також намічено шляхи їх розв'язання.

У другому розділі розглянуто моделювання електротеплових процесів бортових електромереж колісних транспортних засобів. Виходячи з аналізу відомих математичних моделей, які описують аварійні режими роботи електромереж, було встановлено, що дослідженню іскрових розрядів приділена недостатня увага. Тому була поставлена мета дослідження нестационарних процесів нагрівання ізольованих провідників іскровими розрядами, а також струмами короткого замикання (КЗ), та виявлення факторів, які впливають на величину їх нагрівання.

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

$$Q = \int_0^t u_i \cdot i_i dt \quad (1)$$

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

Однак визначення миттєвого значення напруги та сили струму в іскровому розряді становить певні труднощі через короткочасність його перебігу, тому доцільно виразити ці величини через параметри контура, де виник іскровий розряд.

Величину напруги іскрового розряду можна записати у вигляді:

$$u_i = U - Ri_i - L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

де U – напруга в мережі, В; R – опір контура, Ом; L – індуктивність в контурі, Гн.

Напруга в іскровому проміжку залежить від параметрів контура, в якому він виникає. В 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 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 самий час стрімко спадає з тією самою сталою часу.

Розв'язавши рівняння (2) та підставивши у вираз (1) отримаємо рівність для визначення енергії в іскровому розряді:

$$Q = \int_0^t \left(U e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot \left(\frac{U}{R} - \frac{U e^{-\frac{t}{\tau}}}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right) \right) \right) dt \quad (3)$$

де τ – стала часу, с.

За формулою (3) проведено аналітичні дослідження та отримано величини енергій іскрових розрядів, які можуть виникати у бортових електромережах транспортних засобів. Результати чисельного експерименту представлено графічно на рис.1 та рис.2

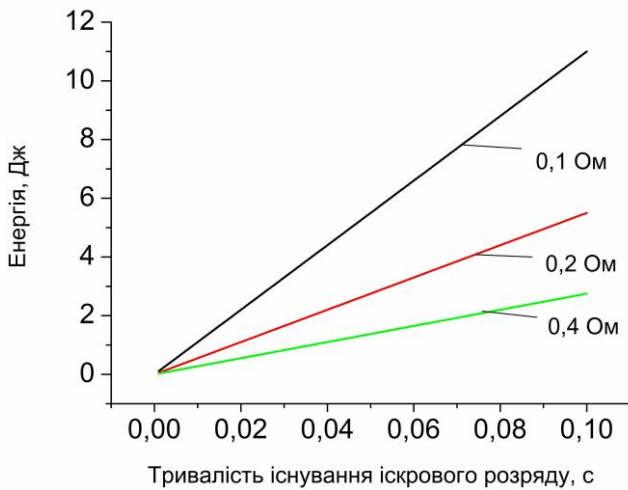


Рисунок 1 – Залежність зміни значення енергії іскрового розряду в бортовій електромережі колісного транспортного засобу від його тривалості за різних значень опору контура

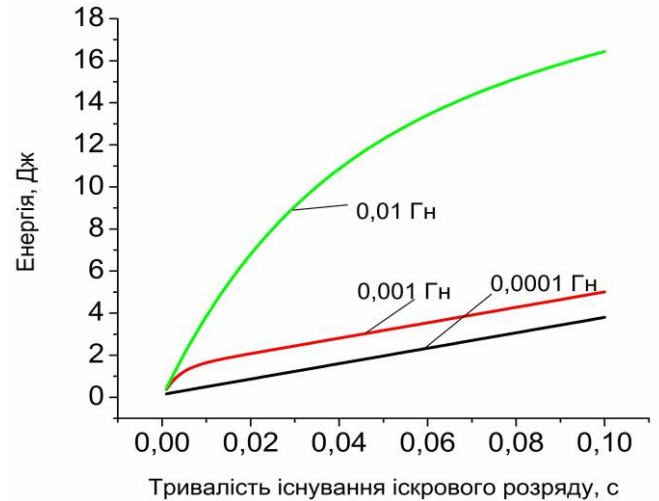


Рисунок 2 – Залежність зміни значення енергії іскрового розряду в бортовій електромережі колісного транспортного засобу від його тривалості за різних значень індуктивності контура

Аналіз залежностей, наведених на рис. 1, показує, що при зменшенні опору контура у 2 рази, де може виникнути іскровий розряд, при приведеному часі існування іскрового розряду 0,05 с енергія іскри зростає на 80%. Разом з тим на енергію іскри впливає також і індуктивність контура. Так при збільшенні індуктивності контура з 0,001 Гн до 0,01 Гн енергія іскрового розряду зростає у 4рази (рис. 2).

Під час виникнення іскріння або короткого замикання, яке може утворюватися за різних причин, провіднику надається миттєвий тепловий імпульс. В зв'язку з цим виникає задача визначення оцінки температури нагрівання ізольованого провідника у місцях виникнення внутрішніх іскор, що є важливою і актуальною технічною задачею.

Для дослідження 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:

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (\tau > 0; 0 < x < \infty) \quad (4)$$

крайові умови:

$$-\frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} + HT(0, \tau) = 0, \quad T(x, 0) = 0, \quad T(\infty, \tau) = 0. \quad (5)$$

Застосувавши перетворення Лапласа, розв'язання рівняння (4) запишемо у вигляді:

$$T(x, \tau) = \frac{b}{2\sqrt{\pi a \tau}} \cdot \left[\exp\left(-\frac{(x-x_1)^2}{4a\tau}\right) + \exp\left(-\frac{(x+x_1)^2}{4a\tau}\right) - bH \exp(H(x+x_1) + aH^2\tau) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{(x+x_1)}{2\sqrt{a\tau}} + H\sqrt{a\tau}\right) \right] \quad (6)$$

де, $T(x, \tau)$ – нестационарна температура в поперечному перерізі провідника, К; $b = \frac{Q}{c \cdot \gamma}$ – коефіцієнт, $K \cdot m$; Q – кількість тепла, яке виділене миттєвим джерелом на одиницю площі, $\frac{Дж}{m^2}$; c – питома теплоємність матеріалу провідника, $\frac{Дж}{m^3 \cdot K}$; γ – густина матеріалу провідника, $\frac{кг}{m^3}$; $a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}$ – коефіцієнт, що враховує теплопровідність матеріалу провідника, $\frac{m^2}{c}$; λ – теплопровідність 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, $\frac{Вт}{m^2 \cdot K}$; τ – поточний час, с.

Шляхом чисельного експерименту з використанням виразу (6) проведено розрахунки під час виникнення іскрового розряду з енергією 10 Дж мідного провідника площею поперечного перерізу $1,5 \text{ мм}^2$ з полівінілхлоридною ізоляцією для $\lambda=390 \frac{Вт}{m \cdot K}$, $c=385 \frac{Дж}{m^3 \cdot K}$, $\rho=9840 \frac{кг}{m^3}$, $\alpha=10 \frac{m^2}{c}$.

Залежності зміни температури ізольованого провідника від часу, відстані та енергії миттєвих теплових імпульсів іскрових розрядів наведено на рис. 3.

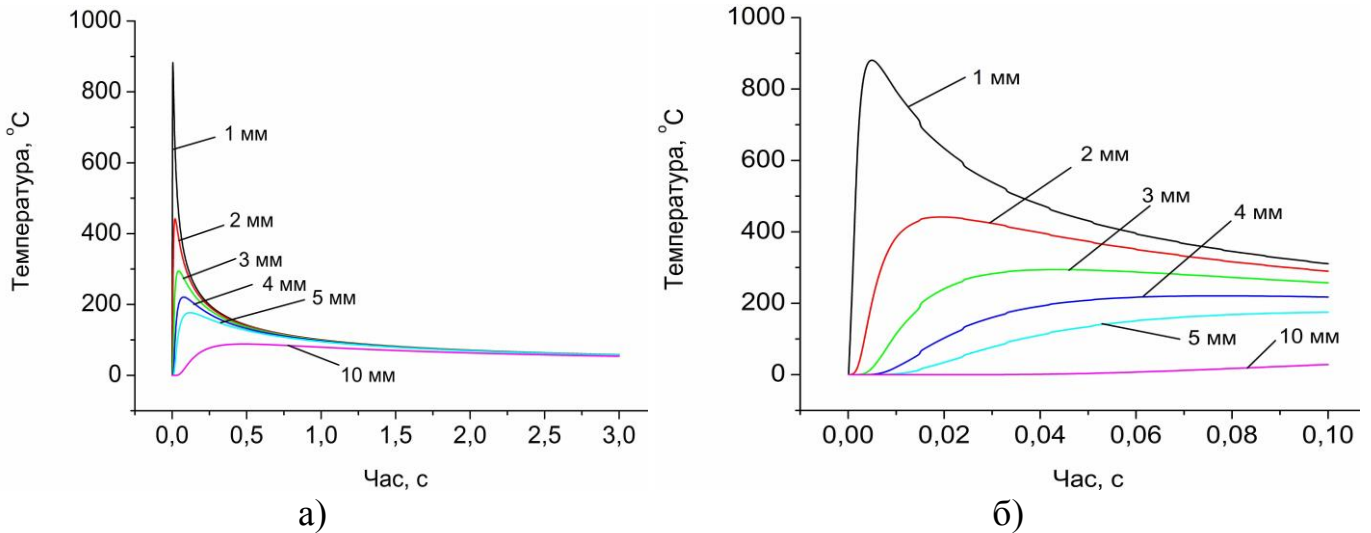


Рисунок 3 – Залежність температури металевої поверхні вздовж провідника з перерізом $1,5 \text{ мм}^2$ після виникнення іскрового розряду з енергією 10 Дж: а) за проміжок часу від 0 до 3 с; б) за проміжок часу від 0 до 0,1 с

У момент утворення іскрового розряду з енергією 10 Дж температура провідника на відстані 1 мм від місця виникнення розряду 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. 4), що температура провідника на відстані 10 мм від місця утворення іскрового розряду близька температурі до моменту іскріння. При зменшенні площі поперечного перерізу мідного провідника до 1 мм^2 його температура зростає на 40%.

Встановлено, що енергія іскрового розряду та температура нагрівання провідника, мають пропорційну залежність. Так, при збільшенні енергії іскрового розряду з 7 Дж до 12 Дж температура провідника на відстані 3 мм від місця виникнення іскри зростає у 1,7 рази та становить $500 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 4).

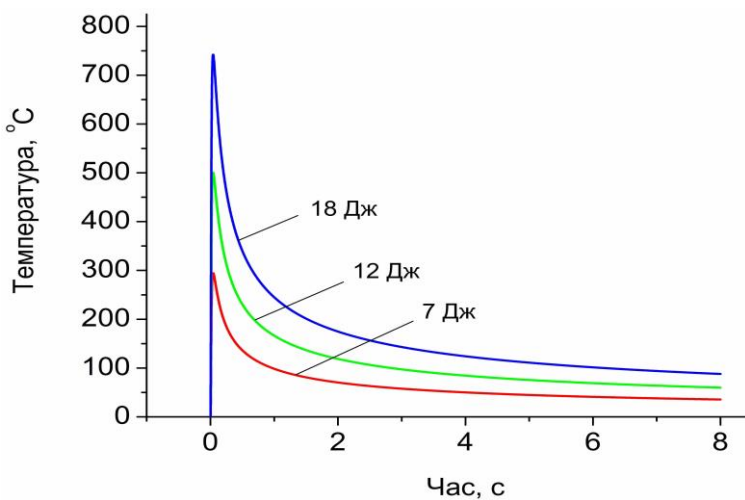


Рисунок 4 – Залежність зміни температури металевої поверхні провідника бортової електромережі від проміжку часу за різних значень енергій іскрових розрядів на відстані 3 мм від місць їх виникнення

На рис. 5 наведено залежність зміни температури з часом від діаметра провідника на відстані 0,5 мм від місця виникнення іскрового розряду з енергією 10 Дж. Аналіз показує, що при збільшенні діаметра провідника з 1 мм до 2 мм температура на відстані 0,5 мм від місця утворення іскрового розряду зменшується у 3,8 раза.

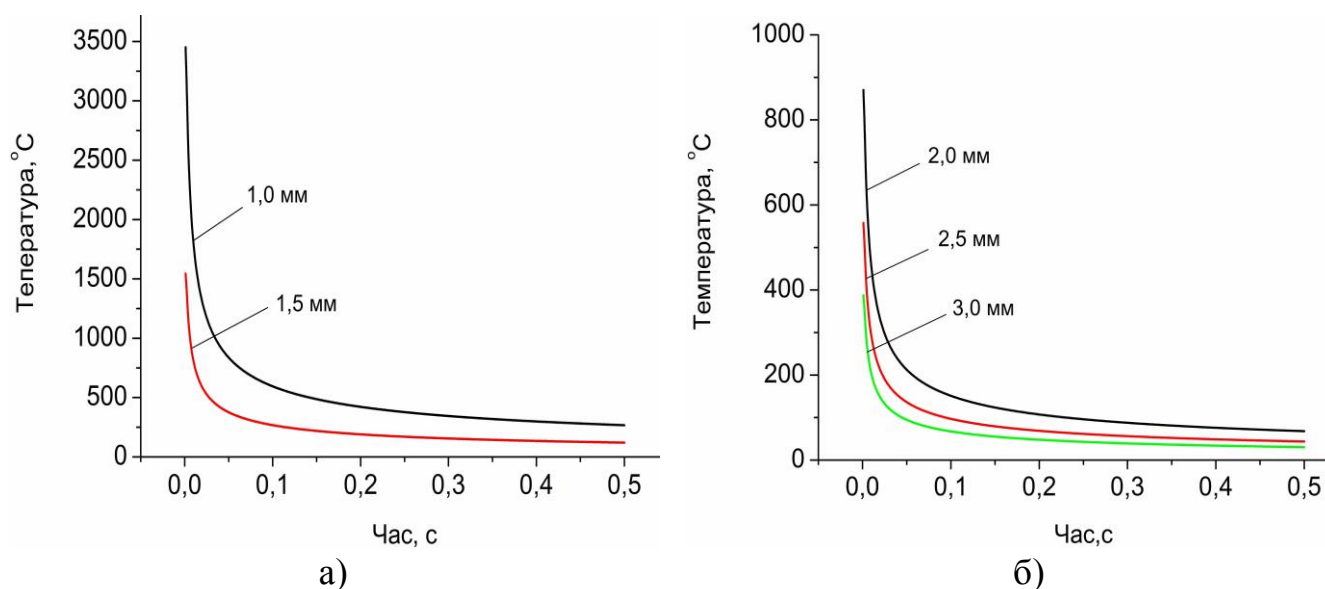


Рисунок 5 – Залежності зміни температур металевих поверхонь провідників бортових електромереж діаметром від 1 до 3 мм на відстані 0,5 мм від місця виникнення іскрового розряду з енергією 10 Дж від проміжку часу:
а) за значень діаметра провідника 1,0 та 1,5 мм; б) за значень діаметра провідника 2,0; 2,5 та 3,0 мм

З використанням пакета прикладних програм STATISTICA отримано теоретичну залежність зміни температури T , °C нагріву мідних провідників від їх діаметра d , мм та часу t , с, яка має вигляд:

$$T=1421,51-830,86d-2127,5t+134,3d^2+437,85dt+1536,46t^2 \quad (7)$$

Результати контрольних досліджень показали, що середня відносна похибка моделі не перевищує 9 %, що є допустимим для досліджень такого роду.

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

Струм, який виникає внаслідок КЗ, буде нагрівати провідник по всій його довжині. Встановлено, що для контура з провідником площею поперечного перерізу 1 мм^2 з врахуванням опору перехідних контактів, АКБ та дуги іскрового розряду струм КЗ сягає 59 А.

Температура провідника визначається з виразу:

$$\theta(t) = \frac{\rho \cdot j \cdot r}{2 \cdot \alpha} \left(1 - e^{\frac{-2 \cdot \alpha \cdot t}{\gamma \cdot c \cdot r}} \right) \quad (8)$$

де $\theta(t)$ – температура провідника, $^{\circ}\text{C}$; ρ – питомий опір, $\text{Om}\cdot\text{м}$; j – густина струму, $\frac{\text{A}}{\text{м}^2}$; r – радіус провідника, м ; α – коефіцієнт теплообміну з навколишнім середовищем, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$; t – час, с ; γ – густина, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; c – питома масова теплоємність, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$.

Шляхом чисельного експерименту з використанням виразу (8) визначено зміну температури нагрівання мідного провідника з часом та представлено у вигляді графічних залежностей при протіканні по ньому струму КЗ, для площі поперечного перерізу провідника $2,5 \text{ мм}^2$ (рис. 6).

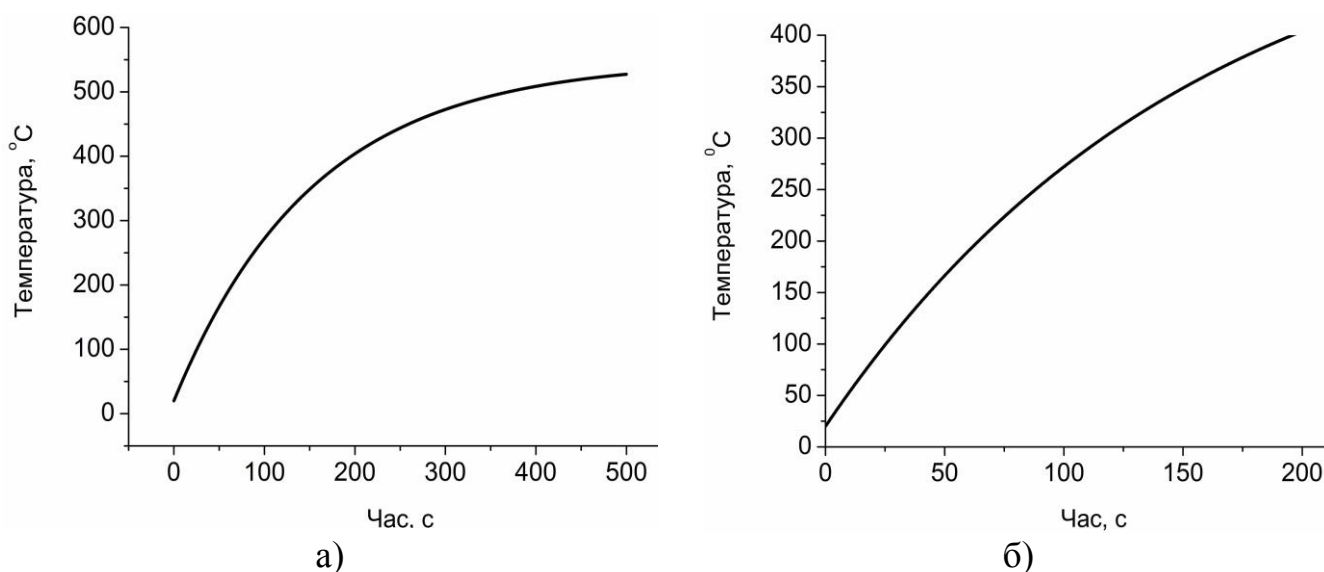


Рисунок 6 – Залежності зміни температури металевої поверхні провідника площею поперечного перерізу $2,5 \text{ мм}^2$ бортової електромережі від тривалості часу дії струму короткого замикання: а) за проміжок часу від 0 до 500 с; б) – за проміжок часу до досягнення температури займання ізоляційного матеріалу

Для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу $2,5 \text{ мм}^2$ струм КЗ становить 65 А, який нагріває провідник до температури понад $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а усталений режим настає через 500 с (рис. 6).

Аналогічні розрахунки проведені для провідників з площею поперечного перерізу $1,5 \text{ мм}^2$ та встановлено, що струм КЗ становитиме 62 А, а температура провідника досягне $900 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а для провідників з площею поперечного перерізу 1 мм^2 – 59 А та температура провідника – понад $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Третій розділ присвячено виконанню експериментів на визначення показників пожежної небезпеки бортових електромереж колісних транспортних засобів у лабораторних умовах. Випробування на визначення групи горючості ізоляційного матеріалу проводилося за методикою ГОСТ 12.1.044-89 “Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения” в атестованій лабораторії Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Результати експериментальних досліджень наведено в табл.1.

Результати експериментальних досліджень з визначення групи горючості деяких ізоляційних матеріалів провідників бортових електромереж

Марка автомобіля	Макс. приріст темпер. $\Delta t_{\max}, ^\circ\text{C}$	Тривалість 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	середньозаймистий
	148	68	27,5	горючий	середньозаймистий
	139	66	31,23	горючий	середньозаймистий
ВАЗ-2108 (2002 р.в.)	120	73	41,8	горючий	середньозаймистий
	125	69	41,7	горючий	середньозаймистий
	118	67	42,63	горючий	середньозаймистий
Mitsubishi lancer (2010 р.в.)	164	42	28,91	горючий	середньозаймистий
	178	38	27,8	горючий	середньозаймистий
	181	37	38,59	горючий	середньозаймистий
Volkswagen B4 (1995 р.в.)	65	53	19,48	горючий	середньозаймистий
	45	58	34,2	горючий	середньозаймистий
	68	62	35,65	горючий	середньозаймистий

Результати експериментальних досліджень свідчать, що ізоляційні оболонки провідників бортових електромереж відносяться до горючих та середньозаймистих матеріалів.

Проведено дослідження з визначення температури займання та самозаймання ізоляційних матеріалів, яке проводилося на приладі ОТП за методикою, наведеною у ГОСТ 12.1.044-89. Для випробувань було підготовлено по 10 зразків досліджуваного ізоляційного матеріалу масою $(3,0 \pm 0,1)$ г для кожної марки колісних транспортних засобів. На рис. 7 зображено графіки усереднених температур нагрівання ізоляційного матеріалу зарубіжних виробників автомобілів Mitsubishi lancer та Volkswagen B4 та момент (точка 1) їх займання.

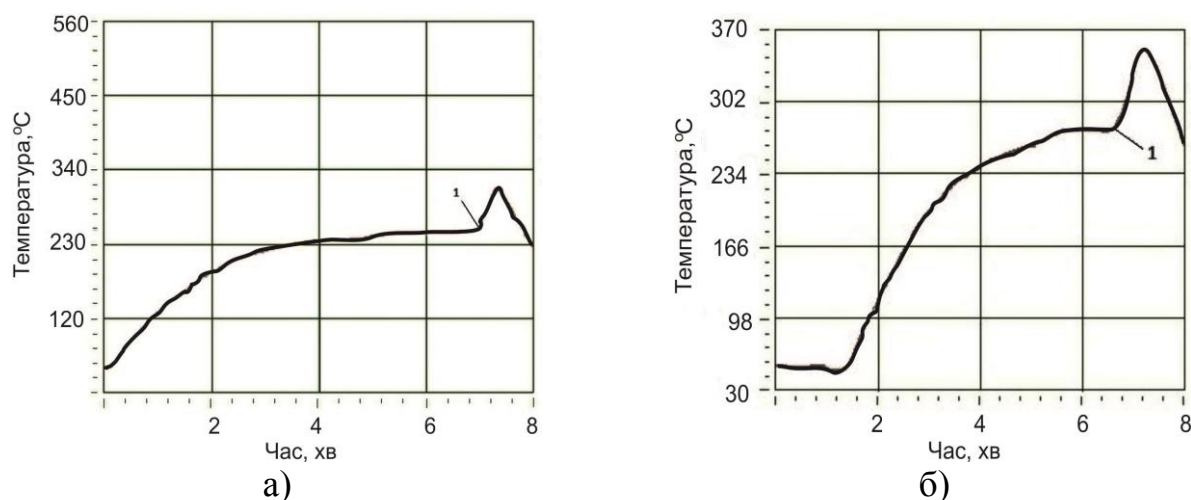


Рисунок 7 – Графіки залежностей температури ізоляційних матеріалів провідників бортових електромереж від тривалості нагрівання в приладі ОТП автомобілів: а) Mitsubishi lancer; б) Volkswagen B4

Ізоляційні метериали зарубіжних виробників автомобілів Mitsubishi lancer та Volkswagen B4 безвідмовно займаються при досягненні температури 235 °С та 270 °С. Займання ізоляційних матеріалів автомобілів ВА3-2106 та ВА3-2108 спостерігалось при температурі 230-240 °С. Температура самозаймання ізоляційного матеріалу автомобілів Mitsubishi lancer та Volkswagen B4 становить 365-395 °С, а ВА3-2106 та ВА3-2108 – 355-365 °С.

Дослідження температури пом'якшення, плавлення та димоутворення ізоляційних матеріалів проводилося у лабораторних умовах з використанням дослідної установки, яка складається з термоперетворювача, регулятора-вимірювача температур РТ-0102, ЛАТР, понижувального трансформатора, амперметра та вимикача. Результати експериментальних досліджень наведено в табл. 2

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень з визначення температур пом'якшення, димоутворення та плавлення ізоляційних матеріалів провідників бортових електромереж автомобілів

Марка автомобіля	Температура пом'якшення, °С			Температура димоутворення, °С			Температура плавлення, °С		
	№ з/п		усереднене значення	№ з/п		усереднене значення	№ з/п		усереднене значення
ВА3-2106 (1996 р.в.)	1.	90	90	1.	105	105	1.	145	144
	2.	90		2.	107		2.	143	
	3.	89		3.	103		3.	145	
ВА3-2108 (2002 р.в.)	1.	90	89	1.	110	110	1.	160	161
	2.	88		2.	112		2.	163	
	3.	90		3.	107		3.	159	
Mitsubishi lancer (2010 р.в.)	1.	95	94	1.	130	130	1.	180	180
	2.	93		2.	128		2.	181	
	3.	95		3.	133		3.	180	
Volkswagen 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, що температура в моторному відсіку може перевищувати температуру навколишнього середовища на 100 °С, а температура окремих елементів – на понад 500 °С. Тому можна вважати, що ізоляційний матеріал, зокрема електропровідників, що знаходяться в моторному відсіку, працює на межі своїх фізичних властивостей.

У четвертому розділі наведено розробку схемних рішень для запобігання виникненню пожеж на колісних транспортних засобах, а також нормативно-правових актів.

Загалом систему виявлення і гасіння пожежі можна реалізувати за двома структурними схемами. Перша схема містить датчик виявлення загоряння (пожежний сповіщувач (ПС)), кнопку ручного пуску (КРП) та радіокеровану кнопку дистанційного пуску (РКДП), які увімкненні паралельно, та модуль пожежогасіння (МП) (рис. 8а). 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 змогу змінювати пороговий рівень спрацювання та враховувати зміну температури навколишнього середовища не лише від впливу кліматичних умов, але й від впливу роботи двигуна. Для цього розроблено алгоритм роботи такого сповіщувача.

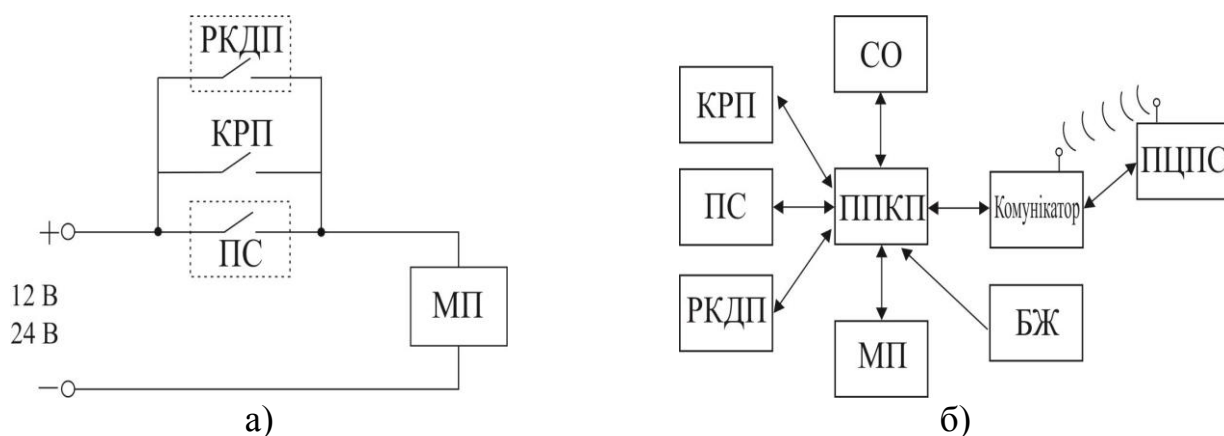


Рисунок 8 – Принципові схемні рішення систем виявлення та припинення горіння у підкапотному просторі колісних транспортних засобів:

- а) система виявлення та припинення горіння у підкапотному просторі колісних транспортних засобів; б) система виявлення, сповіщення та припинення горіння у підкапотному просторі колісних транспортних засобів

Ефективність гасіння пожежі досягається модулями аерозольного та (або) порошкового пожежогасіння. Друга структурна схема (рис. 8б) 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 контрольованого транспортного засобу, від контролера зв'язку із системою глобального місцевизначення (GPS) та від 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.

В роботі розроблено та запропоновано норми обладнання первинними засобами пожежогасіння колісних транспортних засобів, що ввійшли в основу проекту змін і доповнень до постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97р. № 1128 «Про забезпечення колісних транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння».

Також, з метою приведення українського законодавства у відповідність до європейського, розроблено проект ДСТУ «Технічні вимоги стосовно запобігання небезпеки виникнення пожеж на колісних транспортних засобах» відповідно до правил ЄЕК ООН №34-02 та директиви Європейського союзу 95/28/ЕС.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є завершеною науковою працею, розв'язана актуальна наукова задача – розкриття особливостей пожеж колісних транспортних засобів і процесу виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами або струмами короткого замикання, як наукове підґрунтя підвищення ефективності забезпечення протипожежного захисту зазначених об'єктів, а також навколо них. При цьому отримано такі основні наукові та практичні результати:

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 (ФЕМА), 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 $2,5 \text{ мм}$.

6. Науково обґрунтовано вихідні дані та розроблено схемні рішення способу передачі повідомлення про виникнення пожежі, а також установки їх пожежогасіння для відповідних груп колісних транспортних засобів. Запропоновані схемні рішення захищено патентами України на корисні моделі (патент № 96827 та патент № 97008).

7. Встановлено, що для виявлення пожежі у підкапотному просторі на ранній стадії розвитку ефективно використовувати теплові пожежні сповіщувачі зі змінним пороговим рівнем спрацювання. Для цього розроблено алгоритм роботи такого пожежного сповіщувача зі змінним пороговим рівнем спрацювання, який враховує зміну кліматичних умов та режиму роботи двигуна колісних транспортних засобів.

8. Розроблено проект ДСТУ «Технічні вимоги стосовно запобігання небезпеки виникнення пожеж на колісних транспортних засобах», а також проект доповнень до постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97р. № 1128 «Про забезпечення колісних транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння».

9. Результати дослідження впроваджено у навчальний процес ЛДУ БЖД під час викладання дисциплін «Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках» за напрямом підготовки «Пожежна безпека» та «Основи теорії і систем управління» за напрямом підготовки «Транспортні технології»; а також передано для впровадження у пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС України у Львівській області та ТОВ «ЦВГ Україна» (Commercial Vehicle Group), що засвідчено відповідними актами.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гудим В. І. Аналіз систем та агрегатів автотранспортних засобів за рівнем пожежної безпеки / В. І. Гудим, А. Ф. Гаврилюк // Пожежна безпека: Зб. наук. праць – Л.: ЛДУ БЖД, 2013. – № 23. – С. 58-63.

2. 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. праць – Л.: НУ «ЛП», 2013 – № 755. – С. 221-226.

3. Гаврилюк А. Ф. 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: Сб. науч. трудов – 2014.– № 1 (19). – С. 32-37.

4. Гаврилюк А. Ф. Предотвращения пожаров на автотранспорте / А. Ф. Гаврилюк, В. И. Гудым, А. П. Кушнір // Вестник Кокшетауского технического института Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан: Сб. науч. трудов – 2014. – № 1 (13). – С. 55-63.

5. 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. праць – Л.: ЛДУ БЖД, 2014. – №25 – С. 62–68.

6. Гудим В. І. Дослідження нестационарних процесів нагрівання ізольованих провідників електромереж транспортних засобів при дії миттєвих теплових імпульсів / В. І. Гудим, М. М. Семерак, А. Ф. Гаврилюк // Пожежна безпека: Зб. наук. праць – Л.: ЛДУ БЖД, 2015. – № 26 – С. 43-49.

7. 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. праць – Л.: РВВ НЛТУ України, 2015. – № 25.4 – С. 133-138.

8. 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. № u 2014 10461; заявл. 24.09.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4. – 4с.

9. Пат. на корисну модель 96827 Україна, МПК (2006.01), А62С 3/07. Установка пожежогасіння колісних транспортних засобів / А. Ф. Гаврилюк, В. І. Гудим, А. П. Кушнір. № u 2014 06369; заявл. 10.06.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4. – 4 с.

10. 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.

11. 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.

12. Gavrilyk A. F. 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. P. 41-45.

13. Гудим В. І. 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.

14. 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.

15. 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. 102-104с.

АНОТАЦІЯ

Гаврилюк А.Ф. Підвищення ефективності протипожежного захисту колісних транспортних засобів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека. – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. – Львів, 2015.

Дисертація присвячена розв’язанню наукової задачі розкриття особливостей пожеж колісних транспортних засобів і процесу виникнення джерел займання внаслідок нагрівання бортових електромереж іскровими розрядами або струмами короткого замикання як наукове підґрунтя підвищення ефективності забезпечення протипожежного захисту зазначених об’єктів, а також навколо них.

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 часу 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. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що джерелом займання колісних транспортних засобів може бути струм короткого замикання, який виникає у контурі бортової електромережі з досягнення значення 59 А у провідниках площею поперечного перерізу 1 мм², а у провідниках площею поперечного перерізу 2,5 мм² – 65 А. Нагрівання таких провідників за зазначених умов перевищує температуру займання їх ізоляційних матеріалів, які відносяться до горючих та сердньозаймистих.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень реалізовано у

розроблених проектах ДСТУ «Технічні вимоги стосовно запобігання небезпеки виникнення пожеж на колісних транспортних засобах», та проекті доповнень до постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97 р. № 1128 «Про забезпечення колісних транспортних засобів первинними засобами пожежогашіння».

Ключові слова: колісні транспортні засоби, пожежа, протипожежний захист, бортова електромережа, іскрові розряди, миттєвий тепловий імпульс, енергія іскри, струм короткого замикання.

АННОТАЦІЯ

Гаврилюк А.Ф. Повышение эффективности противопожарной защиты колесных транспортных средств. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 - пожарная безопасность. - Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности. - Львов, 2015.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-технической задачи - раскрытие особенностей пожаров колесных транспортных средств и процесса возникновения источников возгорания вследствие нагревания бортовых электросетей искровыми разрядами или токами короткого замыкания как научную основу повышения эффективности обеспечения противопожарной защиты указанных объектов, а также вокруг них.

С применением математического моделирования электротепловых процессов бортовых электросетей, вызванных искровыми разрядами, обнаружена квадратическая зависимость изменения температуры нагрева медных проводников T °C от их диаметра d , мм и времени t , с, которая описывается зависимостью вида $T=1421,51-830,86d-2127,5t+134,3d^2+437,85dt+1536,46t^2$, при этом энергия, которая возникает при искровом разряде в бортовой электросети колесных транспортных средств, может превышать значения 10 Дж, что достаточно для источника воспламенения газоздушнoй горючей среды в подкапотном пространстве колесных транспортных средств. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что источником возгорания колесных транспортных средств может быть ток короткого замыкания, который возникает в контуре бортовой электросети по достижению значения 59 А в проводниках площадью поперечного сечения 1 мм², а в проводниках площадью поперечного сечения 2,5 мм² - 65 А. Нагрев таких проводников при указанных условиях превышает температуру воспламенения их изоляционных материалов, которые относятся к горючим и средне воспламеняющимся. Результаты теоретических и экспериментальных исследований реализованы в разработанных проектах ГОСТ «Технические требования по предотвращению опасности возникновения пожаров на колесных транспортных средствах», и проект дополнений к постановлению Кабинета Министров Украины от 08.10.97 г. № 1128 «Об обеспечении колесных транспортных средств первичными средствами пожаротушения».

Ключевые слова: колесные транспортные средства, пожар, бортовая электросеть, искровые разряды, мгновенный тепловой импульс, энергия искры, ток короткого замыкания.

ABSTRACT

Gavrulyk A.F. The improvement of the effectiveness of fire protection of the wheeled vehicles. — Manuscript (copy).

The thesis for obtaining the degree of Candidate of Technical Sciences, specialty 21.06.02 - Fire Safety.- Lviv State University of Life Safety. - Lviv, 2015.

The thesis is dedicated to solve actual scientific and technical problem — the disclosure of fire peculiarities of wheeled vehicles and the processes of arising of ignition sources as the result of aircraft electrical system heating by spark discharges or short-circuit currents as scientific basis of increasing the efficiency of ensuring fire protection of the mentioned objects, as well as around them.

The mathematical model is designed to determine the energy of spark discharges that occur in aircraft electrical systems of vehicles considering the lifetime of the spark discharge, voltage, resistance and inductance path. It helped to reveal the mechanism of the effect of the spark discharges on the electrothermal processes of the aircraft electrical systems and to reveal conditions that arise thresholds of temperature that could damage the insulation of a conductor with further possible ignition. Based on the results of mathematical modeling of the electrothermal processes of aircraft electrical systems caused by spark discharges it is revealed a quadratic dependence of the change of heating temperature of copper conductors T °C from their diameter d , mm and time t , c, which describes the dependence of the type $T = 1421,51 - 830,86d - 2127,5t + 134,3d^2 + 437,85dt + 1536,46t^2$, and it is found that the energy that occurs in spark discharge in the aircraft electrical systems of the wheeled vehicles may exceed the value of 10 J or more, that is enough to ignition of flammable gas-air environment in the engine compartment space.

Through the way of the mathematical modeling it is researched the transitional processes of heating of the insulated conductors of the aircraft electrical systems of vehicles in the instant action of heat pulses caused by spark discharges and found that the spark discharges energy of 10 J temperature of copper conductor by cross-section 1 mm² at a distance of 1 mm from the place of occurrence of discharge reaches 1300 °C.

Because of the improvement of the mathematical model of the processes of the heat conductors of the aircraft electrical systems of wheeled vehicles caused by short circuits, it is taken into account the influence of transitional resistances of contacts and resistance of the arc of short circuit that allowed to obtain the heating temperature of conductors depending on the size of short circuit current and the time of its action. It is theoretically proved and experimentally confirmed that in the path of the aircraft electrical systems of wheeled vehicles with a conductor of cross-sectional area 1 mm², the short-circuit current reaches 59 A and it is able to heat its conductor to a self-ignition temperature of insulation material (over 355 °C) for 25 s, and in the case of cross-sectional area of the conductor with size of 2.5 mm², short-circuit current is 65 A and can heat the conductor to a self-ignition temperature of insulating material for 180 s. It was established that the insulation material based on polyvinylchloride, which is often used in the aircraft electrical systems of wheeled vehicles, refers to flammable substance of average flammability that makes possible its ignition on the conditions of occurrence of sparks or short circuit current and current overload.

Key words: wheeled vehicles, fire, fire protection, aircraft electrical systems, spark discharges, instant heat pulse, energy spark, short-circuit current.

Підписано до друку 10.09.2015 р.
Друк різнограф.
Наклад 100 прим.

Формат 60 x 80 1/16
Ум. друк. арк. 0,9
Зам. № 08/2015
