

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів дисертації ГРИЩЕНКА Дмитра Володимировича на тему «Підвищення ефективності гасіння пожеж класу А компресійною піною за рахунок використання модифікувальних добавок», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»

1. Обґрунтування вибору теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт університету.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України в рамках виконання науково-дослідної роботи «Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням компресійної піни удосконаленого складу» (№ державної реєстрації 0126U000421), в якій автор брав участь як виконавець. Також виконано науково-дослідну роботу «Обґрунтування параметрів переносної системи гасіння компресійною піною» для товариства з обмеженою відповідальністю «Промислова компанія "Пожмашина"», в якій автор брав участь як відповідальний виконавець.

Актуальність теми дисертаційної роботи. Забезпечення пожежної безпеки об'єктів житлового та промислового сектору є одним із пріоритетних завдань Єдиної державної системи цивільного захисту України в сучасних умовах. Статистичний аналіз пожеж свідчить, що переважна більшість із них класифікується як пожежі класу А (горіння твердих речовин). Основним вогнегасним засобом під час їх ліквідації залишається вода, яка через низьку в'язкість та високий поверхневий натяг має незадовільний коефіцієнт використання (близько 5%). Це призводить до надлишкового проливу, неефективного використання пожежних автомобілів та спричиняє масштабні вторинні збитки, які часто перевищують втрати від безпосереднього впливу вогню.

У зв'язку з цим виникає гостра практична потреба переходу від кількісних методів гасіння (збільшення подачі об'ємів води) до якісних – впровадження високотехнологічних вогнегасних речовин та систем їх генерування. Одним із найбільш перспективних напрямків є застосування технології компресійної піни (Compressed Air Foam). Проте потенціал підвищення її вогнегасної ефективності за рахунок спрямованої хімічної модифікації рідкої фази досі залишався нереалізованим.

Питанням створення високоефективних піноутворювачів, розробки систем компресійної піни та дослідження механізмів припинення горіння присвячено значну кількість робіт провідних вітчизняних та закордонних вчених. Проте в існуючих працях основна увага приділялася переважно механічним параметрам генерування піни (тиск, співвідношення рідкої та газової фаз) або застосуванню стандартних поверхнево-активних речовин. Питання комплексного впливу модифікувальних добавок (зокрема солей амонію та калію) на фізичні властивості компресійної піни та її вогнегасну здатність не знайшли належного наукового обґрунтування.

Необхідність проведення дисертаційного дослідження зумовлена наявністю науково-практичного протиріччя між високими потенційними можливостями компресійної піни та відсутністю науково обґрунтованих рецептур її модифікування добавками для досягнення максимальних показників ефективності гасіння.

Застосування традиційної компресійної піни не завжди забезпечує миттєве припинення гетерогенного горіння (тління) всередині твердих матеріалів. Додавання до складу рідкої фази цільових модифікувальних добавок, здатних впливати на хімічні процеси горіння, дозволяє змінити характеристики піни і її вогнегасну здатність.

Таким чином, підвищення ефективності гасіння пожеж класу А компресійною піною шляхом використання модифікувальних добавок та обґрунтування оптимальних параметрів її генерування є актуальним науково-практичним завданням, що має суттєве значення для розвитку галузі пожежної безпеки та економіки держави.

Метою роботи є підвищення вогнегасної ефективності компресійної піни за рахунок використання модифікувальних добавок при гасінні пожеж класу А.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання досліджень:

1) Проаналізувати способи підвищення вогнегасної ефективності водних вогнегасних речовин;

2) Дослідити експериментальним шляхом вплив модифікувальних добавок на фізичні властивості компресійної піни;

3) Дослідити експериментальним шляхом вплив модифікувальних добавок на вогнегасні властивості компресійної піни;

4) Здійснити порівняльний аналіз вогнегасної ефективності компресійної піни із модифікувальною добавкою з іншими водними вогнегасними речовинами;

5) Провести економічне обґрунтування ефективності використання компресійної піни з модифікованими добавками та розробити рекомендації щодо її застосування.

Об'єкт дослідження. Процес гасіння компресійною піною пожеж твердих горючих речовин.

Предмет дослідження. Вплив вмісту модифікувальних добавок в компресійній піні на її властивості, вогнегасну здатність та процеси гасіння нею пожеж твердих горючих речовин.

Методи дослідження.

В дисертаційній роботі застосовано комплексний підхід до досліджень, який охоплює аналіз та систематизацію сучасних науково-технічних здобутків у сфері застосування компресійної піни для гасіння пожеж класу А.

Експериментальну оцінку вогнегасної ефективності компресійної піни проводили з використанням методології факторного планування експерименту. Отримані теоретичні та експериментальні дані піддавали статистичній обробці з використанням спеціалізованого програмного забезпечення та сучасних комп'ютерних засобів.

Вимірювання виконувалися за допомогою повірених та метрологічно атестованих приладів.

Достовірність та обґрунтованість результатів забезпечується побудовою роботи на фундаментальних засадах теорії припинення горіння, змін фізичних та хімічних властивостей вогнегасних речовин, а також послідовним впровадженням системного підходу – від теоретичного аналізу та лабораторних замірів до натурних експериментів і розрахунку сумарного економічного ефекту. Висока точність отриманих даних досягнута завдяки використанні спеціально розробленої експериментальної установки та апаратно-програмного комплексу контролю витрат рідкої та газової фаз, що забезпечило виключення суб'єктивних похибок і реєстрацію параметрів піноутворення у режимі реального часу. Масштабність і повторюваність проведених досліджень у діапазоні концентрацій модифікувальних добавок від 1 % до 5 % та кратності піни від 5 до 25 підтверджена методами математичної статистики з довірчою ймовірністю не менше ніж 95 %. Застосування сучасних методів регресійного аналізу дозволило отримати адекватні математичні моделі у формі поліномів другого порядку, які з високою точністю описують залежність показника вогнегасної ефективності від досліджуваних чинників. Достовірність фінальних висновків додатково підтверджується стабільною збіжністю теоретичних розрахунків, математичних моделей та результатів прямих порівняльних експериментів під час ліквідації стандартизованих модельних вогнищ пожежі класу 1А за допомогою компресійної піни з модифікувальною добавкою дигідроортофосфату амонію відносно води, традиційної компресійної піни та гелеутворювальних сумішей.

Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна полягає в наступному:

1. **Вперше** встановлено закономірності впливу модифікувальних добавок гідрофосфат амонію, дигідроортофосфат амонію, карбонат амонію, карбонат калію та хлорид калію у складі водного розчину піноутворювача на процеси піноутворення компресійної піни, її кратність та стійкість, що дозволяє визначити доцільність використання добавок для підвищення вогнегасної ефективності.

2. **Вперше** отримано математичну модель у формі поліномів другого порядку, що описує залежність показника вогнегасної ефективності компресійної піни від концентрації модифікувальних добавок гідрофосфат амонію, дигідроортофосфат амонію, карбонат амонію у складі водного розчину піноутворювача та кратності компресійної піни, що дозволяє визначати оптимальний склад водного розчину піноутворювача з точки зору вогнегасної ефективності.

3. **Вперше** отримано кількісні показники вогнегасної ефективності компресійної піни з модифікувальною добавкою дигідроортофосфат амонію у складі водного розчину піноутворювача у порівнянні з іншими водними вогнегасними речовинами, у результаті чого підтверджено, що вогнегасна ефективність компресійної піни із цією добавкою на 15% вище за вогнегасну ефективність компресійної піни традиційного складу, на 28 % – гелеутворювальних складів та на 77 % – води.

4. **Удосконалено** діючий зразок системи генерування та подавання компресійної піни за рахунок інтеграції апаратно-програмного комплексу контролю витрат, що на відміну від існуючих, забезпечує підвищення точності

дозування компонентів і контроль параметрів піноутворення у режимі реального часу.

Рівень теоретичної підготовки здобувача, рівень обізнаності дисертанта з результатами наукових досліджень інших учених.

Здобувач володіє високим рівнем теоретичної підготовки, вмінням опанувати сучасні інформаційні технології та методики проведення експериментальних досліджень. Здобувач добре орієнтується в сучасних досягненнях вітчизняних та закордонних вчених за напрямом роботи.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці та впровадженні рекомендацій із застосування компресійної піни із модифікувальною добавкою дигідроортофосфат амонію для гасіння пожеж твердих горючих речовин, що дозволяють повністю нівелювати надлишковий пролив води. Практична цінність запропонованого підходу підтверджується доведеним економічним ефектом, який забезпечує зниження величини вторинних збитків у житловому секторі в 80 разів (з 475 000 грн до 5 938 грн на одну умовну пожежу) та гарантує повну окупність капітальних витрат на переоснащення пожежних автомобілів системами CAFS протягом 5 років.

Практичне значення підтверджується актами впровадження:

- в діяльність ГУ ДСНС України у Чернівецькій області у вигляді рекомендацій із застосування компресійної піни із модифікувальними добавками для гасіння пожеж твердих горючих речовин;

- в діяльність ТОВ «КОМПАНІЯ ТІТАЛ» у вигляді рекомендацій щодо оптимізації параметрів роботи системи CAFS та складу вогнегасної речовини;

- у освітній процес Національного університету цивільного захисту України на кафедрі інженерної та аварійно-рятувальної техніки при викладанні дисципліни «Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка» при вивченні теми «Основи пінного гасіння. Пожежні автомобілі пінного гасіння».

Повнота викладу матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок здобувача в публікації.

Особистий внесок здобувача та результати дисертації повною мірою викладені в зазначених публікаціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації.

Публікації у наукових фахових виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus:

1. Shakhov S., Vynohradov S., Kodryk A., Titenko O., Melnychenko A., **Hryshenko D.**, Grinchenko E., Knaub L. Influence of modified additives on the properties of compressed air foam. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 4. No. 6(130). P. 38-48. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310371>

Особистий внесок – експериментальним шляхом визначив вплив п'яти модифікувальних у діапазоні концентрації 1–5 % по масі на кратність та стійкість компресійної піни.

2. Shakhov S., Vynohradov S., **Hryshenko D.**, Savchenko A., Grinchenko E., Knaub L., Maslich N., Mohylianets T., Shevchuk V., Dominik A. Determining the effect of modified additives on the fire-extinguishing properties of compressed air foam. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Vol. 2. No. 10(134). P. 44-52. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.325930>

Особистий внесок – визначив вплив наявності домішок $(NH_4)_2HPO_4$, $NH_4H_2PO_4$, $(NH_4)_2CO_3$, у водному розчині піноутворювача у діапазоні концентрацій 1–5 % по масі на вогнегасні властивості компресійної піни та порівняв їх ефективність.

3. Shakhov S., Vynohradov S., **Hryshchenko D.**, Melnychenko A., Grinchenko E., Knaub L., Maslich N., Mohylianets T., Pinder V., Pavlyuk Y. Determining the fire extinguishing efficiency of compressed air foam with modified additive $NH_4H_2PO_4$. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Vol. 6. No. 10(138). P. 32-38. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.345244>

Особистий внесок – визначив та порівняв вогнегасну ефективність компресійної піни з модифікувальною добавкою $NH_4H_2PO_4$ із компресійною піною традиційного складу, водою та гелеутворювальним складом при гасінні стандартизованих модельних вогнищ пожежі класу ІА.

Публікації в наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз:

4. Грищенко Д.В., Виноградов С.А., Шахов С.М. Аналіз способів підвищення вогнегасної ефективності компресійної піни при гасінні твердих горючих речовин. Комунальне господарство міст. 2023. Т. 1. № 175. С. 151-159. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-151-159>

Особистий внесок – провів аналіз та систематизував наукові публікації, присвячені використанню компресійної піни при гасінні пожеж та підвищенню її вогнегасної ефективності.

5. Грищенко Д.В., Виноградов С.А., Шахов С.М. Аналіз досвіду використання модифікувальних добавок та їх фізико-хімічних властивостей для подальшого застосування у складі компресійної піни. Пожежна безпека. 2023. Т. 42. С. 85-95. URL: <https://doi.org/10.32447/20786662.42.2023.10>

Особистий внесок – розглянув модифікувальні добавки, які застосовуються у галузі пожежогасіння за напрямком вогнегасної дії та їх фізико-хімічні властивості. Проаналізував експериментальні дослідження щодо досвіду застосування модифікувальних добавок у водних вогнегасних речовинах.

6. Кодрик А.І., Тітенко О.М., Виноградов С.А., Шахов С.М., **Грищенко Д.В.** Розробка дослідного зразка системи генерування та подавання компресійної піни. Комунальне господарство міст. 2024. Т. 4. №185. С. 172–177. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-4-185-172-177>

Особистий внесок – запропонував систему генерування та подавання компресійної піни для дослідження її властивостей із вмістом модифікувальних добавок при зміні складу рідини та повітря, що її утворюють.

Патенти України на корисну модель:

7. Спосіб утворення компресійної піни: пат. 156347, МПК А62D 1/02, (2006.01), № u202304736; заяв. 09.10.2023; опубл. 12.06.2024, бюл. № 24.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Грищенко Д.В., Виноградов С.А., Шахов С.М. Компресійна піна як альтернатива водоемульсійним та водопінним засобам пожежогасіння. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». м. Черкаси:

ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 79-81. URL: <https://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/18351/1/%D0%9A%D0%9E%D0%9C%D0%9F%D0%A0%D0%95%D0%A1%D0%86%D0%99%D0%9D%D0%90%20%D0%9F%D0%86%D0%9D%D0%90%20%D0%AF%D0%9A%20%D0%90%D0%9B%D0%AC%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%9D%D0%90%D0%A2%D0%98%D0%92%D0%90%20%D0%92%D0%9E%D0%94%D0%9E%D0%95%D0%9C%D0%A3%D0%9B%D0%AC%D0%A1%D0%86%D0%99%D0%9D%D0%98%D0%9C.pdf>

Особистий внесок – провів аналіз та систематизував наукові публікації, присвячені використанню компресійної піни при гасінні пожеж та підвищенню її вогнегасної ефективності.

9. **Грищенко Д.В.,** Виноградов С.А. Щодо застосування модифікованих добавок у складі компресійної піни. *Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація. Матеріали круглого столу (вебінару).* м. Харків: НУЦЗ України. 2023. С. 88 – 89. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17232>

Особистий внесок – розглянув модифікувальні добавки, які застосовуються у галузі пожежогасіння за напрямком вогнегасної дії та їх фізико-хімічні властивості. Проаналізував експериментальні дослідження щодо досвіду застосування модифікувальних добавок у водних вогнегасних речовинах.

10. **Грищенко Д.В.,** Виноградов С.А., Шахов С.М. Аналіз фізико-хімічних властивостей модифікованих добавок та механізм їх вогнегасної дії. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми надзвичайних ситуацій - 2023» («Problems of Emergency Situations – 2023»).* м. Харків: НУЦЗ України. 2023. С. 346-347. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17657>.

Особистий внесок – розглянув модифікувальні добавки, які застосовуються у галузі пожежогасіння за напрямком вогнегасної дії та їх фізико-хімічні властивості. Проаналізував експериментальні дослідження щодо досвіду застосування модифікувальних добавок у водних вогнегасних речовинах.

11. **Грищенко Д.В.,** Виноградов С.А., Холодько В.М. Шляхи підвищення вогнегасної ефективності компресійної піни при гасінні твердих горючих речовин. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту».* м. Харків: НУЦЗ України. 2023. С. 191. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/18350>

Особистий внесок – провів аналіз та систематизував наукові публікації, присвячені використанню компресійної піни при гасінні пожеж та підвищенню її вогнегасної ефективності.

12. **Грищенко Д.В.** Розробка лабораторного зразку системи для дослідження впливу модифікувальних добавок на ефективність компресійної піни. *Матеріали круглого столу «Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно – рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням».* м. Харків: НУЦЗ України. 2023. С. 127-128. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/18686/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%9A%D1%80%D1%83%D0%B

[3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%20%D1%81%D1%82%D1%96%D0%BB %D0%A1%D0%A5%D0%A5%D0%A2%20%28pdf.io%29.pdf](http://www.pdf.io/29.pdf)

Особистий внесок – запропонував систему генерування та подавання компресійної піни для дослідження її властивостей із вмістом модифікувальних добавок при зміні складу рідини та повітря, що її утворюють.

13. **Грищенко Д.В.,** Виноградов С.А. Результати експериментального визначення властивостей компресійної піни із модифікованими добавками. *Матеріали круглого столу «Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно – рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням».* м. Харків: НУЦЗ України. 2023. С. 51-54. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/22378/1/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D1%82%D0%B5%D0%B7%20%D0%9E%D0%A0%D0%A1%20%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D0%B2.pdf>

Особистий внесок – експериментальним шляхом визначив вплив п'яти модифікувальних у діапазоні концентрацій 1–5 % по масі на кратність та стійкість компресійної піни.

2. Оцінка мови і стилю дисертації.

Мова та стиль викладення відповідає критеріям науковості: логічність викладення положень, об'єктивність, послідовність. Структуру роботи загалом можна схарактеризувати як таку, що логічно підпорядковується поставленій меті. Структура розділів відповідає послідовності конкретних завдань, що успішно вирішуються. Основні теоретичні положення та висновки роботи не є суперечливими, оскільки вони аргументовані й підкріплені доречними прикладами.

Дисертацію заслухано та обговорено на розширеному засіданні кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки навчально – наукового інституту оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України (протокол №30 від 23 травня 2026 року). У ході обговорення дисертації суттєвих зауважень, які стосуються суті роботи, не було висунуто.

3. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.

Робота повністю відповідає вимогам, що ставляться до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека», а саме: вона виконана на актуальну тему, сформульовані в ній наукові положення, висновки та рекомендації є обґрунтованими, достовірними, містять наукову новизну та мають практичну значущість.

4. Дотримання нормативних вимог щодо оформлення дисертації.

Дисертаційна робота подана за традиційною схемою, викладена українською мовою загальним об'ємом 181 сторінка, складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел зі 111 найменувань і 2 додатків, містить 50 рисунків та 34 таблиць, що дозволило автору запропонувати ряд наукових положень,

висновків і рекомендацій, отриманих на основі вивчення цієї значної кількості наукової літератури з даної проблематики.

5. Рекомендації дисертації до захисту.

Дисертаційна робота ГРИЩЕНКА Дмитра Володимировича на тему «Підвищення ефективності гасіння пожеж класу А компресійною піною за рахунок використання модифікувальних добавок» є завершеним науковим дослідженням, виконаним самостійно автором на актуальну тему. Робота містить теоретичні розробки та практичні пропозиції, спрямовані на вирішення важливої науково-практичної задачі в галузі пожежної безпеки – підвищення ефективності гасіння пожеж класу А компресійною піною за рахунок використання модифікувальних добавок.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 261 «Пожежна безпека» та відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 року №44 та може бути рекомендована для захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Головуючий на розширеному засіданні
кафедри інженерної та аварійно-
рятувальної техніки

Начальник кафедри інженерної та аварійно-
рятувальної техніки навчально-
наукового інституту оперативно-
рятувальних сил Національного
університету цивільного захисту України,
кандидат педагогічних наук, доцент



Артем МАЙБОРОДА

Підпис доцента Артема МАЙБОРОДИ засвідчую
Вчений секретар Національного
університету цивільного захисту України,
кандидат психологічних наук,
старший науковий співробітник



Андрій ПОБІДАШ