

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ДФ 64.707.057
Національного університету
цивільного захисту України,
д.т.н., професору Євгенію Рибці
м. Харків, вул. Чернишевська, 94,
61023

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук Морща Євгена Володимировича на дисертаційну роботу Максименка Максима Володимировича «Підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру унаслідок пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 Цивільна безпека

Актуальність теми дисертаційного дослідження, її зв'язок з науковими програмами.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру унаслідок пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів за своїми наслідками здатні досягти регіонального або державного рівня. Одним з таких прикладів є пожежа у резервуарному парку, яка сталася 9 лютого 2024 р. у Немишлянському районі м. Харкова, де внаслідок удару безпілотними літальними апаратами зайнялося 9 наземних резервуарів, стався виток нафтопродуктів за межі обвалування та потрапляння горючої рідини на територію приватного сектору, внаслідок – загинуло 7 осіб.

Прогнозування і оцінка наслідків надзвичайних ситуацій, проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, відповідно до Кодексу цивільного захисту України, визначені серед основних завдань єдиної державної системи цивільного захисту. Актуальність вирішення вказаних питань зумовлена, як необхідністю забезпечення достатнього рівня безпеки провадження суб'єктами господарювання діяльності на об'єктах зберігання нафтопродукти, так і забезпеченням реагування на цілеспрямовані атаки об'єктів критичної інфраструктури внаслідок збройної агресії РФ.

Висока концентрація горючих та легкозаймистих рідин в резервуарних парках, обумовлена економічними причинами, суттєво ускладнює гасіння пожеж. Основна небезпека таких пожеж полягає в тепловому впливі пожежі на сусідні резервуари. Нагріваючись, їх сталеві конструкції перетворюються на джерела запалювання, що може призвести до вибуху парів в резервуарі або до їх горіння на виході з дихальних

пристроїв. Слід відзначити, що величина теплового потоку від пожежі залежить від низки чинників: типу рідини, що горить, швидкості і напрямку вітру. Відповідно, перед оперативно-рятувальними підрозділами постає задача не лише вчасного прибуття та гасіння палаючих резервуарів, а також визначення резервуарів, які мають охолоджуватися та інтенсивності подачі води на них. Ситуація додатково ускладнюється тим, що в умовах комплексних ударів по критичній інфраструктурі, відчувається дефіцит сил та засобів внаслідок одночасних викликів, перебоїв з постачанням води тощо. Таким чином, підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру унаслідок пожежі на об'єкті зберігання нафтопродуктів шляхом оптимального вибору сил та засобів для охолодження сусідніх резервуарів є актуальною задачею цивільної безпеки.

Обраний напрямок досліджень відповідає «Плану наукової та науково-технічної діяльності ДСНС України на 2019 рік» та Указу Президента України №722/2019 від 30 вересня 2019 року «Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». Дослідження проводилися у рамках науково-дослідної роботи «Розробка методу запобігання каскадному розповсюдженню пожежі в резервуарному парку» (№ ДР 0122U000007), в якій Максименко М.В. приймав участь в якості відповідального виконавця.

Відповідність мети, об'єкту, предмету та завдань дослідження паспорту спеціальності.

Метою роботи є підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру унаслідок пожежі на об'єкті зберігання нафтопродуктів шляхом оптимального вибору сил та засобів для охолодження сусідніх резервуарів.

Об'єкт дослідження – тепловий вплив пожежі в резервуарі з нафтопродуктом на сусідні резервуари.

Предмет дослідження – оптимізація сил та засобів для охолодження резервуарів з нафтопродуктом, сусідніх з тим, що горить.

Для досягнення поставленої мети автором поставлено і вирішено чотири науково-технічні задачі.

1. Проаналізувати стан безпеки в резервуарних парках та методи запобігання поширенню надзвичайної ситуації.

2. Розробити моделі нагріву стінки і покрівлі резервуара під тепловим впливом пожежі.

3. Розробити модель охолодження резервуара шляхом подачі води на його стінку і покрівлю та перевірити її експериментально.

4. Розробити рекомендації щодо вибору сил та засобів та інтенсивності подачі води на охолодження резервуара, який не горить.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями дослідження дисертаційна робота повною мірою відповідає галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 «Цивільна безпека».

Аналіз змісту дисертації.

Дисертаційна робота виконана на 189 сторінках друкованого тексту. У відповідності до вимог вона складається з анотації, вступу, чотирьох розділів з викладом основних результатів дослідження, загальних висновків, списку використаних джерел з 88 найменувань і 2 додатків. Робота містить 68 рисунків та 10 таблиць з результатами виконаних досліджень.

Вступ присвячено обґрунтуванню актуальності теми дисертації. Сформульовано мету, завдання та наведено методи дослідження. Розглянуто зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Відображено наукову новизну та практичну значення одержаних результатів. Наведено відомості про публікацію і апробацію результатів дослідження автором.

Перший розділ «Стан безпеки в резервуарних парках та методи запобігання поширенню надзвичайної ситуації» містить результати аналізу особливостей ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру унаслідок пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів як в Україні, так і в інших країнах світу. Незважаючи на світову тенденцію розвитку моделей горіння рідин в резервуарах і розливах, а також програмних засобів, що реалізують вказані моделі, охолодження резервуарів водою залишається недостатньо дослідженим. Це означає можливі похибки при визначенні інтенсивності подачі води на охолодження резервуарів, сусідніх з палаючим, що загрожує розповсюдженням пожежі на них.

У другому розділі «Модель нагріву резервуара під тепловим впливом пожежі сусіднього резервуара» детально обґрунтовано припущення, що лежать в основі зазначеної моделі. Модель нагріву вертикального сталевго резервуара (РВС) спирається на рівняння теплового балансу для стінки і покрівлі резервуара та враховує променевий і конвекційний теплообмін стінки і покрівлі з полум'ям, навколишнім повітрям і внутрішнім простором резервуара. Вплив вітру у моделі враховано завдяки нахилу факела залежно від напрямку і швидкості вітру, а також розгляду режиму вимушеної конвекції при взаємодії повітряного потоку зі стінкою та покрівлею резервуара. Модель може бути використана для прогнозування наслідків надзвичайної ситуації, обумовленої пожежею горючої рідини в вертикальному сталевому резервуарі – для визначення частин резервуара, температури яких досягають небезпечних значень, і граничного часу початку їх охолодження.

У третьому розділі «Модель охолодження резервуара в умовах пожежі» розглянуто захист стінки і покрівлі резервуара шляхом подачі води на них. Рівняння теплового балансу для стінки і покрівлі резервуара доповнено рівняннями нагріву води, що стікає по ним. Сумісне розв'язання цих рівнянь дозволяє знайти розподіл температур по поверхні резервуара і воді, що стікає. Наведено експериментальну перевірку моделей нагріву

стілки в умовах теплового впливу пожежі і її охолодження водою. В ході експерименту досліджувалася температура вертикального сталевого листа, який нагрівався від дизельного палива, що горіло у прямокутному піддоні. Порівняння експериментальних даних з розрахунковими свідчить про їх збіжність з довірчою ймовірністю 0,95.

В четвертому розділі «Рекомендації щодо підвищення ефективності локалізації пожежі в резервуарі з нафтопродуктом» розглянуто практичні аспекти використання результатів досліджень. Сформульовано і розв'язано задачу оптимального вибору сил та засобів для подачі води на охолодження резервуарів, сусідніх з тим, що горить. В якості критерію оптимізації може виступати мінімум витрат води, мінімум задіяного особового складу, мінімум автомобілів, що забезпечують роботу пожежних стволів. При цьому обмеженням задачі є вимога охолодження стінки і покрівлі резервуара до безпечної температури. З метою спрощення практичного використання отриманих наукових результатів розроблено програмний продукт, який може використовуватися як керівником гасіння пожежі в оперативному режимі, так і для розробки планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків на об'єктах зберігання нафтопродуктів.

Зміст дисертації логічно і послідовно висвітлює етапність наукових досліджень з викладенням методів їх проведення та узагальненням результатів, які наведені у висновках до відповідних розділів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Автор добре розуміє специфіку науково-технічних задач, що розв'язані в дисертації. В роботі використано системний підхід, що включає аналіз та узагальнення світового досвіду, власних досліджень щодо особливостей ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного характеру унаслідок пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів, використання методів математичного моделювання, методів теорії теплообміну.

Слід зазначити, що вибір напрямку досліджень та визначення завдань дослідження, наукові положення та рекомендації, що сформульовані у висновках за розділами та у загальних висновках, зроблено науково обґрунтовано за результатами аналізу, узагальнення відомих та отриманих особисто автором результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень.

Достовірність результатів наукових досліджень.

Достовірність наукових положень дисертації підтверджується прийнятним збігом теоретичних досліджень та результатів, отриманих в ході експериментів із нагріванням та охолодженням водою моделі стінки резервуара в умовах пожежі горючої рідини. Достовірність результатів дисертаційних досліджень забезпечено коректним використанням математичного апарату, системним підходом, застосуванням методів теорії теплообміну.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному.

Вперше

– поставлено і розв’язано задачу оптимального вибору сил та засобів для подачі води для охолодження стінок і покрівлі резервуара, сусіднього з тим, що горить. При цьому критерієм оптимізації є мінімум витрат води або мінімум задіяного особового складу, або автоцистерн, а обмеженням – охолодження стінки та покрівлі резервуара до безпечної температури.

Удосконалено

– модель охолодження стінок і покрівлі резервуара водою в умовах пожежі в сусідньому резервуарі. Модель спирається на рівняння теплового балансу для стінки або покрівлі і рівняння теплового балансу водної плівки, що стікає по ній. Модель дозволяє визначити розподіл температур по стінці або покрівлі та по водній плівці.

Набула подальшого розвитку

– модель теплового впливу пожежі в резервуарі з нафтопродуктами на сусідні резервуари. Побудована модель враховує теплообмін резервуара, що нагрівається, випромінюванням з факелом, навколишнім середовищем і внутрішнім простором резервуара, а також конвекційний теплообмін з навколишнім повітрям і пароповітряною сумішшю в газовому просторі резервуара. Особливістю моделі є врахування нахилу факела вітром.

Отримані в роботі результати відповідають темі дисертації. Їх обґрунтованість підтверджується значною кількістю проаналізованих здобувачем наукових праць за темою дослідження, нормативно-правових актів, що висвітлюють теорію і практику організації ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного характеру унаслідок пожеж на об’єктах зберігання нафтопродуктів. В роботі використовуються методи математичного аналізу, методи теорії теплообміну, методи розв’язання задач оптимізації.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблений здобувачем науково-методичний апарат має науково-прикладне значення, яке полягає у створенні алгоритмів прогнозування обстановки при надзвичайних ситуаціях техногенного характеру унаслідок пожежі на об’єктах зберігання нафтопродуктів. Ці алгоритми реалізовано у вигляді автоматизованого робочого місця для керівника гасіння пожежі та роботи штабу з локалізації та ліквідації аварії, який забезпечує аналіз та обробку моніторингової інформації, прогнозування сценаріїв розвитку надзвичайної ситуації. Отримані в дисертації результати можуть бути використані для оптимізації залучення сил та засобів для охолодження резервуарів, сусідніх з тим, що горить. Особливо важливим це є в умовах дефіциту сил та засобів.

Результати досліджень впроваджено в практичну діяльність 6-го та 8-го ДПРЗ ГУ ДСНС України у Луганській області, а також в навчальний процесі Національного університету цивільного захисту України.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи можуть бути використані територіальними органами ДСНС під час планування дій з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру унаслідок пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів. Результати також можуть бути впроваджені під час розробки планів діяльності єдиної державної системи цивільного захисту, а саме – для розробки планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків на об'єктах зберігання нафтопродуктів.

Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.

Результати досліджень, що були отримані за темою дисертації, в повному обсязі опубліковані у 15 наукових працях: 6 статей у наукових фахових виданнях України, 8 тез доповідей, 1 патент на корисну модель.

Представлена на розгляд дисертація являє собою одноосібно написану кваліфікаційну наукову роботу.

Дисертаційна робота написана зрозумілою для фахівців у галузі цивільного захисту мовою та належним чином оформлена. Наприкінці кожного розділу роботи зроблено відповідні висновки. Стиль, мова, оформлення дисертації відповідають вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії та демонструють вміння автора стисло та чітко викладати теоретичні та практичні результати наукової роботи.

Зауваження до дисертації.

1. Доцільно було б провести аналіз чутливості при побудові моделі нагріву резервуара (розділ 2) та моделі охолодження (розділ 3), щоб відповісти на питання про те, як впливають зміни тих або інших параметрів моделі на отримані результати.

2. При аналізі існуючих методів охолодження резервуарів не розглянуто використання стаціонарних кілець охолодження, що вмикаються дистанційно і забезпечують подачу води на стінку резервуара до прибуття оперативно-рятувальних підрозділів.

3. Застосування програмного продукту для прогнозування наслідків надзвичайної ситуації потребує введення оператором або керівником гасіння пожежі таких даних, як температура повітря, напрям і швидкість вітру. Доцільно було б розглянути можливість отримання цих даних автоматично від метеорологічних інтернет-сервісів.

4. Із рис. 2.8 випливає, що різниця температур на внутрішній і зовнішній поверхні стінки резервуара не перевищує $1,5^{\circ}\text{C}$. Не обгрунтовано, така мала різниця має місце завжди, чи лише в деяких випадках. Якщо різниця дійсно мала, то це дозволило б спростити рівняння теплового балансу для стінки і покрівлі резервуара.

5. Побудовані в роботі моделі враховують напрям і швидкість вітру. Одночасно, в описі експерименту відсутня інформація про метеорологічні умови під час його проведення.

Проте, зазначені вище недоліки не є принциповими і в цілому не знижують наукової і практичної цінності дисертаційного дослідження.

7. Загальний висновок.

Дисертаційна робота Максименка Максима Володимировича «Підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру унаслідок пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів» є завершеною науковою роботою, яка з урахуванням прийнятих обмежень, вирішує актуальну наукову задачу у сфері цивільного захисту щодо підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру унаслідок пожежі на об'єктах зберігання нафтопродуктів шляхом оптимального вибору сил та засобів для охолодження сусідніх резервуарів. Вирішення цієї задачі має важливе значення для підвищення ефективності функціонування як підрозділів ДСНС, так і єдиної державної системи цивільного захисту в цілому. Рівень розв'язання поставлених в роботі завдань свідчить, що здобувач в повній мірі володіє методологією наукової діяльності та сформувався як дослідник.

Таким чином, дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор Максименко Максим Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 «Цивільна безпека».

Офіційний опонент:

старший викладач кафедри
інформаційної безпеки Навчально-
наукового фізико-технічного інституту
НТУ України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», д.т.н.

