

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
ВОЙТОВИЧ ТЕТЯНИ МИРОСЛАВІВНИ

*“Вдосконалення технології “підшарового” пожежогасіння в резервуарах з нафтопродуктами”*, представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – пожежна безпека

Дисертаційну роботу Войтович Т.М. присвячено вирішенню актуальної науково-технічної задачі з удосконалення технології гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів “підшаровим” способом.

**1. Актуальність обраної теми.** В Україні з часів СРСР основним засобом пожежогасіння пожеж в резервуарах з нафтою та нафтопродуктами вважають піну середньої кратності, генеровану з робочих розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж. З 1 квітня 2013 року в Україні набув чинності ДСТУ Б EN 13565-2:2013 Стационарні системи пожежогасіння. Системи пінного пожежогасіння. Частина 2. Проектування, монтування та технічне обслуговування (EN 13565-22009, IDT). Цей стандарт передбачає гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів піною низької кратності, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів спеціального призначення (переважно плівкоутворювальних), тобто реалізацію найефективніших з відомих нині технологій гасіння пожеж на таких об'єктах. Піну низької кратності, генеровану з робочих розчинів плівкоутворювальних піноутворювачів, зазвичай можна подавати як на поверхню, так і під шар горючої рідини. Спливаючи крізь нього, вона не втрачає вогнегасної здатності та ізолювальної ефективності.

В Україні виробництво плівкоутворювальних піноутворювачів налагоджено, розроблено й нормативні документи щодо випробування, зберігання і застосування їх, у тому числі для гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів. Але, на жаль, світовий досвід “підшарового” гасіння належним чином досі не реалізовано. З іншого боку, роботи з розроблення єдиних вимог щодо піноутворювачів, придатних для “підшарового” гасіння, було розпочато близько 40 років тому, а 1986 року навіть з'явився проект відповідного міжнародного стандарту, проте до логічного кінця їх так і не довели. На сьогоднішній день не існує міжнародних або європейських нормативних документів, які встановлювали б вимоги щодо таких піноутворювачів і методи їх випробувань, а відповідальність за надання висновків про придатність того чи іншого піноутворювача до застосування з цією метою покладається на виробника.

Це означає, що оцінювати придатність піноутворювача для гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів “підшаровим”



способом потрібно окремо в кожному конкретному випадку. Зважаючи на те, що спливання піни крізь шар горючої рідини супроводжується більш або менш інтенсивною їх взаємодією залежно від хімічного складу обох цих середовищ, обґрунтованість прямого застосування положень, унормованих стандартами для випадку подавання піни безпосередньо на поверхню горючої рідини (насамперед у частині інтенсивності і тривалості подавання робочого розчину піноутворювача), без застосування жодних коефіцієнтів поправки для систем “підшарового” пожежогасіння спричиняє сумніви.

Відтак, є необхідність детальнішого вивчення основних параметрів системи пожежогасіння резервуарів з нафтою і нафтопродуктами “підшаровим” способом, насамперед ефективності піноутворювачів різних марок під час його реалізації, а також гідродинаміки пінних потоків під час їх введення безпосередньо в шар нафти (нафтопродукту). Отже, обрана тема дисертації є актуальною і має практичну цінність.

**2. Огляд змісту роботи.** Дисертація Войтович Т.М. складається з чотирьох розділів, перший з яких містить аналіз сучасного стану проблем, пов’язаних з гасінням пожеж у вертикальних сталевих резервуарах з нафтою та нафтопродуктами “підшаровим” способом.

У *вступі* в стислому вигляді наведено обґрунтування обраної теми дисертаційної роботи, її актуальність, мету та задачі досліджень, висвітлено наукову новизну та практичну цінність, представлено особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертаційної роботи, публікації, структуру та обсяг дисертації.

У *першому розділі* проведено огляд літератури, що присвячена найбільш важливим роботам інших авторів, тісно пов’язаним з питаннями, розглянутими в дисертації, а також аналізу нормативних документів щодо використання піноутворювачів для гасіння резервуарів “підшаровим” способом.

У *другому розділі* розроблено математичну модель руху затопленого невіЛЬНОГО пінного струменя в середовищі моторного палива, яка адекватно описує реальні фізичні процеси, що відбуваються під час гасіння пожеж у вертикальних сталевих резервуарах “підшаровим” способом.

Визначено параметри руху затоплених струменів піни низької кратності в резервуарі з нафтопродуктом, які будуть оптимальними для транспортування піни крізь шар палива на його поверхню з найменшим її руйнуванням.

Реалізовані з використанням математичної моделі рішення узгоджуються з результатами, отриманими під час експериментальних досліджень з гасіння макетної пожежі класу В “підшаровим” способом.

*Третій розділ* роботи присвячено дослідженню піноутворювачів для



“підшарового” гасіння резервуарів з нафтопродуктами. Описано методики: визначення вогнегасної ефективності піноутворювачів під час “підшарового” гасіння нафтопродуктів, визначення швидкості спливання піни низької кратності крізь шар нафтопродукту, а також експериментальних досліджень з визначення корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів.

В результаті експериментів з “підшарового” гасіння бензину встановлено, що стійкість піни на основі плівкоутворювального піноутворювача є кращою у порівнянні з піноутворювачами загального призначення, те саме стосується вогнегасної ефективності піни.

Проаналізовано результати, отримані згідно цих випробувань та проведено порівняння рекомендованих величин інтенсивності подавання робочих розчинів плівкоутворювальних піноутворювачів з нормативними значеннями.

За результатами експериментальних досліджень впливу інгібіторів корозії на корозійну активність робочих розчинів піноутворювачів визначено швидкість корозії з додаванням інгібіторів корозії алкілімідозоліну і алкілімідозоліну М та без них. Такі ж експерименти були проведені за змінної температури.

Також проведено планування експерименту з визначення вогнегасної ефективності піни, генерованої з робочого розчину піноутворювача “Барс АFFF” під час гасіння бензину марки А-92 “підшаровим” способом.

У четвертому розділі роботи описано впровадження результатів роботи. Запропоновано рекомендації до методики розрахунку основних параметрів системи “підшарового” пожежогасіння. Розраховано загальні витрати піноутворювача для гасіння резервуара РВС-10000 подаванням робочих розчинів піноутворювачів як на поверхню нафтопродукту, так і під шар та проведено порівняння цих результатів. Також розраховано технічні параметри системи пожежогасіння резервуарів з нафтою і нафтопродуктами “підшаровим” способом для різних видів резервуарів, тривалості гасіння та виду нафтопродукту.

Проведено експерименти з “підшарового” гасіння дизельного палива для відбирання зразків на лабораторний аналіз з метою визначення можливості використання нафтопродукту за призначенням після його гасіння піною, генерованою з робочих розчинів плівкоутворювальних піноутворювачів.

### **3. Достовірність і новизна висновків та рекомендацій.**

Сформульовані у дисертації Войтович Т.М. висновки щодо системи “підшарового” пожежогасіння є теоретично обґрунтованими і практично значущими. Розроблені та використані здобувачем математичні моделі пінних струменів в середовищі нафтопродукту переконливо сформульовані, математично описані та обґрунтовані. Прийняті в роботі методи та підходи



не спричиняють заперечень. Для проведення досліджень використано сучасну методологію. Теоретичні дослідження спираються на сучасний математичний апарат з використанням комп'ютерної техніки. Все це підтверджує достовірність результатів.

Наукову і практичну новизну дисертаційної роботи не пов'язано з сумнівами. Вона полягає у моделюванні за допомогою програмного продукту SolidWorks Flow Simulations параметрів руху затопленого невіЛЬНОГО пінного струменя в середовищі нафтопродукту, які адекватно описують реальні фізичні процеси.

Також розроблено методики і засоби випробувань з визначення оптимальної інтенсивності подавання робочих розчинів ряду вітчизняних плівкоутворювальних піноутворювачів "підшаровим" способом, які ґрунтуються на визначенні їх вогнегасної ефективності.

Заслугує на увагу виявлена можливість використання дизельного палива за призначенням після його гасіння піною, що має неабияке значення для нафтової промисловості.

У роботі відсутні порушення академічної доброчесності.

**4. Оцінка дисертації, її завершеність загалом, проблема, яка розглядається, оформлення дисертації, зауваження.** Дисертаційну роботу виконано відповідно до нормативних вимог, що встановлені для оформлення результатів наукових досліджень дисертаційного рівня. Роботу написано академічною мовою. Тема дисертації, її зміст, а також зміст наукових праць, опублікованих за темою дисертації, відповідають науковій спеціальності, за якою роботу подано до захисту.

Дисертаційна робота є науковою працею, в якій на підставі самостійно виконаних автором досліджень розроблено математичні моделі, методи випробувань та експериментальні установки, які забезпечили наукове підґрунтя для підвищення ефективності гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів із застосуванням плівкоутворювальних піноутворювачів "підшаровим" способом. Також результати досліджень є основою для подальшого удосконалення нормативної бази, що стосується "підшарового" пожежогасіння.

Отже, важливість дисертаційної роботи для науки і практики полягає у рекомендованих параметрах системи "підшарового" гасіння, які є підґрунтям для впровадження у практику гасіння пожеж класу В підрозділами ДСНС України. Реалізацію результатів роботи здійснено використанням "підшарового" способу подавання робочих розчинів плівкоутворювальних піноутворювачів на полігоні у тренувальному резервуарі із запропонованими величинами нормативної інтенсивності.



На ТзОВ “Науково-виробниче товариство “Вогнеборець” в результаті витримки робочих розчинів піноутворювачів “Барс S-1” та “Пірена” у герметично закритих корпусах вогнегасників протягом 30 діб з додаванням інгібітору корозії встановлено, що додавання алкілімідозоліну М зменшує швидкість корозії у 1,4-1,7 рази.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. В лекційних курсах навчальних дисциплін використано теоретичні положення та методичні підходи дисертаційної роботи щодо гасіння пожеж в резервуарах з нафтою та нафтопродуктами подаванням робочих розчинів піноутворювачів під шар, зокрема використання плівкоутворювальних піноутворювачів і установки для випробування піноутворювачів під час гасіння “підшаровим” способом.

*Зауваження до дисертації:*

- інформацію про недоліки, пов’язані з нормуванням параметрів систем “підшарового” пожежогасіння стандартом ДСТУ Б EN 13565-2:2013, подано не в 1-му розділі, де проаналізовано інші нормативні документи і літературні джерела, а в розділі з описом методів і результатів експериментальних досліджень;
- не зрозуміло, яким чином передбачено врахувати (реалізувати) результати досліджень з гасіння модельних вогнищ пожежі піною низької кратності, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів загального призначення, що подається “підшаровим” способом;
- не вказано, яким чином визначалася динамічна в’язкість піни та її густина, які задавали в початкових та граничних умовах під час побудови математичної моделі в середовищі SolidWorks Flow Simulations (п. 2.2.2);
- під час моделювання як нафтопродукт прийнято бензин, а експериментальні дослідження, під час яких перевірялися гіпотези, отримані в результаті моделювання, проводилися з використанням дизельного палива; вважаю, що доцільно було взяти для повної достовірності один вид нафтопродукту;
- не подане обґрунтування розмірів експериментальної установки УПШГ-1, яку використовували для визначення вогнегасної ефективності піни під час гасіння “підшаровим” способом (рис. 3.3).

**5. Підтвердження опублікування основних результатів по дисертації.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 13 наукових праць, з яких 4 статті у виданнях, включених ДАК України до переліку фахових, одна стаття у науковому журналі, що входить до бази даних Scopus, та 8 тез доповідей на науково-практичних конференціях.



Кількість друкованих робіт відповідає вимогам щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Спрямованість науково-практичних конференцій, де відбувалася апробація дисертаційного дослідження, характер статей здобувача, в яких відображено положення дисертації і результати досліджень, повною мірою розкривають науково-технічну задачу дисертаційної роботи. Загалом вважаю, що дисертація пройшла належну апробацію; вона є самостійною науковою працею, що має завершений характер.

## 6. Висновок щодо дисертації

6.1. Висловлені зауваження не применшують загальної високої оцінки рівню виконання дисертаційної роботи в цілому, її теоретичної цінності та практичної значущості.

6.2. Оцінюючи дисертацію загалом, слід відмітити, що на підставі розроблених методів та практичних результатів вона дає можливість підвищити ефективність технології і систем пожежогасіння “підшаровим” способом за рахунок реалізації запропонованих параметрів руху пінних струменів, які будуть оптимальними для транспортування піни крізь шар нафти (нафтопродукту) на її (його) поверхню, за яких піна піддаватиметься руйнуванню найменшою мірою.

Таким чином, за актуальністю теми, відповідністю сучасному науковому рівню, достовірністю висновків робота, що розглядається, відповідає спеціальності 261 – пожежна безпека та вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Дисертаційну роботу спрямовано на розв’язання важливої науково-технічної задачі – вдосконалення технології “підшарового” пожежогасіння для резервуарів з нафтопродуктами, а її автор, *Войтович Тетяна Мирославівна*, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – пожежна безпека.

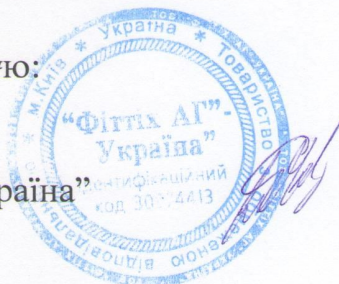
Офіційний опонент,

к. т. н., с. н. с.

Володимир БОРОВИКОВ

Підпис Боровикова В.О. засвідчую:

Директор ТОВ “Фіттіх АГ” – Україна”



І.С.Радкевич