



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,
АНГЛІЙСЬКОЮ, НІМЕЦЬКОЮ
ТА ПОЛЬСЬКОЮ
МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ПОЖЕЖНА
БЕЗПЕКА**

ЛДУ БЖД

№ 34, 2019

заснований у 2002 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- д-р с-г. наук **Кузик А.Д.** – головний редактор
- д-р техн. наук **Ковалишин В.В.** – науковий редактор
- д-р техн. наук **Антонов А.В.**
- канд. техн. наук **Баланюк В.М.**
- д-р інж. **Єжи Волянін**
- д-р інж. **Даріуш Врублевський**
- д-р техн. наук **Гашук П.М.**
- д-р техн. наук **Гуліда Е.М.**
- д-р техн. наук **Демчина Б.Г.**
- канд. пед. наук **Коваль М.С.**
- д-р пед. наук **Козяр М.М.**
- д-р техн. наук **Костенко В.К.**
- д-р техн. наук **Круковський П.Г.**
- канд. техн. наук **Лозинський Р.Я.**
- д-р хім. наук **Михалічко Б.М.**
- д-р фіз.-мат. наук **Тацій Р.М.**

ISSN 2078-6662

DOI: 10.32447/20786662.33.2018.00

ЗАСНОВНИК ТА ВИКОНАВЕЦЬ Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД)

ЗАРЕЄСТРОВАНО Державною реєстраційною службою України
14. 07. 2014 р. Серія КВ №20916-10716 ПР

ВНЕСЕНО ДО ПЕРЕЛІКУ НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАНЬ УКРАЇНИ
Наказ МОН України від 06.11. 2014 року № 1279)

ВНЕСЕНО ДО БІБЛОГРАФІЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ
«ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY»

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД
(*Протокол № 4 від 20. 12. 2018 р.*)

Літературний редактор Падик Г.М.

Технічний редактор Сорочич М.П.

Комп'ютерна верстка Хлевной О.В.

Відповідальний за друк Фльорко М.Я.

Друк на різнографі Трачук О.В.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007
Контактні телефони: (032) 233-24-79, тел/факс 233-00-88
E-mail: mail@ubgd.lviv.ua, pb_zbirnyk@i.ua

Збірник наукових праць "Пожежна безпека" видається з 2002 року. Запланована періодичність 2 рази на рік. Тематична спрямованість: оригінальні та оглядові праці в галузі технічних наук з напряму пожежна безпека.

Здано в набір 27. 06. 2019. Підписано до друку 01. 07. 2019.
Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 7,5.
Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі.
Наклад: 100.
Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

- | | | |
|---|----|---|
| <p>О. І. Башинський, М. З. Пелешко,
Т. Г. Березанський
ВОГНЕСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ СКЛАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ
ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ ТА
ГОРЮЧИХ РІДИН</p> | 5 | <p>O. I. Bashynskiy, M.Z. Peleshko,
T.G. Berezhanskiy
FIRE RESISTANCE OF BUILDING
STRUCTURES OF FLAMMABLE AND
COMBUSTIBLE LIQUIDS STORES</p> |
| <p>О. І. Башинський, М. З. Пелешко,
Ю. Т. Судніцин
АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ВИСОТНИХ БУДИНКІВ ТА БУДИНКІВ
ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ МІСТА
ЛЬВІВ</p> | 10 | <p>O. I. Bashynskiy, M. Z. Peleshko,
Y. T. Sydnytsyn
ANALYSIS OF REASONS OF HIGH-RISE
BUILDINGS FIRE HAZARD IN LVIV</p> |
| <p>С. Я. Вовк, Н. О. Ференц, Д. В. Харишин
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІСІЛОКСА-
НОВОГО ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА
ВОГНЕСТІЙКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ З
АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ</p> | 16 | <p>S. Ya. Vovk, N. O. Ferents, D.V. Kharyshyn
RESEARCH ON THE EFFECT OF
PROTECTING COATING ON THE FIRE
RESISTANCE OF ALUMINUM ALLOY
STRUCTURES</p> |
| <p>Т. М. Войтович, В. В. Ковалишин,
В. В. Чернецький
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І
РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ «ПІДШАРОВОГО»
ГАСІННЯ</p> | 21 | <p>T. M. Voitovych, V. V. Kovalyshyn,
V. V. Chernetskyi
DESIGN AND CALCULATION SPECIFICS
OF THE SUBSURFACE FIRE
EXTINGUISHING SYSTEM</p> |
| <p>Е. М. Гуліда, О. М. Коваль, В. В. Шарій
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО
ЗАХИСТУ ВИРОБНИЧО-СКЛАДСЬКИХ
ОБ'ЄКТІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ
З УРАХУВАННЯМ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ</p> | 28 | <p>E. M. Hulida, O. M. Koval, V. V. Sharii
PROVIDING FIRE PROTECTION
OF INDUSTRIAL WAREHOUSE
FACILITIES CONSIDERING FIRE RISK</p> |
| <p>О. О. Ковальов, А. Я. Калиновський,
О. Г. Поліванов
РОЗРОБКА ОКРЕМИХ АСПЕКТІВ
КОНТЕЙНЕРНОГО МЕТОДУ ПОЖЕЖО-
ГАСІННЯ</p> | 35 | <p>O. O. Kovalev, A. Y. Kalinovsky,
O. G. Polivanov
DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL
ASPECTS OF CONTAINER METHOD
OF FIRE EXTINGUISHING</p> |
| <p>І. П. Кравець, О. І. Башинський,
А. П. Кушнір, О. В. Шаповалов
ЧИННИКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА
ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК</p> | 43 | <p>I. Kravets, O. Bashynskiy, A. Kushnir,
O. Shapovalov
FACTORS OF FIRE HAZARD OF
ELECTRICITY-GENERATING EQUIPMENT</p> |
| <p>А. Д. Кузык, Д. В. Лагно
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЛІКВІДАЦІЇ
ПОЖЕЖІ У ЗАБРУДНЕНИХ
РАДІОНУКЛІДАМИ ЛІСАХ НА ТЕРИТОРІЇ
ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ</p> | 47 | <p>A. D. Kuzyk, D. V. Lagno
SPECIAL CHARACTERISTICS OF FIRE-
FIGHTING IN RADIONUCLIDE-
CONTAMINATED FORESTS OF THE
CHORNOBYL EXCLUSION ZONE</p> |
| <p>О. В. Лазаренко, О. Д. Синельников,
І. М. Биков, А. С. Кусковець
ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ
ІНШИХ НЕВІДКЛАДНИХ РОБІТ
В ЕЛЕКТРОКАРАХ</p> | 54 | <p>O. V. Lazarenko, O. D. Synelnikov,
I. M. Bykov, A. S. Kuskovets
FIRE EXTINGUISHING AND OTHER
URGENT WORK IN ELECTRIC CARS</p> |

**В. І. Луц, О. В. Лазаренко, В. Б. Лоїк,
С. В. Волошко**
ОБГРУНТУВАННЯ ПОПРАВКОВИХ
КОЕФІЦІЄНТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ
РОБОТИ ЛАНОК ГАЗОДИМОЗАХИСНОЇ
СЛУЖБИ

59

**V. I. Lushch, O. V. Lazarenko, V. B. Loik,
S. V. Voloshko**
THE REASONING OF CORRECTIVE
COEFFICIENTS FOR DETERMINING THE
TIME OF PROTECTIVE ACTION OF SELF-
CONTAINED BREATHING APPARATUS
FOR FIREFIGHTERS

**П. В. Пастухов, В. В. Кочубей,
О. І. Лавренюк, Б. М. Михалічко**
ХІМІЧНОСТІЙКІ ВОГНЕЗАХИСНІ
ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНИХ
КУПРУМ(ІІ) КАРБОНАТОМ
ЕПОКСІАМІННИХ КОМПОЗИЦІЙ

66

**P. V. Pastuhov, V. V. Kochubei,
O. I. Lavrenyuk, B. M. Mykhalitchko**
CHEMICALLY RESISTANT FLAME
RETARDING COATINGS BASED ON
EPOXY-AMINE COMPOSITES MODIFIED
WITH COPPER(II) CARBONATE

А. А. Ренкас
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАГАТОПУСТОТНИХ
ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
ЛИСТОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

72

A. A. Renkas
FIRE RESISTANCE PROVIDING OF
HOLLOW-CORE CONCRETE SLABS
USING SHEET BUILDING MATERIALS

Ю. І. Рудик, В. М. Шунькін
ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГУ ГОРЮЧОГО
МАТЕРІАЛУ КАБЕЛЬНИХ ВИРОБІВ ПРИ
ВИПРОБУВАННІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

78

Yu. Rudyk, V. Shunkin
DETERMINATION OF THE QUANTITY OF
COMBUSTIBLE MATERIAL IN CABLE
PRODUCTS IN THE PROCESS OF FIRE
SAFETY TESTING

Р. М. Тацій, О. Ю. Пазен, Л. С. Шупот
ВИЗНАЧЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕМ-
ПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СИСТЕМІ ДВОХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ
ЗА УМОВ ПОЖЕЖІ

84

R. Tatsii, O. Pazen, L. Shypot
DETERMINATION OF THE NON-
STATIONARY TEMPERATURE FIELD IN
THE SYSTEM OF TWO CYLINDRICAL
SHELL UNDER THE FIRE CONDITIONS

**Н. О. Ференц, С. Я. Вовк, А. С. Лин,
Д. В. Харишин**
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВИБУХУ
СФЕРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ІДПРИЄМСТВ
НАФТОГАЗОПЕРЕРОБНОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ

91

**N. O. Ferents, S. Ya. Vovk, A. S. Lyn,
D. V. Kharyshyn**
EXPLOSIVE HAZARD OF SPHERICAL
TANKS OF OIL AND GAS REFINING
ENTERPRISES

**Р. С. Яковчук, А. Д. Кузик,
О. С. Ємельяненко, Т. М. Скоробагатко**
МЕХАНІЗМ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ
ПОВЕРХНЕЮ КОНСТРУКЦІЙ ЗОВНІШНІХ
СТІН ІЗ ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ З
ГОРЮЧИМ УТЕПЛЮВАЧЕМ ТА ОПО-
РЯДЖЕННЯМ ШТУКАТУРКОЮ

96

**R. Yakovchuk, A. Kuzyk, S. Yemelyanenko,
T. Skorobatko**
FIRE SPREAD MECHANISM ON SURFACE
OF CONSTRUCTION FIT WITH FACADE
HEAT INSULATION BASED ON
COMBUSTIBLE INSULANT AND
FINISHED WITH PLASTER

О. В. Лазаренко¹, О. Д. Синельников¹, І. М. Биков¹, А. С. Кусковець²

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Рівненський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ІНШИХ НЕВІДКЛАДНИХ РОБІТ В ЕЛЕКТРОКАРАХ

Розвиток сучасних технологій одночасно з покращенням умов існування людства створює додаткові небезпеки, які необхідно вирішувати для безпечних та комфортних умов перебування людей. Одним з таких напрямків розвитку людства є поступовий перехід на альтернативні джерела енергії та види транспортних засобів, зокрема на електромобілі. Сучасні версії електромобілів за своїми тактико-технічними характеристиками практично нічим не поступаються автомобілям на двигунах внутрішнього згорання, однак проведені дослідження показують, що з точки зору пожежної безпеки та тактики проведення пожежогасіння акумуляторні батареї електрокарів вимагають дещо інших підходів та алгоритмів проведення аварійно-рятувальних робіт.

Розглянувши сучасний досвід та експериментальні результати досліджень стосовно тактики пожежогасіння електромобілів виявилось, що нормативна інтенсивність подачі води (водних розчинів) повинна бути збільшена і становити не менше як $1,2 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$. Збільшення нормативної інтенсивності подачі води вимагає від керівника гасіння пожежі заздалегідь подбати про безперебійну подачу вогнегасного засобу до осередку займання, обов'язково встановивши автоцистерни на пожежний гідрант чи водойму. Специфіка гасіння електрокарів також показує неефективність використання у якості вогнегасного засобу повітряно-механічної піни та необхідність обов'язкового проведення розбору конструкції акумуляторної батареї електрокара після ліквідації пожежі.

Основні результати роботи зведені в загальний перелік алгоритму дій керівника гасіння пожежі по прибуттю на місце надзвичайної ситуації пов'язаної з займанням електромобіля. Дотримання керівником гасіння пожежі наведеного алгоритму дій дозволить мінімізувати ризики для особового складу оперативно-рятувального підрозділу та пришвидшити проведення ліквідації пожежі. Згідно із проведеним аналізом та науковими результатами визначено майбутні напрямки наукових досліджень, які повинні бути спрямовані на удосконалення алгоритму дій та тактики пожежогасіння електрокарів, розробку технічних приладів для гасіння акумуляторної батареї електромобілів, розробку систем автоматичного пожежогасіння електрокарів, розробку більш ефективних вогнегасних засобів для гасіння акумуляторної батареї електромобілів.

Ключові слова: електромобіль, гасіння електромобіля, інтенсивність подачі вогнегасного засобу, гасіння акумуляторних батарей.

Вступ. Четверта науково-технічна революція, що розпочалася з середини ХХ століття привела до стрімкого розвитку інформаційно-телекомунікаційних систем, штучного інтелекту, інформатизації суспільства та багатьох інших аспектів розвитку людства. Безперечний стрибок за останні 10 років, відбувся в автомобільній галузі. Все більше та все частіше на вулицях наших міст з'являються засоби пересування, що живляться від акумуляторної батареї і є цілком автономними та самодостатніми засобами пересування, які здатні конкурувати, подекуди і повністю витіснити звичні для нас автомобілі (чи інші засоби пересування), що працюють на двигуні внутрішнього згорання (ДВЗ).

Невелика кількість електромобілів порівняно з традиційними автомобілями нп ДВЗ, не дає змогу на сьогодні в повному масштабі оцінити всі ризики та небезпеки, які можуть виникнути в процесі їх експлуатації, а особливо, що стосується тактики

пожежогасіння та проведення аварійно-рятувальних робіт. Однак, вже сьогодні все частіше можна натрапити на інформацію, що електромобілі ставлять нові виклики перед оперативно-рятувальними підрозділами [1], які потребують негайного аналізу та прийняття відповідних рішень.

Постановка проблеми. Проведений аналіз основних небезпек акумуляторної батареї, що використовуються для живлення електрокарів [2, 3] показав, що:

- під час пожежі електрокара виділяється значна кількість небезпечних хімічних речовин, зокрема також можлива наявність HCN та HF, що зобов'язує рятувальників використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання;
- гасіння акумуляторної батареї потребує значної кількості води-від 1200 літрів і більше, і також можливі самозаймання після проведення гасіння;

- явище повторного самозаймання акумуляторної батареї пояснюється самодостатністю хімічного процесу, що проходить в середині літій-іонного акумулятора. Тобто під час порушення нормальної роботи літій-іонного акумулятора та підвищення в ньому температури понад 74 °С вивільняється велика кількість окисника, що доповнює класичний трикутник горіння [4]. Саме тому, використання повітряно-механічної піни під час гасіння акумуляторної батареї електрокарів є неефективним.

Виклад основного матеріалу. При більш детальному аналізі, зазначених вище, особливостях розвитку горіння акумуляторних батарей електрокарів, небезпечних факторів пожежі та необхідної кількості вогнегасного засобу для забезпечення успішного гасіння, виникає необхідність уточнення тактики гасіння електрокарів з подальшим коректуванням пожежно-технічних розрахунків та алгоритму дій оперативно-рятувальних підрозділів.

На етапі розробки планів та карточок пожежогасіння в оперативно-рятувальних підрозділах ДСНС України [6] виконується розрахунок необхідної кількості сил та засобів для гасіння імовірної пожежі. Згідно з проведеним розрахунком, КГП може спрогнозувати свої дії на випадок пожежі та дізнатися необхідну кількість вогнегасних речовин. Відповідно до особливостей об'єкта та небезпеки виникнення пожежі на ньому, керівництво оперативно-рятувального підрозділу проводить подальше відпрацювання та корегування планів та карток пожежогасіння.

Згідно з методикою розрахунку сил і засобів [7] та довідникових даних [8] під час проведення розрахунку потрібної кількості сил і засобів необхідно зважати на інтенсивність подачі вогнегасного засобу на гасіння пожежі, оскільки цей параметр безпосередньо впливатиме на необхідну кількість сил та засобів для гасіння пожежі.

Як зазначалося раніше, у випадку гасіння акумуляторної батареї електрокара використання повітряно-механічної піни є неефективним, саме тому основним вогнегасним засобом для гасіння електрокарів має бути розпилена вода та водні розчини. Відповідно до довідникових показників, інтенсивність подачі води під час гасіння транспортних засобів, а саме автомобілів на відкритих стоянках, становить 0,1 л/(с·м²). Однак, зважаючи на результати експериментальних даних [9] та практичний досвід гасіння [10] електрокарів, цей показник потребує коригування.

Грунтуючись на результатах проведених експериментів [9] (табл.1), було визначено середню витрату води (л/с) на гасіння макета електромоделі зі справжньою акумуляторною батареєю, яка становить 7,6 л/с.

Таблиця 1

Результати кількості витраченої води під час гасіння акумуляторних батарей електромоделі

Вид батареї / серія тестів	Час, затрачений на гасіння, хв	Час подачі води, хв	Загальна кількість води, л	Примітка	Витрата води, л/с
A1	5,88	2,20	1040	Тільки батарея	7,8
A2	36,60	3,53	1673	Тільки батарея	7,8
A3	49,67	9,77	4012	Батарея з елементами декору	6,8
B1	26,52	14,03	6639	Тільки батарея	7,8
B2	37,60	21,37	9989	Тільки батарея	7,7
B3*	13,88	9,32	4410	Батарея з елементами декору	7,8
Середнє значення витрати води з всієї серії дослідів, л/с					7,6

* час і кількість витраченої води для гасіння пожежі значно відрізняється внаслідок того, що пожежники вже мали досвід гасіння на прикладі попередніх спроб.

Отримавши середнє значення витрати води на гасіння електрокара (макета автомобіля) ми можемо тепер визначити безпосередньо інтенсивність витрати води з розрахунку подачі на м², який становитиме близько 1,2 л/(с·м²). за умови, що повна площа горіння електрокара становитиме 6 м². Загальна площа електромоделі прийнята з розрахунку середніх показників звичайного автомобіля, а саме: ширини-2 м та довжини-3 м. Отримане значення інтенсивності подачі та необхідність значної кількості води можна також підтвердити численними практичним досвідом гасіння подібних пожеж [10] та безпосередніми рекомендаціями інструкцій заводів-виробників [11].

Порівнявши отримане значення інтенсивності подачі води на гасіння з довідниковим стає цілком очевидним, що реальні потреби у забезпеченні водою перевищують нормативні у 12 разів.

Розглядаючи первинні дії керівника гасіння пожежі (КГП) з прибуттям на місце пожежі (горіння електрокара) та взявши до уваги сучасний досвід гасіння подібних пожеж, [12, 13] особовий склад та КГП повинні:

1. З прибуттям на місце пожежі перш за все визначити тип та марку автомобіля. У різних марок та моделей електрокарів розміщення силових кабелів, акумуляторних батарей тощо може суттєво відрізнятися. Правильне визначення розміщення основних елементів електромоделі створить сприятливі та безпечні умови для подальшої ліквідації пожежі та рятування постраждалих.

2. Знерухомити автомобіль та створити умови для унеможливлення його подальшого руху. Виконання цього етапу є обов'язковим для забезпечення особового складу від випадків неконтрольованого руху транспортного засобу та випадкового наїзду. Для забезпечення можливе використання спеціального обладнання та підручних засобів.

3. Обов'язково відключити системи електроживлення електрокара. Як правило в кожному автомобілі заводом-виробником передбачена система аварійного відключення акумуляторної батареї, однак досить часто під час оперативної роботи можуть виникати труднощі з віднаходженням централізованого місця відключення електроживлення. При виникненні подібних ситуацій виникає необхідність у перерізанні силових кабелів та перерізанні механічному вилученні акумуляторної батареї. Для реалізації вище зазначених завдань особовий склад та КГП повинні виконати пункт №1 та знати технічні особливості автомобіля.

4. КГП в обов'язковому порядку у випадку необхідності проведення гасіння повинен забезпечити безперебійну подачу води у великій кількості, саме тому з прибуттям автоцистерну необхідно встановити на вододжерело. Під час проведення гасіння у разі необхідності потрібно проводити заходи із запобігання ураженню електричним струмом особового складу шляхом застосувань діелектричного комплекту, заземлення пожежного ствола. По можливості для гасіння необхідно використовувати сучасні перекривні пожежні стволи (Protect, ТГТ тощо) з можливістю подачі розпиленого струменя води та регульованої витрати (від 3,7 до 7,4 л/с).

5. Під час безпосереднього гасіння пожежі особовий склад повинен використовувати засоби індивідуального захисту (апарати на стисненому повітрі). Як зазначалося раніше горіння акумуляторної батареї супроводжується виділенням специфічних та небезпечних хімічних речовин тривалий вплив яких спричиняє сильне отруєння людського організму і саме тому використання апаратів на стисненому повітрі є обов'язковим.

6. Після ліквідації пожежі необхідно розібрати акумуляторну батарею та полити її розпиленними струменями води. Розбирання акумуляторної батареї необхідно здійснювати з використанням діелектричного комплекту та спеціального моторизованого інструменту. Можливе використання тепловізора для визначення найбільш нагрітих ділянок для подальшого їх охолодження.

7. Після проведення всіх робіт потрібно попередити відповідні служби, власника про можливість повторного самозаймання автомобіля. Для запобігання подібній ситуації необхідно

здійснювати постійний нагляд за електромобілем протягом доби після ліквідації загорання.

Для порівняння отриманих результатів проведемо первинний розрахунок сил та засобів, необхідних для ліквідації надзвичайної ситуації, пов'язаної з займанням акумуляторної батареї електрокара та звичайного автомобіля з ДВЗ. Прийmemo що площа пожежі (S_n) становитиме 6 м^2 .

$$Q_n = S_n \cdot I_{np} = 6 \cdot 0,1 = 0,6 \quad (1)$$

$$Q_n = S_n \cdot I_{np} = 6 \cdot 1,2 = 7,2 \quad (2)$$

де: Q_n – необхідна витрата вогнегасного засобу (води), л/с; S_n – площа пожежі, м^2 ; I_{np} – розрахункова інтенсивність подачі води на гасіння $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, для двох варіантів розрахунку.

Визначаємо кількість стволів для локалізації пожежі, шт.:

$$N_{ств}^B = \frac{Q_n}{q_{ств}^B} = \frac{0,6}{3,7} = 1 \quad (3)$$

$$N_{ств}^B = \frac{Q_n}{q_{ств}^B} = \frac{7,2}{3,7} = 2 \quad (4)$$

де: $q_{ств}^B$ – мінімальна витрата з ствола «Б» при напорі 40 м.в.с, л/с.

Визначаємо фактичну витрату води на гасіння пожежі, л/с:

$$Q_\phi = Q_\phi^r = (n_{ств}^B \cdot q_{ств}^B) = (1 \cdot 3,7) = 3,7 \quad (5)$$

$$Q_\phi = Q_\phi^r = (n_{ств}^B \cdot q_{ств}^B) = (2 \cdot 3,7) = 7,4 \quad (6)$$

Визначаємо кількість особового складу:

$$N_{o/c} = N_{ств}^B \cdot 1 + N_{роз} \cdot 1 + N_{водії} \cdot 1 + N_{(КГП, ШТАБ)} = 1 \cdot 1 + 1 + 1 + 1 = 4 \quad (7)$$

$$N_{o/c} = N_{від}^{ГДЗС} \cdot 2 + N_{роз} \cdot 1 + N_{водії} \cdot 1 + N_{(КГП, ШТАБ)} = 2 \cdot 2 + 1 + 1 + 1 = 7 \quad (8)$$

де $N_{o/c}$ – кількість особового складу необхідного для гасіння гасіння, чол.; $N_{ств}^B$ – кількість перекривних пожежних стволів необхідних для гасіння, шт.; $N_{від}^{ГДЗС}$ – кількість ланок газодимозахисної служби, шт.; $N_{роз}$ – кількість розгалужень, шт.; $N_{водії}$ – кількість водіїв, чол.; $N_{(КГП, ШТАБ)}$ – кількість керівників, чол.

Визначаємо кількість відділень

$$N_{від} = \frac{N_{o/c}}{4} = \frac{4}{4} = 1 \quad (9)$$

$$N_{від} = \frac{N_{o/c}}{4} = \frac{7}{4} = 2 \quad (10)$$

$N_{від}$ – кількість відділень, шт.

Виходячи з можливостей автоцистерни щодо вивозу особового складу, кількості відділень необхідних для залучення ліквідації загоряння автомобіля (електрокара), можна прирівняти до кількості необхідних машин (автоцистерн або автомобілів першої допомоги).

$$N_m = N_{від} \quad (11)$$

N_m – кількість відділень, шт.

Отримані розрахунки зведемо в табличну форму (табл.2)

Таблиця 2

Результати розрахунку основних параметрів пожежо-гасіння електрокара за умови різних варіантів інтенсивності подачі вогнегасного засобу

Параметр	Варіант розрахунку за умови $I_{np} = 0,1$ л/(с·м ²)	Варіант розрахунку за умови $I_{np} = 1,2$ л/(с·м ²)
Q_u^2	0,6	7,2
$N_{ств}^B$	1	2
$Q_{ф}$	3,7	7,4
$N_{о/с}$	4	7
$N_{від}$	1	2
N_m	1	2

Згідно з отриманими результатами та наведених алгоритмом дій КГП під час гасіння електрокара, можна стверджувати, що кількість необхідних сил та засобів для ліквідації подібної надзвичайної ситуації у порівнянні із типовим загоранням автомобіля на ДВЗ має бути збільшена мінімум у двічі.

Висновок. Підсумовуючи зазначені вище результати досліджень та розрахунки беззаперечно можна стверджувати, що динаміка розвитку пожежі та тактика гасіння електрокарів значно відрізняється від звичної пожежі автомобіля на ДВЗ. Загалом питання гасіння та проведення аварійно-рятувальних робіт в електрокарах потребує подальшого дослідження та вдосконалення. Однак вже сьогодні можна стверджувати, що для гасіння електрокара необхідно забезпечити інтенсивність подачі вогнегасного засобу у кількості не менше як 1,2 л/(с·м²) і мінімум два оперативно-рятувальних відділення на автоцистернах.

Подальші дослідження в цьому напрямку повинні бути спрямовані на удосконалення алгоритму дій та тактики пожежогасіння електрокарів, розробку технічних приладів для гасіння акумуляторної батареї електромобілів, розробку систем автоматичного пожежогасіння електрокарів, розробку більш ефективних вогнегасних засобів для гасіння акумуляторної батареї електромобілів.

Список літератури:

1. Інформаційний інтернет ресурс «Consumer Reports» – режим доступу: <https://www.consumerreports.org/car-safety/tesla-fires-demonstrate-challenges-firefighters-face-with-evs/>.
2. Lazarenko O. Research on the Fire Hazards of Cells in Electric Car Batteries / O. Lazarenko, V. Loik, B. Shtain, D. Riegert // *Bezpieczeństwo i technika pożarnicza* – 2018. – Vol. 52. – Issue 44. Pp.58-67.
3. Ковальчук Т.М. Теоретичні основи гасіння електроавтомобіля / Т.М. Ковальчук, О.В. Лазаренко // XIII Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» – 2018. С. 122 – 123.
4. Wang Q., Sun J., Chu G., Lithium Ion Battery Fire and Explosion, Fire safety science-proceedings of the eighth international symposium, 2005, 375–382, doi:10.3801/IAFSS.FSS.8-375.
5. Биков І.М. Особливості проведення гасіння електроавтомобіля / І.М. Биков, Лазаренко О.В. // XIV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» – 2019. С. 92 – 93.
6. Наказ МНС України № 1021 від 23.09.2011 «Про затвердження Методичних рекомендацій зі складання та використання оперативних планів та карток пожежогасіння».
7. Наказ №1341 від 16.12.2011 «Про затвердження Методики розрахунку сил і засобів, необхідних для гасіння пожеж у будівлях і на територіях різного призначення».
8. Довідник керівника гасіння / [Коротинський П.А., Савинський С.П., Луц В.І. та ін.]; під ред. В.С. Кропивницького. К.: ТОВ «Літера-Друк», 2016. 320 с.
9. Long, R.T. Jr., Blum, A.F., *Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicle Battery Hazards: Full-Scale Testing Results*, International Symposium on Fire Investigation Science and Technology, USA, 2014, 12.
10. Інформаційний інтернет ресурс «Theverge» – режим доступу: <https://www.theverge.com/2018/7/3/17530646/tesla-battery-fire-electric-vehicles-transportation-science>.
11. Інформаційний інтернет ресурс «Tesla» – режим доступу: https://www.tesla.com/sites/default/files/downloads/en_EU/model_s_2014_emergency_response_guide.pdf?09-2017
12. Інформаційний інтернет ресурс «Jalopnik» – режим доступу: <https://jalopnik.com/watch-volunteer-firefighters-in-austria-extinguish-a-fi-1819665352>.
13. Інформаційний інтернет ресурс «Electrek» – режим доступу: <https://electrek.co/2016/09/10/tesla-fire-firefighters-behind-the-scene-disable-battery/>.

References:

1. Plungis, J. (2018). How Tesla and other EV battery fires challenge first-responder tactics [Website]. Retrieved June 27, 2018 from consumerreports website: <https://www.consumerreports.org/car-safety/tesla-fires-demonstrate-challenges-firefighters-face-with-evs/>.
2. Lazarenko O., Loik V., Shtain B., Riegert D. (2018) Research on the Fire Hazards of Cells in Electric Car Batteries. *Bezpieczeństwo i technika pożarnicza. BITP. Vol. 52. (Issue 44)*, pp.58-67. doi:10.12845/bitp.52.4.2018.7
3. Kovalchuk T.M., Lazarenko O.V. (2018) Teoretychni osnovy hasinnia elektroavtomobilia [Theoretical foundations of electric car extinguishing]. *XIII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh, kursantiv ta studentiv «Problemy ta perspektyvy rozvytku systemy bezpeky zhyttiediialnosti*. pp. 122 – 123.
4. Wang Q., Sun J., Chu G., (2005) Lithium Ion Battery Fire and Explosion, *Fire safety science-proceedings of the eighth international symposium*, pp. 375–382. doi:10.3801/IAFSS.FSS.8-375.
5. Bykov I.M., Lazarenko O.V. (2019) Osoblyvosti provedennia hasinnia elektroavtomobilia [Features of electric car extinguishing]. *XIV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh, kursantiv ta studentiv «Problemy ta perspektyvy rozvytku systemy bezpeky zhyttiediialnosti*. pp. 92 – 93.
6. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine from September 23, 2011 № 1021 On Approval of Methodological Recommendations for the Formation and Use of Operational Fire Extinguishing Plans and Cards.
7. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine from December 16, 2011 №1341 On approval of the Methodology for calculating the forces and facilities necessary to extinguish fires in buildings and territories of different purposes.
8. Dovidnyk kerivnyka hasinnia (2016) [Guide to the fire-extinguishing chief] Kyiv. 320 p.
9. Long, R.T. Jr., Blum, A.F., (2013) *Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicle Battery Hazards: Full-Scale Testing Results*, Fire Protection Research Foundation report.
10. Chen, A. (2018) Electric vehicles mean first responders have to deal with battery fires [Website]. Retrieved July 3, 2018 from Theverge website: <https://www.theverge.com/2018/7/3/17530646/tesla-battery-fire-electric-vehicles-transportation-science>.
11. Emergency response guide Tesla Model S (2014). [Website]. Retrieved from Tesla website: https://www.tesla.com/sites/default/files/downloads/en_EU/model_s_2014_emergency_response_guide.pdf?09-2017
12. Tracy, D. (2017). Here's what firefighters do to extinguish a battery fire on a Tesla Model S [Website]. Retrieved October 18, 2017 from Jalopnik website: <https://jalopnik.com/watch-volunteer-firefighters-in-austria-extinguish-a-fi-1819665352>.
13. Lambert, F. (2016) Behind the scene look at how firefighters disable a Tesla battery while extinguishing a Model S fire [Website]. Retrieved Sep. 10, 2016 from Electrek website: <https://electrek.co/2016/09/10/tesla-fire-firefighters-behind-the-scene-disable-battery/>.

O. V. Lazarenko, O. D. Synelnikov, I. M. Bykov, A. S. Kuskovets

FIRE EXTINGUISHING AND OTHER URGENT WORK IN ELECTRIC CARS

The development of modern technologies simultaneously with the improvement of the conditions of human existence creates additional risks that had been solved to ensure the safety and comfortable conditions of people's stay. One of these areas of human development is the gradual transition to alternative energy sources and modes of transport, including electric vehicles. Modern versions of electric vehicles, by their tactical and technical characteristics, practically do not concede cars with engines of internal combustion, but the research shows that from the point of view of fire safety and tactics of firefighting, the batteries of electric cars require some other approaches and algorithms for carrying out of emergency rescue works.

Considering the modern experience and experimental results of research on the tactics of firefighting of electric vehicles, it turned out that the normative intensity of water supply (aqueous solutions) should be increased and make not less than $1,2 \text{ l}/(\text{c} \cdot \text{m}^2)$. An increase in the normative intensity of water supply requires the fire-extinguishing chief to ensure in advance the uninterrupted supply of the extinguishing agent to the fire brigade, necessarily installing a tanker truck on a fire hydrant or reservoir. The specificity of the extinguishing of electric cars also shows the ineffectiveness of the use of a fire-extinguishing agent of air-mechanical foam and the necessity of compulsory dismantling of the battery pack of an electric vehicle after the elimination of the fire.

The main results of the work are summarized in the general list of the algorithm of actions of the fire-extinguishing chief after his arrival at the place of the emergency related to the ignition of electric vehicles. Compliance by the fire-extinguishing chief of the given algorithm of action will minimize the risks for the personnel of the rescue unit and accelerate the elimination of the fire. Accordingly, to the analysis and scientific results, the future directions of scientific research should be aimed: at improving the algorithm of action and tactics of elimination the fire of electric cars, the development of technical devices for extinguishing the battery of electric cars, the development of automatic fire extinguishing of electric cars, the development of more effective fire extinguishing means for extinguishing the rechargeable battery of electric cars.

Keywords: electric car, extinguishing of an electric car, intensity of supply of extinguishing agent, extinguishing of an electric car battery.