

*В. М. Баланюк¹, Н. М. Козяр²,
Ю. О. Копистинський¹, А. В. Кравченко³*

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Головне управління ДСНС України у м. Києві

³Головне управління ДСНС у Львівській області

ПРОБЛЕМИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ СПИРТІВ ТА ЇХ СУМІШЕЙ

Постановка проблеми: В роботі висвітлено проблеми гасіння етанолу, метанолу та інших полярних рідин, які при горінні володіють рядом особливостей, що ускладнюють як гасіння, так і флегматизування їх пароповітряних сумішей. Етанол як найбільш поширений представник гомологічного ряду спиртів володіє такими характеристиками – температура горіння становить близько 1000 °С, горить без виділення кіптяви, температура займання становить нижче 20 °С, температура спалаху для етанолу становить + 12°С, а для бензинів з вмістом спирту від -30С до -18С - Е85 (зимовий та літній варіанти) та Е95 (бензин з вмістом етанолу від 5 до 30 %) – близько 5 °С, що вказує на особливу пожежну небезпеку спирту та його сумішей, а можливість руйнувати піну обумовлює проблеми його гасіння.

Мета: Висвітлити проблеми гасіння спиртів та вказати можливі шляхи їх усунення.

Основні результати дослідження: З метою підвищення ефективності та швидкості гасіння було запропоновано використовувати для гасіння вогнегасні аерозолі. Вогнегасні аерозолі є більш зручні в експлуатації та дешевші порівняно з газовим, пінним та водяним пожежогасінням. Що стосується флегматизувальних концентрацій, то, як відомо, всі зазначені речовини володіють різними значеннями флегматизувальної концентрації. Найнижчі показники флегматизувальної концентрації є у вогнегасних аерозолів, які завдяки розвинутій поверхні ефективно переривають ланцюгові реакції та пригнічують вибухи. В роботі наголошено, що гасіння спиртів об'ємними вогнегасними речовинами представляє інтерес з позиції ефективності, вартості, швидкості та можливості вибухопригнічення спиртоповітряних сумішей, а створення нових ефективних газоаерозольних сумішей є актуальним питанням яке підлягає розв'язку. В роботі отримано такі основні результати, а саме: процес гасіння полярних рідин на сьогодні час не є досконалим і майже у всіх випадках полярна горюча рідина зазнає втрат якості. Крім того кількість піноутворювача є значно більшою за кількість, яка необхідна при гасінні спиртів, а також вартість зазначеного типу піноутворювача є у декілька разів вищою за вартість піноутворювача загального призначення. Крім цього, гасіння вогнегасними речовинами об'ємної дії є набагато ефективнішим від гасіння піною, оскільки вогнегасна речовина об'ємної дії гасить 3Д пожежі. Для подальшого збільшення вогнегасної ефективності та зменшення втрат рідини під час гасіння, актуальним є подальше дослідження газоаерозольних сумішей в їх різних комбінаціях.

Ключові слова: етанол, метанол, пожежонебезпечність, гасіння спиртів, флегматизатори, вогнегасні засоби, пожежі спиртів.

Постановка проблеми. Полярні горючі рідини, зокрема етанол, останнім часом набуває все більшого поширення завдяки значному розширенню спектра його застосування та застосовується в хімічній, легкій, харчовій галузях, а також автомобільній, як добавка до бензинів з метою підвищення їх октанового числа. Незважаючи на тривалу історію застосування етанолу, його вибухопожежо-небезпека перебуває на високому рівні і вибухи та пожежі незважаючи на вжиті заходи під час

гасіння та флегматизування продовжують траплятись. Аналіз пожеж зі спиртами показав, що вони мають тенденцію до збільшення як кількості, так і масштабів. Так 24.06.17 р. сталась пожежа на території Збаражського спиртзаводу в Тернопільській області, де вибухнули з продовженням горіння цистерни з біоетанолом, при цьому було евакуйовано 350 місцевих жителів [1]. А 20.06.2015 р. в Пісковському районі Брестського району (Білорусь) в результаті влучання блискавки в

склад зі спиртом згоріло 110 тонн спирту [2]. У США в м. Балтімор [3] 14 травня на мосту зазнав аварії танкер який перевозив етанол, в результаті чого стався його вилиття та займання. До ліквідації аварії було залучено 4 пожежні автомобілі, які подавали піну, але гасіння ускладнювалось тим що, спирт витікав з цистерни і піна не ефективно покривала його поверхню у вертикальному положенні. Як правило пожежі спиртів починаються з вибуху який руйнує резервуар після чого стається пожежа. В таблиці 1 показано інформацію про найбільші пожежі, які трапились за останні 20 років в світі, та відповідно кількість піноутворювача, яка була використана для їх гасіння.

Як видно з таблиці 1, при гасінні спирту витрата піноутворювача є набагато більшою, ніж при гасінні нафтопродукту, середня витрата якого, виходячи з довідника керівника гасіння пожежі [5] при подаванні піни через ГПС -600, становить 21,6 л/с. Деколи необхідна для гасіння кількість піноутворювача є більшою від початкового об'єму спирту, який горить.

окремих приміщень та значної довжини трубопровідної арматури.

На об'єктах з перебуванням людей необхідно враховувати граничні концентрації вогнегасного газу, які можуть призвести до ускладнення дихання. Ця концентрація становить мінімально 14 % кисню. Подальше зниження концентрації призведе до втрати свідомості та можливої смерті. Для досягнення вогнегасної концентрації вуглекислого газу необхідно досягнути концентрації близько 25-30 %, а флегматизувальної 35%-45%, що значно вище за допустимі значення. Значення концентрацій для азоту є ще більшими та відповідають концентраціям в 40% для вогнегасної та 50%-55% для флегматизувальної.

Таким чином, вказані значення концентрацій є досить високими для гасіння і флегматизування і потребують значного заповнення за об'ємом. При цьому гасіння та флегматизація забезпечується лише завдяки тепловідведенню газами-флегматизаторами.

Об'ємне гасіння є одним з найбільш

Таблиця 1

Загальна витрата піноутворювача на гасіння спирту на пожежах [4]

№ з/п	Дата, рік	Місце пожежі	Кількість та вид горючої рідини, л	Загальна кількість піноутворювача, л	Витрата піноутворювача, л/м ²
1	1996	Amoco (США)	Etanol (МВТЕ) 87000	2800000	65,5
2	1998	Nedalko (Нідерланди)	Etanol (відс дані)	11000	-
3	2000	Villette-sur-Aube (Франція)	Etanol (відс дані)	50000	6,5
4	2001	Liller (bund + tank) (США)	Etanol (відс дані)	23000	-
5	2004	Port Kembla (Австралія)	Etanol (відс дані)	36000	-

Середня витрата розчину піноутворювача на одиницю площі при гасінні становила у цих випадках близько 62 л/м².

Таким чином, виходячи з невеличкого проведеного аналізу, видно що існує проблема ефективного і чистого гасіння спиртів та їх сумішей, яка потребує подальшого дослідження та вирішення.

Мета: Показати проблеми гасіння спиртів та виявити можливі шляхи їх рішення.

Основні результати дослідження. Виходячи із значень вогнегасних та флегматизувальних концентрацій вогнегасних газів подача необхідної кількості газу в захищений об'єм є часто проблемною, оскільки кількість посудин, необхідних для цього в деяких випадках є значною, що потребує

ефективних способів протипожежного захисту, оскільки пристрої з можливістю швидкого гасіння об'єму інертним газом запобігають вибухам в апаратах і приміщеннях при створенні вибухонебезпечних концентрацій речовин. Припинення горіння шляхом введення в зону реакції негорючих газів і запобігання створення вибухонебезпечної концентрації компонентів можна віднести до методу розбавлення чи флегматизації пароповітряних сумішей, що утворюються на поверхні рідин. Етанол, метанол та інші полярні рідини при горінні володіють рядом особливостей, які ускладнюють їх гасіння та флегматизування їх пароповітряних сумішей. Етанол як найбільш поширений представник гомологічного ряду спиртів має такі характеристики: температура горіння становить близько 1000 °С; температура займання

становить нижче 20 °С, що вказує на особливу пожежну небезпеку таких рідин; температура спалаху для етанолу становить + 12°С, для бензинів з вмістом спирту від -30С до -18С - E85 (зимовий та літній варіанти) та E95 (бензин з вмістом етанолу від 5 до 30 %) – близько 5 °С.

Дослідження, які проводились авторами роботи [4], показали, що інтенсивність потоку теплової радіації від вогнища для етанолу порівняно з бензином є меншою, ніж від етанолу, але температура горіння етанолу є вищою за температуру горіння бензину (рис. 1).

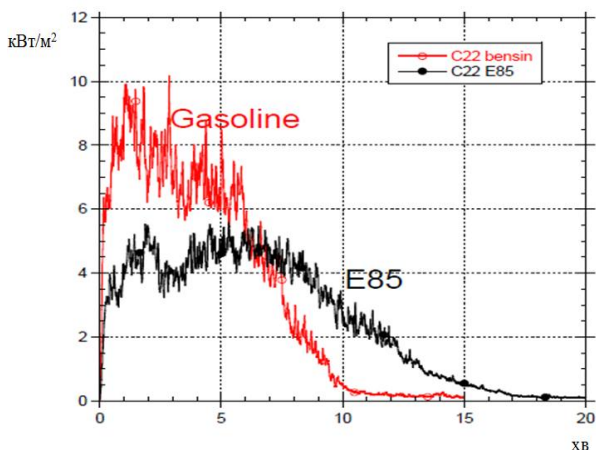


Рисунок 1 – Інтенсивність теплового випромінювання від вогнищ бензину (Gasoline) та суміші бензину з етанолом E85 кВт/м² на відстані 3 м [4]

Також при горінні спирту та його сумішей виділяється значно менша кількість продуктів згоряння у вигляді сажі та інших аерозольних та газоподібних продуктів завдяки яким власне і відбувається теплове випромінювання [4] (рис.2.). Як видно з результатів дослідів автора [4], показаних на рисунку 2, при горінні бензину з добавкою спирту утворюється значно менше кіптяви, аніж у випадку горіння бензину, при цьому висота факела є дещо вищою у бензину, але при цьому температура горіння бензиноспиртової суміші E85 є значно вищою за температуру горіння бензину [4].



Рисунок 2 – Горіння спирту в деку.

Результати роботи авторів [4]:

а – горіння бензиноспиртової суміші E85; б – горіння бензину

Крім того, особливістю будови молекули спирту є те, що вона містить ОН групу, яка забезпечує хорошу розчинність у воді чим власне і забезпечується ефект руйнування піни при її контакті зі спиртом або спиртовмісними рідинами. Таким чином, враховуючи що спирти водорозчинні, це створює проблему при гасінні пінами, більшість з котрих також водорозчинні. Існує ряд піноутворювачів AR-AFFF, які підтримують стійку піну на полярних розчинниках. Але незважаючи на цю особливість зазначеного піноутворювача при гасінні етанолу, його сумішей та полярних рідин можуть виникати проблеми через те, що більшість пожеж таких рідин є тривимірні і горіння може відбуватись на вертикальних або горизонтальних та нахилених нерівномірних поверхнях звідки піна буде стікати. Такі ситуації можуть виникати при розгерметизуванні трубопроводів, реакторів на бокових стінках і т. ін. Інший фактор, який ускладнює гасіння, – це висока температура при горінні етанолу [6, 7]. У випадку значної площі горіння піна повинна утворювати ідеальне покриття, яке потрібно підтримувати необхідною інтенсивністю подачі піни, що руйнуватиметься в результаті дії теплового випромінювання. Піна інтенсивно руйнується в результаті випаровування води, пара з якої буде відносити наступні порції піни від місця горіння. Таким чином, якщо припинити подавати піну, горіння може відновитись. Виходячи з аналізу статистичних даних можна сказати, що повне гасіння спирту можливе лише внаслідок пінної атаки, коли інтенсивність подачі піни є більшою за інтенсивність її руйнування. Якщо гасити спирт піною, то буде виділятися значна кількість нагрітої пари, яка може утворювати вибухонебезпечні суміші над поверхнею піни. Піна не може ефективно гасити витіки спирту з трубопроводів та посудин під тиском коли

відбувається факельне горіння. Отже можна зробити висновок, що на даний час не існує універсальних засобів гасіння спиртів та полярних рідин, а відомі способи дорогі та призводять до забруднення спирту в результаті гасіння. Альтернативним способом гасіння спиртів є застосування об'ємних засобів пожежогасіння, які заповнюють весь об'єм та таким чином забезпечують вищу ефективність гасіння спирту, включаючи флегматизування утворених пароповітряних сумішей. Загалом, якщо брати до уваги необхідні концентрації вогнегасних об'ємних речовин для спиртів, то можна навести такі значення концентрацій. Вогнегасне значення для CO₂, N₂ та вогнегасних аерозолів наведено в таблиці. Як видно з таблиці, вогнегасні концентрації, зазначені в роботах [6-9], зазначених речовин об'ємної дії є незначними для спиртів і після гасіння спирту об'ємним способом спирт не зазнає втрати якості та після незначної очистки може бути подальше використаний.

Таблиця 2
Вогнегасні та флегматизувальні
концентрації вогнегасних речовин
об'ємної дії. [6-8]

№ з/п	Горюча	Вогнегасна речовина	Вогнегасна концентрація	Флегматизувальна концентрація
1	C ₂ H ₅ OH	CO ₂	23 %	33 %
2	CH ₃ OH	N ₂	38.6 %	46.2%
3	C ₂ H ₅ OH	N ₂	36.8%	44.2%
4	C ₂ H ₅ OH	Аерозоль «Багр»	7 г/м ³	22 г/м ³
5	CH ₃ OH	CO ₂	28,5 %	39,2 %
6	E-95	Аерозоль «Багр»	15 г/м ³	22 г/м ³

На відміну від газів (таблиця 2) вогнегасні аерозолі володіють більшою зручністю в експлуатації та дешевизною порівняно з газовим, пінним та водяним пожежогасінням. Що стосується флегматизувальних концентрацій, то як бачимо всі зазначені речовини володіють різними значеннями флегматизувальної концентрації. Найнижчі показники флегматизувальної концентрації є у вогнегасних аерозолів, які завдяки розвинутій поверхні ефективно переривають ланцюгові реакції та чинять вибухопригнічувальну дію.

Якщо рівняти вогнегасні концентрації піноутворювача та об'ємних вогнегасних речовин, то переважають останні через їх значно менші вогнегасні концентрації та можливість гасити горіння спиртів в будь-якому положенні та об'ємі.

Таким чином, гасіння спиртів об'ємними вогнегасними речовинами представляє інтерес з позиції ефективності, вартості, швидкості та можливості вибухопригнічення спиртоповітряних сумішей, а створення нових ефективних газоаерозольних сумішей є актуальним питанням, яке потребує розв'язку.

Висновок. Виходячи з проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

1. Процес гасіння полярних рідин на даний час не є досконалим і майже в усіх випадках спирт (полярна горюча рідина) зазнає втрат якості.

2. Гасіння вогнегасними речовинами об'ємної дії є набагато ефективнішим від гасіння піною оскільки вогнегасна речовина об'ємної дії гасить пожежі в різних геометричних площинах.

3. Для подальшого збільшення вогнегасної ефективності та зменшення втрат якості спиртів під час гасіння, актуальним є подальше дослідження газоаерозольних сумішей в їх різних комбінаціях.

Список літератури

1. Електронний ресурс <https://znaj.ua/ru/events/massovaya-evakuacyya-na-ukraynskom-spyrtzavode-progremel-vzryv>.
2. Електронний ресурс <https://vb.by/society/incidents/spirt.html>.
3. Електронний ресурс <https://www.pressreader.com/usa/baltimore-sun/20070514/281496451851985>.
4. Електронний ресурс. Ethanol Tank Fire Fighting Background and previous research. <https://www.sp.se/en/Sidor/default.aspx>.
5. Український науково-дослідний інститут. Довідник керівника гасіння пожежі. – Київ: ТОВ «Літера-Друк», 2016 – 320с.
6. Hottel, H.C., "Certain Laws Governing Diffusive Burning Liquids", Fire Research Abstracts and Reviews, 1, 41-44, 1959.
7. Burges, D.S., Strasser A., and Grumer, J., "Diffusive Burning of Liquid Fuels in Open Trays", Research Abstracts and Reviews, }, 177 -192, 1961.
8. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Editors: Hurley, M.J., Gottuk, D.T., Hall Jr., J.R., Harada, K., Kuligowski, E.D., Puchovsky, M., Torero, J.L., Watts Jr., J.M., Wiecek, C.J. (Eds.).
9. Moore T.A., Yamada N., Nitrogen gas as a halon replacement, Halon Options Technical Working Conference, 12-14 May, 1998, pp. 330-338.

References:

1. Elektronniy resurs <https://znaj.ua/ru/events/massovaya-evakuacyya-na-ukraynskom-spyrtzavode-progremel-vzryv>.
2. Elektronniy resurs <https://vb.by/society/incidents/spirt.html>.

3. Elektronniy resurs
<https://www.pressreader.com/usa/baltimore-sun/20070514/281496451851985>).

4. Elektronniy resurs. Ethanol Tank Fire Fighting Background and previous research. <https://www.sp.se/en/Sidor/default.aspx>].

5. Ukrayinskiy naukovo-doslidniy Institut. Dovidnik kerivnika gaslnnya pozhezhI. – KiYiv: TOV «LItera-Druk», 2016 – 320s.

6. Hottel, H.C., "Certain Laws Governing Diffusive Burning Liquids", Fire Research Abstracts and Reviews, 1, 41-44, 1959.

7. Burges, D.S., Strasser A., and Grumer, J., "Diffusive Burning of Liquid Fuels in Open Trays", Research Abstracts and Reviews, 177 -192, 1961.

8. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Editors: Hurley, M.J., Gottuk, D.T., Hall Jr., J.R., Harada, K., Kuligowski, E.D., Puchovsky, M., Torero, J.L., Watts Jr., J.M., Wieczorek, C.J. (Eds.).

9. Moore T.A., Yamada N., Nitrogen gas as a halon replacement, Halon Options Technical Working Conference, 12-14 May, 1998, pp. 330-338.

V.M. Balanyuk, N.M. Kozyar, Yu.O. Kopystynskiy, A.V. Kravchenko

EXTINGUISHING FIRES OF ALCOHOLS AND THEIR MIXTURES

Problem statement: The problems of extinguishing of ethanol, methanol and other polar liquids, which during combustion have a number of features that complicate both extinguishing and phlegmatization of their steam-air mixtures, are covered. Ethanol as the most common representative of the homologous series of alcohols has the following characteristics - the combustion temperature is about 1000 °C, burns without the allocation of soot, the temperature of ignition is about 20 °C, the flash point for ethanol is + 12 °C, and for gasoline containing alcohol from -30°C to -18°C - E85 (winter and summer options) and E95 (gasoline with ethanol content from 5 to 30%) - about 5 °C which indicates a special fire hazard of alcohol and its mixtures, and the ability to destroy foam causes the problem of its quenching.

Purpose: To highlight alcohol quenching problems and to identify possible ways to eliminate them.

Main results of the study: In order to increase the efficiency and the rate of extinction, it was proposed to use extinguishant aerosols to extinguish. Extinguishant aerosols are more comfortable in operation and cheap compared to gas, foam and water fire extinguishing. As for the phlegmatic concentrations, it is apparent that all of these substances have different values of phlegmatic concentration. The lowest levels of phlegmatic concentration are for extinguishing aerosols, which, due to the developed surface, effectively interrupt chain reactions and perform explosive action. The work substantiates that quenching of alcohols with volumetric extinguishants is of interest from the standpoint of efficiency, cost, speed and the possibility of explosive depletion of alcohol-air mixtures, and the creation of new effective gas-aerosol mixtures is an urgent issue to be addressed. The following main results were obtained in the work, namely, the process of extinguishing polar liquids is not perfect at present and in almost all cases, the polar fuel-emitting native suffers quality losses. In addition, the amount of foaming agent is much higher than the amount required for alcohols, and the cost of this type of foaming agent is several times higher than the cost of a general purpose foaming agent. In addition, extinguishing with extinguishants of volumetric action is much more effective than foam quenching as the extinguishing agent of the volume action extinguishes 3 D fires. For further increase of extinguishing efficiency and reduction of liquid losses during extinguishing, it is relevant to further study gas-aerosol mixtures in their various combinations.

Key words: ethanol, methanol, fire safety, alcohol extinguishing, phlegmatizers, fire extinguishers, alcoholic fires.