

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ
ТА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ГОРЮЧИХ РІДИН**

Навчальний посібник

Рекомендовано до друку і використання в освітньому процесі
вченою радою НУЦЗ України

Харків 2023

УДК 614.841

Ф 48

Авторський колектив:

Д.Г. Трегубов, кандидат технічних наук, доцент – глави 1, 5;

І.Ф. Дадашов, доктор технічних наук, професор – глави 4, 7;

Н.В. Мінська, доктор технічних наук, доцент – глава 2;

Ю.К. Гапон, кандидат технічних наук – глава 6;

М.А. Чиркіна-Харламова, кандидат технічних наук, доцент – глава 3

Рецензенти: доктор технічних наук Литвиненко В. В., директор Інституту електрофізики і радіаційних технологій Національної академії наук України;

доктор технічних наук, доцент Кустов М. В., начальник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України.

Рекомендовано до друку і використання в освітньому процесі
вченою радою НУЦЗ України
(протокол від 17.05.2023 № 10)

Трегубов Д.Г.

Ф 48 Фізико-хімічні основи розвитку та гасіння пожеж горючих рідин: навч. посіб. / Д. Г. Трегубов, І. Ф. Дадашов, Н. В. Мінська, Ю. К. Гапон, М. А. Чиркіна-Харламова. – Х.: НУЦЗУ, 2023. – 215 с.

У навчальному посібнику докладно розглянуто особливості процесів виникнення, розвитку та припинення горіння рідин. Різноманітність процесів, які супроводжують розвиток горіння рідин, дозволила залучити до розгляду більшість питань, що входять до складу навчальних програм з вивчення дисциплін «Теорія розвитку та припинення горіння» і «Теорія горіння та вибуху» у в галузях знань 26 «Цивільна безпека» та 16 «Хімічна та біоінженерія». У навчальному посібнику узагальнено відомості щодо умов виникнення пожежної небезпеки рідин, умов та режимів виникнення горіння рідин, особливостей розвитку пожеж рідин, у тому числі масштабних, можливостей сучасних та перспективних методів гасіння пожеж рідин, а також методики розрахунку відповідних параметрів.

Рівень викладення матеріалу навчального посібника дозволяє використовувати його у навчальному процесі для здобувачів вищої освіти, для здобувачів наукового ступеня доктора філософії, а також для практичних фахівців, які працюють у сферах пожежної безпеки та цивільного захисту.

УДК 614.841

© Трегубов Д. Г., Дадашов І. Ф.,
Мінська Н. В., Гапон Ю. К.,
Чиркіна-Харламова М. А., 2023
© НУЦЗУ, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РІДИН	7
1.1 Особливості та режими горіння рідин.....	9
Розрахунок адіабатичної температури горіння	18
Розрахунок температури та максимального тиску вибуху	19
1.2 Утворення вибухонебезпечного пароповітряного середовища за умов зберігання рідин на відкритому та у закритому просторі	20
1.3 Розрахунок тиску насиченої пари.....	24
Визначення пожежної небезпеки умов зберігання горючих рідин за тиском насиченої пари.....	27
1.4 Розрахунок температурних меж поширення полум'я (ТМПП).....	27
Визначення пожежної небезпеки умов зберігання горючих рідин з використанням параметру «ТМПП»	31
1.5 Розрахунок температури спалаху	33
Визначення пожежної небезпеки рідини за її температурою спалаху	35
1.6 Види виникнення горіння рідин.....	36
Визначення схильності жиру до хімічного самозаймання на повітрі за йодним числом	46
Розрахунок стандартної температури самоспалахування речовини за середньою довжиною молекули.....	47
Розрахунок можливості вимушеного запалювання	49
РОЗДІЛ 2. РОЗВИТОК ПОЖЕЖ ГОРЮЧИХ РІДИН	51
2.1 Загальні поняття про розвиток пожеж.....	51
Розрахунок температури пожежі в огороженні та висоти нейтральної зони пожежі класу «В» з використанням номограм	61
2.2 Загальні поняття розвитку пожеж горючих рідин	65
2.3 Горіння пароповітряної суміші на відкритому просторі	68
2.4 Вигорання рідин під час пожежі. Явища скипання та викиду	74
2.5 Горіння рідини, що фонтанує	77
Розрахунок безпечної відстані від факелу фонтану	80
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТА ЗАПОБІГАННЯ МАСШТАБНИМ ПОЖЕЖАМ НА ПІДПРИЄМСТВАХ	83
3.1 Розвиток масштабних пожеж на підприємствах.....	83
3.2 Методи визначення характеристик каскадного розвитку пожежі	90
3.3 Захист від каскадного розвитку пожежі	92
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ ЛОКАЛЬНИХ СЦЕНАРІЇВ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ НА ПІДПРИЄМСТВІ	97
4.1 Основні способи зберігання горючих рідин.....	97
4.2 Основні пожежовибухонебезпечні об'єкти підприємств	97
4.3 Математичний опис локальних процесів під час пожеж класу «В»	99
4.3.1 Витікання горючої рідини з резервуара в обвалування.....	99
4.3.2 Розтікання горючої рідини за повного руйнування резервуара	99
4.3.3 Випаровування горючої рідини з вільної поверхні	100
4.3.4 Випромінювання під час полум'яного горіння на поверхні рідини.....	102

4.3.5 Факельне горіння рідини, що фонтанує	102
4.3.6 Утворення пароповітряної хмари	102
4.3.7 Вибух ємності з легкозаймистою або горючою рідиною	103
4.3.8 Згоряння пароповітряної хмари у режимі спалаху	104
4.3.9 Згоряння пароповітряної хмари у режимі вогненної сфери	104
4.4 Алгоритм визначення основних характеристик пожежі або вибуху	105
4.5 Порядок визначення основних характеристик каскадної пожежі	107
4.6 Приклад захисту підприємства від каскадного розвитку пожежі	108
4.6.1 Характеристика небезпечних об'єктів хімічного підприємства	108
4.6.2 Розташування та визначення розмірів захисного екрана	110
4.7 Раціональне розташування засобів обмеження каскадної пожежі	112
4.8 Рекомендації керівнику гасіння пожежі щодо використання сил та засобів за наявності захисних екранів для обмеження каскадної пожежі	114
4.9 Оцінка ефективності прогнозування заходів з обмеження каскадного розвитку пожежі на прикладі пожежі на типовому підприємстві	115
РОЗДІЛ 5. ОСНОВИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ГОРЮЧИХ РІДИН.....	119
5.1 Загальні поняття про гасіння пожеж	119
5.2 Гасіння пожеж рідин розбавляючими вогнегасними засобами	126
Розрахунок параметрів флегматизації негорючим газом	130
5.3 Гасіння пожеж рідин охолоджуючими вогнегасними засобами	131
5.3.1 Гасіння полум'я шляхом охолодження зони горіння	132
5.3.2 Гасіння шляхом охолодження поверхні конденсованої горючої речовини ...	134
Розрахунок припинення горіння охолоджуючими вогнегасними засобами ..	137
5.4 Гасіння пожеж рідин ізолюючими вогнегасними засобами	138
5.5 Моделювання ізолюючих властивостей шарів речовини для обмеження випаровування горючих рідин у навколишній простір	144
Розрахунки параметрів гасіння пожеж рідин за допомогою пін	148
5.6 Гасіння пожеж рідин інгібуючими вогнегасними засобами	150
5.7 Можливість потрапляння частинки вогнегасної речовини у полум'я	152
РОЗДІЛ 6. РОЗВИТОК СИСТЕМ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ РІДИН У РЕЗЕРВУАРАХ.....	154
6.1 Гасіння пожеж рідин вогнегасними пінами	156
6.1.1 Практичні аспекти гасіння пожеж рідин пінами	156
6.1.2 Екологічні особливості пінного пожежогасіння	159
6.1.3 Стаціонарні установки пожежогасіння резервуарів із горючими рідинами ..	161
6.1.4 Мобільні засоби пожежогасіння резервуарів	163
6.2 Гасіння пожеж класу «В» водою, водними розчинами та іншими засобами пожежогасіння охолоджуючої дії	164
6.3 Гасіння пожеж горючих рідин вогнегасними порошками та газовими складами інгібуючої дії	166
6.4 Комбіновані методи гасіння горючих рідин	167
6.5 Порівняльна характеристика різних видів вогнегасних засобів гасіння пожеж класу «В»	170
6.6 Вимоги до вогнегасних систем для гасіння пожеж класу «В»	173

РОЗДІЛ 7. ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ «В» ПЛАВУЧИМИ ВОГНЕГАСНИМИ СИСТЕМАМИ ПODOВЖЕНОЇ ДІЇ	176
7.1 Достатність плавучості ізолюючих вогнегасних засобів	176
7.2 Ізолюючі властивості гелів під час гасіння пожеж класу «В»	178
7.3 Ізолюючі властивості зернистих негорючих плавучих матеріалів за умов гасіння пожеж класу «В»	182
7.4 Внесок охолоджуючої дії піноскла у гасіння пожеж класу «В»	191
7.5 Рекомендації з гасіння пожеж рідин бінарною системою «піноскло+гель»	192
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	195
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	201
ЛІТЕРАТУРА	204
ДОДАТКИ	208

ВСТУП

Пожежі здавна завдають значних матеріальних та моральних збитків як людству, так і природі взагалі. З розвитком технічної оснащеності людства, незважаючи на вдосконалення протипожежних заходів, кількість пожеж та збитки від них лише зростають. Горіння рідин серед існуючих класів пожеж відрізняється можливістю виникнення відразу масштабної пожежі, стрибкоподібного розвитку подій та вибухів, характеризується тривалістю та складністю гасіння, причому як сама пожежа, так й застосовані засоби пожежогасіння завдають значної шкоди довкіллю.

У навчальному посібнику викладено сучасні погляди на процеси виникнення, розвитку процесів горіння та гасіння пожеж рідин. Основним джерелом виникнення небезпечних факторів під час пожежі є процес горіння. Тому знання фізичних і хімічних закономірностей виникнення і припинення горіння є визначальними для вирішення завдань запобігання й ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням пожеж. Особливо небезпечними є пожежі горючих рідин, оскільки вони пов'язані з небезпекою аварійного розливу та одночасного стрибкоподібного збільшення площі пожежі.

Розглянуто питання основ та виникнення горіння, параметрів пожежної безпеки, особливостей поширення горіння та вигорання рідин, сценаріїв розвитку пожеж, а також теоретичних, практичних та перспективних методів гасіння. Знання закономірностей горіння рідин пов'язане з дослідженням виникнення та розвитку їх горіння, умов вибухонебезпечності та розвитку полум'яного горіння по поверхні, припинення горіння з використанням різних механізмів пожежогасіння та вогнегасних засобів.

Вивчення процесів горіння, і для рідин у тому числі, передбачає використання наукових відомостей та закономірностей з різних областей фізики, хімії, термодинаміки та теплопередачі, а також – практичного досвіду працівників Державної служби з надзвичайних ситуацій.

Знання, що стосуються процесів розвитку горіння та їх припинення, будуть корисними під час засвоєння таких дисциплін як «Пожежна тактика», «Пожежна профілактика в населених пунктах», «Пожежна автоматика» тощо.

Дослідження фізико-хімічних основ розвитку та припинення горіння рідин дозволяє усвідомити взаємозв'язок між показниками їх пожежної безпеки, процесами горіння та гасіння. Це дозволяє оцінювати можливість виникнення пожежі, характеризувати параметри розвитку пожежі, керувати процесами горіння та гасіння.

У навчальному посібнику узагальнено матеріали сучасної методичної та наукової літератури у сфері пожежної безпеки, а також викладено результати власних наукових досліджень авторів даного навчального посібника.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РІДИН

Речовини та матеріали, властивості яких сприяють виникненню та розвитку пожежі, відносять до *пожежонебезпечних*. Ступінь та характеристики пожежної небезпеки залежать від агрегатного стану речовини. Під час класифікації речовин до газів відносять ті, тиск насиченої пари яких за 50 °С перевищує 300 кПа, до рідин – речовини з температурою плавлення (краплепадіння) менше за 50 °С, до твердих – речовини з температурою плавлення або розкладання – більше за 50 °С та ті, які не мають цих температур (деревина, коксові залишки). Тому якщо речовина стала рідкою після нагріву більше, ніж до 50 °С, то вона є не рідиною, а лише знаходиться у рідкому стані. Тобто найменшою температурою існування рідини (або речовини у рідкому стані) є *температура плавлення* $t_{пл}$; найбільшою – *температура кипіння* $t_{кип}$, див. рис. 1.1 та 1.2. За $t_{кип}$ тиск пари зрівнюється з атмосферним і пароутворення відбувається легше. В деякому сенсі – це працює як клапан, який спрацював: якщо збільшити інтенсивність надходження енергії до речовини, яка закипіла, то *інтенсивність випаровування* збільшиться, але температура залишиться тією самою, за якої створюється тиск, рівний зовнішньому. Відповідно якщо зміниться зовнішній тиск – зміняться усі характерні температури фазових перетворень речовини, а також температури, які характеризують пожежну небезпеку рідини або рідкого стану речовини.

Велика кількість речовин за температур доквілля перебуває у рідкому стані. Багато з них здатні займатися і горіти; в першу чергу – це більшість органічних речовин. Найбільш поширеними є вуглеводневі палива, світовий оборот яких становить мільярди тонн на рік. Будь-які речовини можна віднести до одного з трьох класів: *горючі, важкогорючі та негорючі*.

До негорючих матеріалів відносять ті, які не здатні до горіння на повітрі за температур, більших за 900 °С, та якщо їх адіабатична температура горіння менша за 1100 °С. Поміж них є й пожежонебезпечні, які можуть підтримувати горіння – окисники, матеріали, що виділяють горючі продукти під час реакцій, розкладаються з вибухом за удару, тертя, дії температури та ті, які під час нагрівання в закритих посудинах створюють значне підвищення тиску.

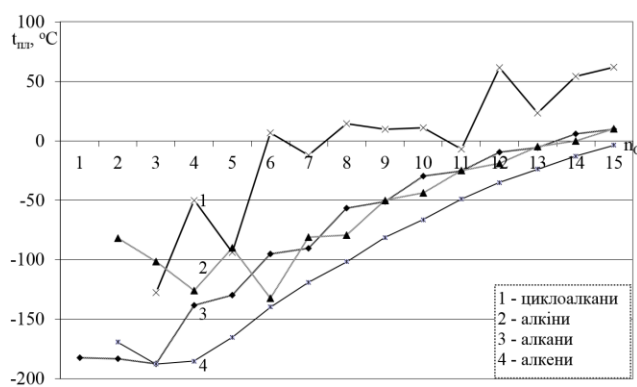


Рис. 1.1 – Зміна температур плавлення вуглеводнів

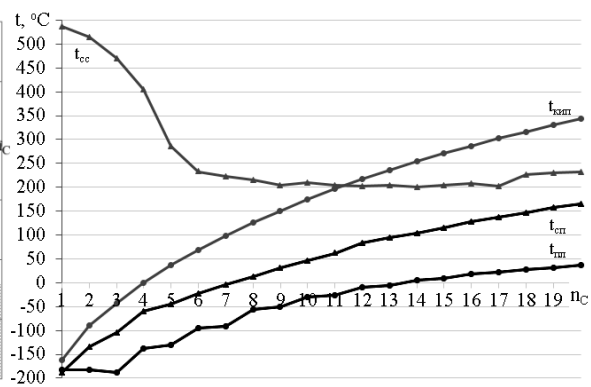


Рис. 1.2 – Зміна характерних температур n-алканів

ЛІТЕРАТУРА

1. Brushlinsky N., Ahrens M., Sokolov S., Wagner P. Fire statistics. Report No. 20. Int. association of fire and rescue services. Berlin: CTIF, 2015. 72 p.
2. Buck R., Franklin J., Berger U. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2011. № 4. V.7. P. 513–541.
3. Campbell R. Fires at outside storage tanks. Report National fire protection association: August 2014. URL: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports>.
4. Dadashov I. F., Kireev A. A., Sharshanov A.Ya. et al. Simulation of the properties two-layer material. *Functional materials*. 2018. V.25. №4. P. 774–779.
5. DiNenno P.J. *Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy: SFPE, NFPA, 2016. 3493 p.
6. Fossa M., Devia F. A model for radiation evaluation and cooling system design in case of fire in tank farms. *Fire Safety Journal*. 2008. V.43. №1. P. 42–49.
7. Lassman I., Yetter R.A. *Combustion*. San Diego: Elsevier Inc. 2008. 773 p.
8. Klinzing G.E., Marcus R.D., Rizk F. et al. *Pneumatic conveying of solids. A theoretical and practical approach*. London: Springer, 2010. 624 p.
9. Kunkelmann J. *Brandschutz-forschung*. Karlsruhe: Institut für Technologie, 2014. 130 p.
10. Lin S., Lijing W. Investigation on compressed air foams fire extinguishing model for oil pan fire. *Procedia Engineering*. 2012. №45. P. 663–668.
11. McAllister S., Chen J.-Y., Fernandez-Pello A.C. *Fundamentals of Combustion Processes*. New York: Springer, 2011. 302 p.
12. *The 100 Largest Losses 1978–2017. Large Property Damage Losses in the Hydrocarbon Industry*, 25th ed. New York: M&M Protection Consultants, 2018. 88 p.
13. Skarsbø L.R. *An Experimental Study of Pool Fires and Validation of Different CFD Fire Models*. Bergen: University of Bergen, 2011. 107 p.
14. Аветисян В.Г. та ін. *Організація аварійно-рятувальних робіт*: Харків: АЦЗУ, 2009. 150 с.
15. Аветисян В.Г. та ін. *Управління силами та засобами при надзвичайних ситуаціях: курс лекцій*. Харків: НУЦЗ України, 2021. 94 с.
16. Акмен Р.Г. *Паливо, основи теорії горіння та паливні пристрої*. Х.: НТУ «ХП», 2010. 95 с.
17. Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін. *Вогнегасні речовини*. К.: Пожінформтехніка, 2004. 176 с.
18. Баланюк В. та ін. Порівняння вогнегасних речовин для гасіння пожеж легкозаймистих та горючих рідин. *Пожежна безпека*. 2022. № 41. С. 12–19.
19. Баланюк В.М. Вогнегасна ефективність та флегматизувальна дія поєднання вогнегасного аерозолу, газової вогнегасної речовини і ударних хвиль. *Пожежна безпека*. №29. 2016. С. 6–12.
20. Баланюк В.М., Козяр Н.М., Копистинський Ю.О. Синергізм чинників при підшаровому аерозольному гасінні спиртів у резервуарах. *Інтернаука*. 2020. № 16(96). С. 43–48.
21. Басманов О.Є. Теоретичні основи попередження каскадного розповсюдження пожежі в резервуарних парках з нафтопродуктами і підвищення ефектив-

- ності її ліквідації: дис... д-ра техн. наук: 21.06.02. Х., УЦЗ України, 2006. 350 с.
22. Басманов О., Кулакова Г. Оцінка швидкості висхідних потоків над осередком горіння. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. 2017. № 1. С. 5–10.
23. Боровиков В. Можливі сценарії розвитку пожеж в резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів. F+S. 2014. №2 (66). С. 56–59.
24. Боровиков В., Чеповський В., Слущка О. Рекомендації щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, що містять етиловий спирт. К.: УкрНДПБ, 2009. 76 с.
25. Брюханов О.М. Розвиток теорії і вдосконалення практики попередження та локалізації вибухів у глибоких шахтах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.26.01. Дніпропетровськ, 2007. 33 с.
26. Васютяк А.О., Штайн Б.В. Експериментальні дослідження гасіння легкозаймистих рідин гранулами сухого льоду. Пожежна безпека. №27. 2015. С. 18–25.
27. Войтович Т.М. Вдосконалення технології «підшарового» пожежогасіння в резервуарах з нафтопродуктами: дис. доктора філософії, 261 «Пожежна безпека». Львів: ЛДУ БЖД, 2020. 216 с.
28. Войтович Т.М., Гусар Б.М., Ковалишин В.В. Дослідження вітчизняних піноутворювачів для «підшарового» гасіння. Пожежна безпека. 2018. №32. С. 5–14.
29. Войтович Т.М., Ковалишин В.В., Чернецький В.В. Особливості проектування і розрахунку системи «підшарового» гасіння. Пожежна безпека. 2019. №34. С. 21–27.
30. Годованець Н.М., Михалічко Б.М., Щербина О.М. Вогнегасні властивості аерозолів водних розчинів купрум хлориду. Пожежна безпека. 2012. №21. С. 65–72.
31. Григоров А.Б. Зберігання нафти та нафтопродуктів в умовах нафтобаз. Харків-Тернопіль: Крок, 2022. 184 с.
32. Грицина І.М., Грицина Н.І., Лефтеров О.А. Схема отримання компресійної піни та диспергованої води. Пробл. пож. без. 2016. №39. С. 78–83.
33. Дадашов І.Ф., Кіреєв О.О., Трегубов Д.Г., Тарахно О.В. Гасіння горючих рідин твердими пористими матеріалами та гелеутворюючими системами: монографія. Х.: НУЦЗУ, 2021. 240 с.
34. Дадашов І.Ф. Розвиток наукових основ гасіння горючих рідин твердими пористими матеріалами та гелеутворюючими системами; дис... д-ра техн. наук: 21.06.02. Харків: НУЦЗ України, 2019. 340 с.
35. Дадашов І.Ф. Дослідження властивостей вогнегасної системи на основі піноскла. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2018. № 2(28). С. 39–56.
36. Дадашов І.Ф., Трегубов Д.Г., Сенчихін Ю.М., Кіреєв О.О. Напрямки вдосконалення гасіння пожеж нафтопродуктів. Науковий вісник будівництва. 2018. Т.94. №4. С. 238–249.
37. Дендаренко Ю.Ю., Сенчихін Ю.М., Дивень В.І., Блащук О.Д. Ефективність розпилення водяних струменів віялового типу в зоні теплової дії дифузійного факела полум'я. НС: попередження та ліквідація. 2019. № 5. С. 25–31.
38. ДСТУ 2272-1993. ССБП. Пожежна безпека. Терміни та визначення. Наказ №169 від 12.11.1993. Чинний від 01.01.1995. Київ: Держст. 1995. 27 с.
39. ДСТУ 2272-2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. Наказ №162 від 29.06.2006 р. Чинний від 01.10.2006 р. Київ: Держст. 2006. 32 с.
40. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Наказ № 38 від 27.02.2019 р. Чинний від 01.01.2020 р. Київ: УкрНДЦ. 2020. 87 с.

41. Ілляшенко Т.О. та ін. Хімічно небезпечні об'єкти. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. 152 с.
42. Калугін В.Д., Кустов М.В. Використання емульсій з легкокиплячих рідин у воді при ліквідації надзвичайних ситуацій. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2007. №5. С. 126–131.
43. Клюс П.П., Палюх В.Г., Пустовой О.С., Сенчихін Ю.М., Сировий В.В. Пожежна тактика. Харків: Основа, 1998. 590 с.
44. Ковалишин В., Кирилів Я., Грушовінчук О. Експериментальні дослідження процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності під час їх польоту. Пожежна безпека. 2018. №32. С. 32–38.
45. Ковалишин В.В., Васильєва О.Е., Козяр Н.М. Пінне гасіння. Львів: Сполом, 2007. 168 с.
46. Ковальов П.А., Пономаренко Р.В. Бородич П. Ю. Довідник пожежного-рятувальника. Харків: НУЦЗ України, 2017. 114 с.
47. Козяр Н.М. Механізм дії та методологія розроблення рецептур порошкових вогнегасних засобів для гасіння пожеж класу А. Пожежна безпека. 2014. №24. С. 79–84.
48. Колєнов О.М., Безуглов О.Є., Іщук В.М. Первинна підготовка рятувальника: навчальний посібник. Х.: НУЦЗУ, 2013. 455 с.
49. Корольов Р.А., Ковалишин В.В., Штайн Б.В. Аналіз способів гасіння пожеж в резервуарах з нафтопродуктами комбінованим способом. Scientific Journal. 2017. № 6(35). С. 41–50.
50. Кусковець С. Л., Шаталов О.С., Юра С.В. Пожежна безпека виробництва. Практикум. НУВГП, Рівне, 2013. 220 с.
51. Кусковець С.Л., Шаталов О.С., Турченко В.О. Основи теорії горіння та вибуху: навч. посіб.. Рівне : НУВГП, 2012. 374 с.
52. Михайлюк О.П. та ін. Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки. Х.: УЦЗ України, 2010. 343 с.
53. НАПБ 05.035-2004. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами. Наказ МНС України 16 лютого 2004р. №75.
54. Нікулін О. та ін. Відпрацювання складу вогнегасної речовини у вигляді компресійної піни: звіт з НДР. Київ: УкрНДІПЗ, 2018. 259 с.
55. Огурцов С.Ю., Семичаєвський С.В. Методика лабораторних досліджень особливостей процесів гасіння високиплячих горючих рідин. Науковий вісник: цивільний захист та пожежна безпека. 2018. № 2. С. 64–69.
56. Пархоменко Р.В., Чалий Д.О., Войтович Д.П. Пожежна тактика. Львів: ЛДУ БЖД, 2017. 368 с.
57. Петухов Р.А. та ін. Підвищення часу існування пін швидкого тверднення. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. №32. С. 215–222.
58. Роянов О.М. Пожежна безпека виробництв. Х.: НУЦЗ України, 2016. 420 с.
59. Сенчихін Ю. М., Сировий В. В., Тарахно О. В. та ін. Довідник керівника гасіння пожеж. Київ: Літера-Друк, 2016. 320 с.
60. Сировий В.В., Сенчихін Ю.М., Лісняк А.А., Дерев'янка І.Г. Основи тактики гасіння пожеж. Х.: НУЦЗ України, 2015. 216 с.
61. Тарахно О.В. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки: підручник. Харків: АЦЗУ, 2005. 315 с.

62. Тарахно О.В., Жернокльов К.В., Трегубов Д.Г. та ін. Основні положення процесу горіння. Виникнення процесу горіння. Харків: НУЦЗ України, 2020. 410 с.
63. Тарахно О.В., Трегубов Д.Г. та ін. Теорія розвитку та припинення горіння: практикум, у 2-х частинах. Х.: НУЦЗ України, 2010. 750 с.
64. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі. Харків, 2004. 252 с.
65. Трегубов Д.Г., Кіреєв О.О., Трефілова Л.М. та ін. Забезпечення балансу властивостей плавучих систем для гальмування випаровування небезпечних рідин. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 1(37). С. 264–281.
66. Трегубов Д.Г., Петухов Р.А., Жернокльов К.В., Савченко О.В. Підвищення ефективності локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом летучих токсичних рідин шляхом використання пін із заданим часом тверднення. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2019. № 1(29). С. 37–46.
67. Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Гриднєв М.В. Проблеми термінології в області самовільного загоряння. X Міжнародна НПК «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації НС». Черкаси: ЧПБ НУЦЗ України, 2019. С. 216–219.
68. Улинець Е.М. Локалізація пожеж розливів нафтопродуктів у резервуарних парках: дис. канд. техн. наук: 21.06.02. УЦЗУ. 2009. 148 с.
69. Ференц Н.О., Вовк С.Я., Міллер О.В. Аналіз аварійних ситуацій і аварій в резервуарних парках складів нафти та нафтопродуктів. Пожежна безпека. 2017. №31. С.125–129.
70. Христин В.В., Маляров М.В., Бондаренко С.М. Сучасні способи підвищення ефективності гасіння пожежі розпорошеною водою. Пробл. пож. без. 2016. № 40. С. 201–205.
71. Чернецький В.В. Вплив теплових факторів пожежі на цілісність вертикальних сталевих резервуарів з нафтопродуктами: дис. канд. тех. наук: 21.06.02. ЛДУБЖД. Львів, 2015. 121 с.
72. Шаршанов А.Я., Рябова І.Б., Сайчук І.В. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. Харків: АПБУ, 2002. 355 с.
73. Шаталов О.С., Кусковець С.Л. Потенційно небезпечні виробничі технології та їх ідентифікація. Рівне: НУВГП, 2012. 204 с.
74. Ширін Л.Н. та ін. Зберігання та дистрибуція нафти, нафтопродуктів і газу: посібник. Дніпро: НТУ«ДП», 2019. 306 с.