Пожежна безпека

Fire Safety

ISSN 2078-6662 (print), ISSN 2708-1087 (online)
https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB
УДК 614.841
DOI: 10.32447/20786662.37.2020.02

В. М. Баланюк[1], Н.М. Козяр[2], А. В. Кравченко[3], О. І. Гарасим'юк[2]
[1]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
[2]Головне управління ДСНС України у м. Києві, [3]Головне управління ДСНС у м. Львові

ДЕЯКІ ТЕМПЕРАТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДШАРОВОГО АЕРОЗОЛЬНОГО ГАСІННЯ СПИРТІВ

Постановка проблеми: На сьогодні взагалі не вивченим є процес підшарового аерозольного гасіння, а власне невідомі його основні параметри, такі як зміна температури полум'я, поверхневого шару рідини, бортів резервуара та приблизний час виходу та гасіння спирту.

Мета роботи полягає у визначенні параметрів підшарового аерозольного гасіння – температури полум'я, поверхневого шару рідини, бортів резервуара та впливу на ефективність підшарового гасіння спиртів дисперсності аерозолю –як одних з основних параметрів, що характеризують процес гасіння спирту.

Наукова новизна роботи полягає в тому що вперше визначено параметри підшарового аерозольного гасіння при різних розмірах бульбашок аерозолю та встановлено, що при менших розмірах бульбашок температура поверхневого шару рідини зменшується до 15%, розподіл аерозолю по поверхні рідини є рівномірніший, а на поверхні утворюється гетерогенна система, яка містить одночасно як аерозольні тверді частинки – K_2CO_3, KOH, $KHCO_3$, NH_4HCO_3, гази – CO_2, N_2, H_2O, пари спирту, так власне і сам спирт в пароподібній та рідкій фазі.

Основні результати дослідження: В роботі описано розроблену установку та методику з визначення параметрів підшарового аерозольного гасіння на різних етапах процесу виходу аерозолю.

Встановлено величини зменшення температури полум'я та його поведінку при потраплянні аерозолю в полум'я. За встановленими величинами побудовано графіки та визначено, що при потраплянні аерозолю в полум'я температура полум'я починає активно зменшуватись і за 40 секунд дорівнює близько 600 °С. Також виявлено, що полум'я при цьому набуває оранжевого забарвлення, що свідчить про те, що в зоні горіння відбувається термічна дисоціація солей калію, розміри полум'я зменшуються, що свідчить про зменшення поступлення кількості парів спирту в зону горіння. Також визначено швидкість вистигання бортів при виході аерозолю з різних за величиною отворів та встановлено, що величина вистигання борта резервуара є дещо більшою при менших діаметрах отворів з рівномірнішим розподілом аерозолю по поверхні. Діапазон зменшення температур рідини та бортів при цьому лежить для кожного з спиртів менший від температури кипіння на 30-40 градусів С°. Зменшення температури відбувається приблизно з однаковою швидкістю і сповільнюється до кінця виходу аерозолю.

Аналіз результатів експериментів показав, що дія вогнегасного аерозолю при його виході на поверхню призводить до інтенсивного охолодження спирту внаслідок барботування аерозолю через шар спирту, при цьому відбувається активне перемішування шарів спирту та підйом холодних мас рідини на поверхню. Зазначене явище призводить до подальшого охолодження вже поверхні рідини, що горить, яка може мати температуру від 60 °С до 97 °С, а також бортів резервуара в результаті потрапляння на них спирту та його інтенсивного випаровування.

Результатом роботи є встановлення параметрів підшарового аерозольного гасіння – температури поверхні рідини, температури бортів резервуара, швидкості виходу аерозолю на поверхню та температури полум'я при потраплянні аерозолю в зону горіння.

Ключові слова: пожежна небезпека, вогнегасний аерозоль, пожежогасіння, пропанол, етанол, метанол, етиловий спирт, підшарове гасіння.

V. M. Balanyuk[1], N. M. Kozyar[2], A. V. Kravchenko[3], O. I. Garasimyuk[2]
[1]Lviv State University of Life Safety, [2]Main Directorate of the State Emergency Service of Ukraine in Kyiv,
[3]Main Directorate of the State Emergency Service in Lviv

SOME TEMPERATURE CHARACTERISTICS SUB-LAYER AEROSOL EXTINGUISHING OF ALCOHOLS

Problem Statement: Nowadays, the process of sublayer aerosol quenching has not been studied at all, and its basic parameters, such as changes in flame temperature, liquid surface layer, tank sides, and approximate time of alcohol quenching and quenching, are unknown.

The purpose of the work is to determine the parameters of sublayer aerosol quenching - flame temperature, the surface layer of liquid, tank sides, and the impact on the efficiency of sublayer quenching of aerosols dispersion – as one of the main parameters characterizing the process of alcohol quenching.

The scientific novelty of the work is that for the first time the parameters of sublayer aerosol quenching at different sizes of aerosol bubbles were determined and it was found that at smaller bubbles the surface layer temperature decreases to 15%, aerosol distribution on the liquid surface is more uniform and a heterogeneous system is formed, which contains both aerosol solid particles – K2CO3, KOH, KNSO3, NH4HCO3, gases – CO2, N2, H2O, alcohol vapors, and the alcohol itself in the vapor and liquid phases.

The main results of the study: The paper describes the developed installation and methodology for determining the parameters of sublayer aerosol quenching at different stages of the aerosol release process.

The values of the flame temperature reduction and its behavior when the aerosol enters the flame are established. The established values are plotted and it is determined that when the aerosol enters the flame, the flame temperature begins to decrease actively and in 40 seconds reaches about 600 degrees Celsium. It was also found that the flame turns orange, which indicates that the combustion zone is the thermal dissociation of potassium salts, the flame size decreases, which indicates a decrease in the amount of alcohol vapor entering the combustion zone. The rate of cooling the sides at the exit of the aerosol from different-sized holes was also determined and it was found that the amount of cooling of the tank side is slightly higher at smaller hole diameters with a more uniform distribution of the aerosol on the surface. The range of reduction of liquid and board temperatures for each of the alcohols is less than the boiling point by 30-40 degrees Celsium. The decrease in temperature occurs at approximately the same rate and slows down until the end of the aerosol release.

Analysis of the experimental results showed that the action of fire-extinguishing aerosol when it comes to the surface leads to intensive alcohol cooling due to bubbling of the aerosol through the alcohol layer, with active mixing of alcohol layers and the rise of cold liquids to the surface. This phenomenon leads to further cooling of burning surface of the liquid, which can have a temperature of 60 degrees Celsium to 97 degrees Celsium, as well as the sides of the tank as a result of alcohol on them and its intense evaporation.

The result is the establishment of the parameters of the sublayer aerosol quenching – the temperature of the liquid surface, the temperature of the sides of the tank, the rate of aerosol to the surface, and the flame temperature when the aerosol enters the combustion zone.

Keywords: fire hazard, fire extinguishing aerosol, fire extinguishing, propanol, ethanol, methanol, ethyl alcohol, sublayer extinguishing.

Вступ. Відомо [1 2, 3], що горіння полярної рідини в резервуарі є доволі складним процесом, під час перебігу якого відбуваються хімічні та фізичні процеси. Досліджувати такі процеси необхідно виходячи з властивостей вогнегасного аерозолю та умов його подавання. Аналіз експериментальної методики [4] з визначення вогнегасної ефективності аерозолів та їх бінарних сумішей вказав на те, що необхідно визначити ряд параметрів, які в сукупності забезпечують ефективне гасіння полярних рідин є а власне можливість подавання аерозолю через шар рідини,

Отже метою нашої роботи є визначення температурних параметрів процесу проходження аерозолю через шар рідини.

Для досягнення зазначеної мети необхідно визначити такі параметри:

- температуру та поведінку полум'я спирту при подаванні аерозолю підшарово;
- температуру бортів резервуара при подаванні аерозолю різної дисперсності;
- зміну температури на поверхні рідини, яка горить.

З метою експериментального визначення зазначених параметрів було розроблено лабораторну установку (рис.1) яка представляє собою посудину з нержавіючої сталі з такими розмірами: ширина – 153 мм, довжина – 153 мм та висота – 185 мм. На дні резервуара встановлено розподільник, який представляє собою об'ємну пластину з отворами 5 та 12 мм по всій її площі для рівномірного розподілення аерозолю в середині посудини. Принципову схему установки показано на рисунку 1.

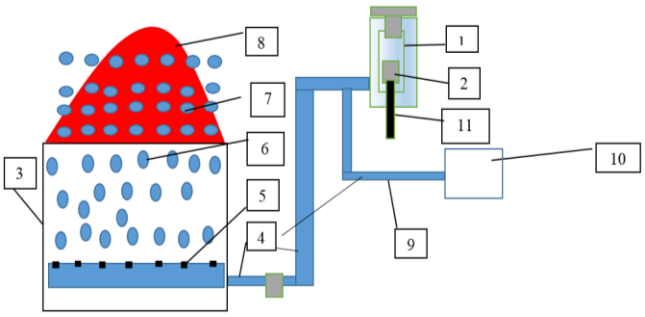


Рисунок 1 – Установка для визначення вогнегасної ефективності підшарового гасіння спиртів:
1 – прийомна камера; 2 – заряд АУС визначеної конфігурації; 3 – теплоізолятор; 4 – трубопровід; 5 – розподільник аерозолю; 6 – бульбашки аерозолю; 7 – частинки аерозолю в зоні горінн; 8 – дифузійне полум'я спирту; 9 – ємність з CO_2; 10 – перекривні крани; 11 – джерело запалювання

Згідно із зазначеною методикою, АУС поміщаємо в приймальну камеру та герметизуємо, потім спирт підпалюємо і він горить 120 секунд. Після досягнутого стабільного горіння спирту, електричним запальником підпалюємо АУС, який утворює аерозоль, який подається на розподільник, який розташований на дні посудини. Далі аерозоль барботується через шар рідини та виходить на її поверхню, звідки потрапляє в зону

горіння. З метою забезпечення відповідної швидкості горіння АУС, був виготовлений циліндр з АУС з визначеним діаметром, що забезпечувало його відповідний час горіння.

Для визначення впливу на вогнегасну ефективність розміру бульбашок було проведено експеримент з двома видами розподільників з діаметрами отворів – 5 мм та 12 мм які відповідно повинні відтворювати бульбашки з початковим розміром 5 мм та 12 мм. Під час підйому аерозолю на поверхню його бульбашки диспергуються (подрібнюються) та стають меншими за розмірами.

Насамперед було визначено швидкість зміни температури поверхні палаючого спирту при виході аерозолю при горінні різних спиртів – пропанолу, етанолу, метанолу з розподільниками з отворами 5 мм та 12 мм. Результати експерименту відображені на графіку (рис. 2).

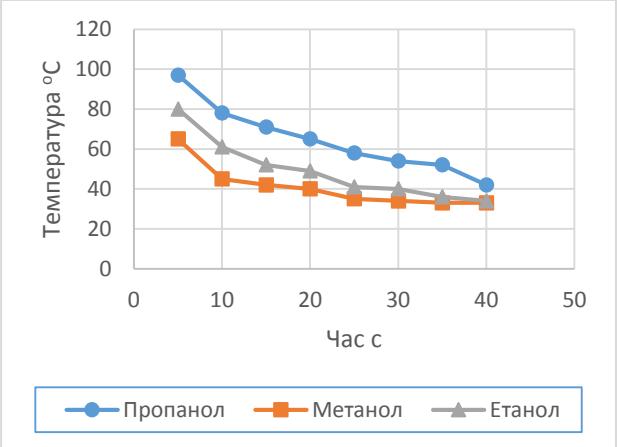


Рисунок 2 – Графік зміни температури поверхні спиртів при виході аерозолю на поверхню через розподільник з отворами 5 мм

Потім було проведено визначення параметрів при виході бульбашок аерозолю з розподільника з діаметром отворів 12 мм – (рис. 3).

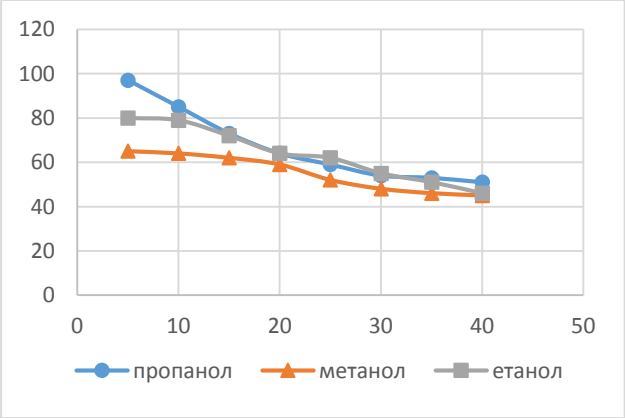


Рисунок 3 – Графік зміни температури поверхні спиртів при виході аерозолю на поверхню через розподільник з отворами 12 мм

Як бачимо на графіку, при виході аерозолю на поверхню палаючого спирту, його температура різко зменшується в часовому діапазоні від 5 до 20 секунд.

Діапазон зменшення температури при цьому для кожного з спиртів менший від температури кипіння на 30-40 °С. Зменшення температури відбувається приблизно з однаковою швидкістю і сповільнюється до кінця виходу аерозолю. Збільшення діаметра отворів розподільника призвів до певного збільшення температури в діапазоні часу від 20 до 40 секунд.

Наступним параметром, який визначали, була зміна температури полум'я від часу подавання аерозолю в зону парів та газів до його виходу. Термопари встановлювались на висоті формування зони парів та газів і в зоні горіння. При виході аерозолю на поверхню покази термопари фіксувались регулятором вимірювачем РТ-01. Результати експерименту відображені на графіку (рис. 4).

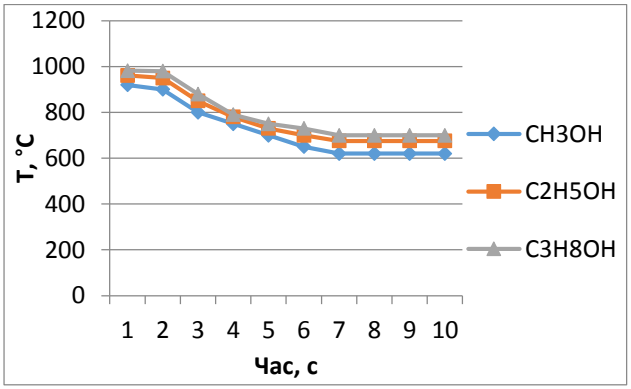


Рисунок 4 – Зміна температури полум'я спиртів при підшаровій подачі аерозолю

Як видно з графіка при потраплянні аерозолю в полум'я температура полум'я починає активно зменшуватись і через 60 секунд зменшується до 560-720 °С. Полум'я при цьому набуває оранжевого забарвлення, що свідчить про те що в зоні горіння відбувається термічна дисоціація неорганічних солей калію - K_2CO_3, KOH, KH_2CO_3, NH_4HCO_3, розміри його зменшуються, що свідчить про зменшення надходження парів спирту разом з аерозолем, яка потрапляє в зону горіння та відповідно забезпечує її одночасне флегматизування, інгібування та охолодження, що збігається з висновками робіт [5, 6, 7]. Причому після зростання інтенсивності подавання аерозолю відбувається спочатку збільшення яскравості полум'я, а потім зменшення його розмірів та затухання.

Далі визначаємо температуру бортів резервуара, які при горінні спирту можуть нагріватись подеколи до значної температури – 180-200 °С і

вище. Це може стати причиною повторного займання при настанні моменту, коли гасіння відбулось, але борти залишились нагрітими вище температури самозаймання спиртів. Дослідження зазначеного параметра проводили встановивши термопари біля зрізу бортів резервуара. Результати відображені на графіку (рис. 5).

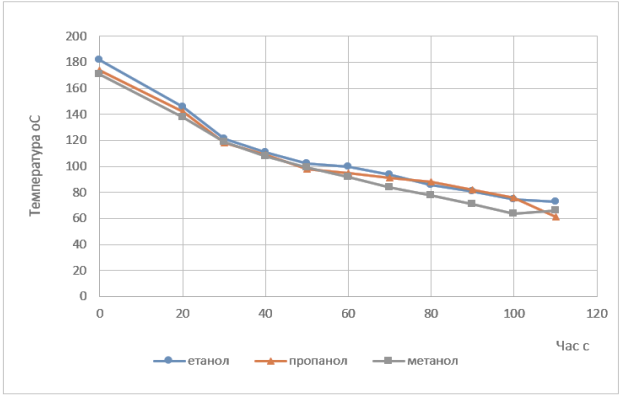


Рисунок 5 – Зміна температури бортів резервуара при підшаровому подаванні аерозолю для гасіння спиртів CH_3OH, C_2H_5OH, C_3H_8OH

Як бачимо, температура бортів резервуара різко знижується, після чого настає гасіння. Швидке зниження в цьому випадку температури можна пояснити малими розмірами резервуара та незначною товщиною його стінок на які потрапляє спирт та інтенсивно випаровується, знижуючи при цьому їхню температуру. Після 40 с відбувається гасіння і значення температури вже повільніше знижуються далі.

Що стосується впливу розміру отворів на швидкість зміни температури, то необхідно зазначити, що при виході аерозолю з отворів розподільника відбувається його диспергування та зменшення розмірів його частинок. Таким чином до поверхні доходить полідисперсна фаза з розмірами бульбашок в діаметрі близько 5 мм – 40%, 2мм – 30%, менше 2 мм – 30%. Зазначений розподіл забезпечує активне перемішування спирту, [8] його охолодження та подальше гасіння.

Висновок. В роботі вперше встановлено величини зменшення температури полум'я та його поведінку при потраплянні аерозолю в полум'я та визначено, що при цьому температура полум'я починає активно зменшуватись і до 40 секунд становить близько 600 °С. Також виявлено, що полум'я при цьому набуває оранжевого забарвлення, що свідчить про те, що в зоні горіння відбувається термічна дисоціація солей калію, розміри його зменшуються, що свідчить про зменшення надходження парів спирту в зону горіння. Крім цього визначено швидкість вистигання бортів резервуара при виході аерозолю з різних за величиною отворів та встановлено, що величина вистигання борта резервуара є дещо більшою при менших діаметрах отворів з рівномірніший розподілом аерозолю по поверхні. Діапазон зменшення температур рідини та бортів при цьому для кожного з спиртів менший від температури кипіння на 30-40 градусів С°. Зменшення температури відбувається приблизно з однаковою швидкістю і сповільнюється до кінця виходу аерозолю.

Таким чином проаналізувавши результати роботи, можна сказати, що вперше визначено температурні характеристики підшарового аерозольного гасіння при різних розмірах бульбашок аерозолю та встановлено, що при менших розмірах бульбашок температура поверхневого шару рідини зменшується до 15%, розподіл аерозолю по поверхні рідини є рівномірнішим, а на поверхні утворюється гетерогенна система, яка містить одночасно як аерозольні тверді частинки – K_2CO_3, KOH, $KHCO_3$, NH_4HCO_3, гази – CO_2, N_2, H_2O, пари спирту, так власне і сам спирт в рідкій фазі, що забезпечує різке зниження температури завдяки розбавленню, випаровуванню та переміщуванню спирту.

Список літератури

1. Баланюк В.М., Козяр Н.М., Копистинський Ю.О., Кравченко А.В., Проблеми гасіння спиртів та їх сумішей. Fire Safety, №33, 2018. С. 5-9. DOI: 10.32447/20786662.33.2018.01.

2. Електронний ресурс https://www.pressreader.com/usa/baltimore-sun/20070514/281496451851985).

3. Електронний ресурс. Ethanol Tank Fire Fighting Background and previous research. https://www.sp.se/en/Sidor/default.aspx].

4. Спосіб підшарового гасіння спиртів вогнегасним аерозолем. В. М. Баланюк, Н. М. Козяр, А. В. Кравченко. Восточно-европейский журнал передовых технологий. №1(54)2019. С 11-15. Doi: 10.15587/2313-8416.2019.156097

5. Balanyuk V.M. Specific nature of phlegmatizing air-heptan mixture using aerosol and nitrogen binary mixture. BiTP. Technical science. Poland, 2016. Vol. 44, No 4. P. 139-149. DOI:10.12845/bitp.44.4.2016.11

6. Антонов А.В., Орел В.П., Цапко Ю.В. Флегматизування горючих середовищ інертними розріджувачами, інгібіторами та їх сумішами. Зб. наук. пр. Севастопольського ВМІ ім. П.С. Нахімова. Технічні науки. Севастополь, 2002. Вип. 1. С. 148–149.

7. Антонов А.В. Узагальнення і розвиток наукових основ розроблення та технологій застосування екологічно прийнятних вогнегасних речовин : автореф. дис. … д.т.н. : 21.06.01. Київ, 2017. 55 с.

8. Уоллис Г., Одномерные двухфазные течения, пер. с англ., М., 1972; Кутателадзе С. С, Стырикович М. А., Гидродинамика газожидкостных систем, 2 изд., М., 1976; Ра мм В. А., Абсорбция газов, 2 изд.. М., 1976. © В.В. Дильман.

References

1. Balanyuk V.M., Kozyar N.M., Kopistinskiy Yu.O., Kravchenko A.V., Problemi gasinnya spirtiv ta Yih sumishey. Fire Safety, #33, 2018. S. 5-9. DOI: 10.32447/20786662.33.2018.01.

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

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

4. Sposib pidsharovogo gasinnya spirtiv vognegasnim aerozolem. V. M. Balanyuk, N. M. Kozyar, A. V. Kravchenko. Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy. #1(54)2019. S 11-15. Doi: 10.15587/2313-8416.2019.156097

5. Balanyuk V.M. Specific nature of phlegmatizing air-heptan mixture using aerosol and nitrogen binary mixture. BiTP. Technical science. Poland, 2016. Vol. 44, No 4. R. 139-149. DOI:10.12845/bitp.44.4.2016.11

6. Antonov A.V., Orel V.P., Tsapko Yu.V. Flegmatizuvannya goryuchih seredovisch Inertnimi rozrIdzhuvachami, Ingibitorami ta Yih sumishami. Zb. nauk. pr. Sevastopolskogo VMI Im. P.S. NahImova. TehnIchnI nauki. Sevastopol, 2002. Vip. 1. S. 148–149.

7. Antonov A.V. Uzagalnennya I rozvitok naukovih osnov rozroblennya ta tehnologIy zastosuvannya ekologIchno priynyatnih vognegasnih rechovin : avtoref. dis. d.t.n. : 21.06.01. KiYiv, 2017. 55 s.

8. Uollis G., Odnomernyie dvuhfaznyie techeniya, per. s angl., M., 1972; Kutateladze S. S, Styirikovich M. A., Gidrodinamika gazozhidkostnyih sistem, 2 izd., M., 1976; Ra mm V. A., Absorbtsiya gazov, 2 izd.. M., 1976. © V.V. Dilman.

*** Науково-методична стаття**