

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора
КОСТЕНКА Віктора Климентовича
на дисертаційну роботу ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича за темою:
«Розвиток наукових основ прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності
вуглеводнів та їх похідних»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних
наук за спеціальністю 21.06.02 – Пожежна безпека

Дисертаційна робота ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича «Розвиток наукових основ прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних» складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 510 сторінок, обсяг основного тексту – 439 сторінок. У дисертації міститься 40 рисунків, 82 таблиці, 2 додатки. Список використаних джерел налічує 336 найменувань. Загальний обсяг реферату складає 44 сторінки.

1. Актуальність теми дисертації

Збереження життя людей та матеріальних цінностей залишається головним пріоритетом заходів щодо дотримання та підвищення пожежної безпеки об'єктів. Системний підхід до запобігання пожеж ґрунтується на запобіганні утворення горючого середовища та на запобіганні виникнення у ньому джерел запалювання. Це передбачає використання певних параметрів пожежовибухонебезпечності речовин та матеріалів для створення безпечних умов експлуатації та моніторингу зміни безпечних режимів функціонування об'єкту. Основною пожежною навантагою на об'єктах та водночас речовинами, що мають підвищену вибухопожежну небезпечність є вуглеводні та їх похідні. Для більш глибокого розуміння механізмів виникнення пожежі необхідно вдосконалювати певні фізико-хімічні моделі, які описують її виникнення та розвиток. Для вирішення такої постановки питання на даний час розроблено значну кількість розрахункових підходів, які, тим не менш, мають недоліки у вигляді значних похибок прогнозування. З огляду на дану сукупність проблемних питань в області пожежної безпеки здобувачем сформульовано актуальний напрямок діяльності як подальший розвиток наукових основ прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних. Можливістю для розв'язання даної проблеми автор вбачає у врахуванні надмолекулярної будови речовини, що на даний час у розрахунках не враховується та підходів для цього не розроблено. Це обумовлює необхідність наукового обґрунтування обраного напрямку досліджень та розробки відповідної методології у науковому підході.

Таким чином, дисертаційне дослідження ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича вирішує актуальне науково-прикладне завдання, пов'язане з уточненням прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень,

висновків і рекомендацій, які сформульовані у дисертації

Дисертаційна робота містить висунуті автором науково обгрунтовані теоретичні результати та наукові положення, що характеризуються єдністю змісту та свідчать про особистий внесок з добувача в науку. Це дозволяє зробити висновок, що ступінь обгрунтованості наукових положень і висновків дисертаційної роботи відповідає встановленим вимогам.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується достатньою збіжністю теоретичних результатів з результатами впровадження як у практичну діяльність ДП «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)» та «Інституту електрофізики і радіаційних технологій НАН України» для комплексного визначення характеристик вугілля, активованого вугілля та коксу з метою додаткової оцінки умов їх подальшого використання, пожежонебезпечності зберігання, критичних умов гасіння коксу, так і в освітній процес Національного університету цивільного захисту України за освітньо-професійні програми – пожежна безпека, пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи, аудит пожежної та техногенної безпеки, цивільний захист підготовки здобувачів першого рівня вищої освіти під час вивчення дисциплін «Теорія розвитку та припинення горіння», «Теорія горіння та вибуху», що засвідчено відповідними актами.

Основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційного дослідження пройшли апробацію на міжнародних науково-практичних конференціях та опубліковані у монографії, 25 фахових, 5 міжнародних виданнях наукометричної бази Scopus, а також закріплено патентом на винахід.

Вищенаведене підтверджує достатній ступінь обгрунтованості одержаних автором теоретичних положень, висновків, рекомендацій, їх достовірність і новизну.

3. Новизна, обгрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані у дисертації

Наукова новизна дисертаційної роботи Трегубова Д.Г. полягає у розкритті закономірностей впливу надмолекулярної будови речовини на параметри її пожежовибухонебезпечності та способах врахування такого впливу у розрахунках, що є обгрунтованою теоретичною базою та створює передумови удосконалення методик прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності речовин.

Викладені в дисертаційній роботі положення відповідають паспорту спеціальності 21.06.02 – Пожежна безпека (пункти 3, 4 Напрямів досліджень).

Науковими результатами з рівнем «вперше» виступають висунуті здобувачем наступні положення:

- на підставі аналізу зміни властивостей у гомологічних рядах вуглеводнів та їх похідних розроблено методологію та розрахункові підходи для моделювання надмолекулярної будови через визначення розробленого показника «легкості плавлення», що вперше дозволило описати певний параметр у вигляді узагальненої залежності для водного розчину, твердого і рідкого станів з достатнім коефіцієнтом достовірності апроксимації за принципом однаковості

еквівалентної довжини та молярної маси кластера;

- на підставі аналізу зміни параметрів пожежовибухонебезпечності горючих рідин у гомологічних рядах вуглеводнів та їх похідних розроблено методологію та опосередковані розрахункові підходи для врахування кластерної будови речовини прогнозування температурних меж поширення полум'я, температури спалаху, негорючого стану неаізотропних багатокомпонентних сумішей, у тому числі з наявністю негорючих компонентів, що дозволило спростити практичні розрахунки;

- на основі аналізу зміни параметрів пожежовибухонебезпечності горючих повітряних сумішей органічних речовин різних класів запропоновано методологію та опосередковані розрахункові підходи для врахування кластерної будови речовини, які враховують взаємозв'язок мінімальної енергії запалювання, концентраційних меж поширення полум'я, ненасиченості джерела запалювання, температури системи та середньої довжини молекули, при цьому було отримано коефіцієнт кореляції 0,98 для масиву з 350 сполук, що дозволило уточнити безпечні умови використання речовин;

- розвинуто методику моделювання надмолекулярних пероксидних структур для опису фізико-хімічних процесів у полум'ї, що дозволило розкрити різні умови виникнення горіння, у тому числі через стадію конденсації надмолекулярних структур у підготовчій зоні полум'я, що створило новий шлях для прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності;

- розроблено способи опису процесів кластеризації у полум'ї на підставі параметрів кластерів, що дозволило прогнозувати температуру самоспалахування, антидетонаційний коефіцієнт алканів, схильність до детонації вибухових речовин з високим коефіцієнтом кореляції;

- на підставі оцінки балансу охолоджуючих та ізолюючих властивостей плавучих вогнегасних систем, з врахуванням теоретичного коефіцієнта сповільнення випаровування та параметрів кластерів горючих рідин органічного походження, розроблено методологію прогнозування умов пожежогасіння засобами на основі піноскла, що дозволило уточнити умови припинення горіння відповідних рідин.

До наукового результату за рівнем «удосконалено» відноситься:

- автором розвинуто та пристосовано для прогнозування умов теплового самозаймання скупчень твердих речовин метод диференційно-термічного аналізу у вигляді приладу для одначарункового барабану з електроконтактним нагрівом проби, що дозволило спростити прогнозування схильності до самозаймання.

Науковий результат за рівнем «набуло подальшого розвитку» стосується:

- уточнення кореляційних зв'язків для вуглеводнів одного гомологічного ряду між фізико-хімічними параметрами різного походження;

- обґрунтування наявності осциляційності фізико-хімічних параметрів речовини, у тому числі пожежовибухонебезпечності, шляхом застосування моделі кластероутворення.;

- режимів пожежогасіння полярних рідин плавучими вогнегасними

системами на основі піноскла з опором на надмолекулярні особливості будови речовини.

Розроблений автором методологічний підхід до прогнозування фізико-хімічних параметрів вуглеводнів та їх похідних на основі моделювання особливостей кластерної будови сполук різної каркасної довжини став перспективним розвитком наукових основ прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних.

Отримані автором наукові результати розвинули та доповнюють новим змістом існуючі підходи до прогнозування умов і параметрів виникнення та поширення горіння, а також пожежогасіння. Перелічені наукові результати показують теоретичну значимість та обґрунтованість проведених здобувачем дисертаційних досліджень, що визначає їх як загальнонаціональне, так і світове значення у науковому напрямі забезпечення пожежної безпеки.

Таким чином, робота містить нові, раніше не захищені, наукові положення та отримані й опубліковані автором новітні науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальне науково-прикладне завдання.

4. Практична цінність результатів дисертації

Отримані в результаті дисертаційного дослідження результати мають практичну цінність, що полягає у розробці методичної й експериментальної бази та рекомендацій щодо прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних, а саме:

- рекомендовано аналітичні залежності між кількістю атомів карбону у молекулах н-алканів та н-спиртів з їх теплотами випаровування, температурами плавлення, кипіння, спалаху та самоспалахування, що розвиває методологію прогнозування та запобігання утворення та запалювання горючого середовища;

- рекомендовано аналітичні залежності для розрахунку температур спалаху вуглеводнів та їх похідних на підставі теплот випаровування, температури кипіння, молярної маси, кількості полярних груп, нижньої концентраційної межі поширення полум'я, що дозволяє уточнити прогнозувати утворення зони загазованості;

- рекомендовано аналітичні залежності для розрахунку пожежовибухонебезпечності сумішей горючих рідин та з наявністю негорючих компонентів, що дозволяє покращити здійснення профілактичних заходів;

- рекомендовано аналітичні залежності для розрахунку умов запалювання горючих повітряних сумішей за різних температур системи, концентрацій горючої речовини, ступеню насиченості джерела запалювання, що дозволяє вдосконалити пожежо-технічну експертизу;

- рекомендовано нову методику та аналітичні залежності для прогнозування температур самоспалахування, що дозволяє уточнити пожежовибухонебезпечність повітряних сумішей;

- розроблено та адаптовано для прогнозування умов теплового самозаймання прилад диференційно-термічного аналізу, а також розроблено методику розрахунку температури самонагрівання та часу індукції для фактичних

умов зберігання, що дозволяє підвищити рівень безпеки відповідних виробництв;

- рекомендовано аналітичні залежності з використанням параметрів кластерної будови речовин для прогнозування концентраційних умов виникнення горіння, температур самоспалахування, антидетонаційного коефіцієнту вуглеводнів; показника схильності до детонації, швидкості детонації вибухових речовин, що дозволяє вдосконалити прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних;

- рекомендовано методику визначення вогнегасних шарів засобів на основі піноскла під час гасіння органічних рідин залежно від водорозчинності, ізолюючих та охолоджуючих ефектів, потрібного коефіцієнта сповільнення випаровування з врахуванням еквівалентної довжини кластеру, що дозволяє точніше нормувати подавання складових вогнегасного засобу для забезпечення пожежогасіння рідин.

Практичне значення роботи підтверджено впровадженням її результатів у діяльність наукових та освітніх установ:

- ДП «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», м. Харків (акт впровадження від 05.12.2024);

- «Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України», м. Харків (акт сумісних випробувань від 05.12.2024);

- Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси (акт впровадження від 04.10.2024).

5. Оцінка ідентичності змісту реферату та основних положень дисертації

Детальний аналіз представлених рукопису та реферату дисертації ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича «Розвиток наукових основ прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних» дає підстави констатувати ідентичність реферату та основних положень дисертації. *

Реферат представлений на 32 сторінках (без урахування обкладинки, списку опублікованих автором праць за темою дисертації й анотацій); містить 15 рисунків, 1 таблицю та список опублікованих праць за темою дисертації.

Загальний обсяг реферату складає 44 сторінки.

Реферат містить основні положення, висновки та пропозиції, викладені в дисертації, а також усю іншу необхідну для оцінки дисертаційної роботи інформацію. Зміст реферату відповідає змісту дисертації:

6. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертації

Дисертаційна робота ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича написана загальноприйнятою науковою мовою з використанням сучасної правильної української наукової термінології. Автором логічно викладено основні положення дисертації, з дотриманням наукового стилю та вимог до оформлення. Зміст дисертаційної роботи відповідає прийнятим вимогам і правилам проведення наукових досліджень.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок, з науковими програмами та планами, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет

досліджень, сформульовано наукову новизну та практичну значимість одержаних результатів, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

У *першому розділі* роботи проаналізовано сучасний стан і підходи до прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних, а також звернута увага на проблемних моментах вирішення цього питання, що знижує точність розрахункових методик.

Зазначено, що у роботах вчених, присвячених питанням прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності речовин органічного походження, недостатньо досліджено вплив та способи врахування у розрахункових методиках надмолекулярної будови речовини і не розроблено відповідну методологію.

Автором на підставі аналізу сучасних концепцій обґрунтовано припущення, що у перший момент ініціювання полум'яного горіння утворюються пероксидні кластери, конфігурація яких визначає перебіг подальших ланцюгових процесів, що потребує розробки методології їх моделювання для уточнення методик розрахунку параметрів пожежовибухонебезпеки вуглеводнів та їх похідних. Найменшим кластером, який потребує моделювання, у роботі прийнято димер. Запропоновано розглянути опосередковані підходи до вирішення даного питання та шляхи прямого моделювання.

У *другому розділі* наведено порівняння та критичний аналіз зміни деяких фізико-хімічних властивостей, у тому числі тих, що визначають пожежовибухонебезпечність, у гомологічних рядах вуглеводнів та їх похідних для обґрунтування шляхів та способів підвищення точності їх прогнозування. Даний аналіз дозволив встановити ряд нових кореляційних залежностей, що описують такі параметри пожежовибухонебезпечності як температура спалаху та самоспалахування.

Водночас у роботі звернута увага, що більшість наведених залежностей має ряд аномалій, які неможливо пояснити як молекулярною будовою, так і для однакових структур надмолекулярної будови. Для вирішення цього питання у роботі запропоновано і обґрунтовано методологію моделювання надмолекулярних структур, яка враховує можливість сполучення молекул у кластер як не кінцевими ланками, так й у вигляді конформних ізомерів, що змінює ефективну довжину кластеру. Вплив довжини кластеру на властивості речовин у роботі пояснюється зміною довжини вільного пробігу електрону у межах такої структури. Тому у роботі базовими параметрами для прогнозування особливостей надмолекулярної будови у вигляді кластерів прийнято їх довжину та молярну масу. Найбільш стабільною надмолекулярна будова є у твердому стані, тому автор спочатку дослідив температуру плавлення та розробив базовий показник кластеру «легкість плавлення».

У *третьому розділі* дисертації наведено результати пошуку емпіричних залежностей та експериментальних методик для опосередкованого врахування надмолекулярної будови речовин органічного походження, що дозволило отримати позитивні результати і підвищити точність розрахункового прогнозування деяких параметрів пожежовибухонебезпечності, які дозволяють

оцінювати напрямки запобігання утворення горючого середовища та запобігання дії на нього джерел запалювання.

Автором розроблено нову єдину методику прогнозування температур спалаху рідин органічного походження різних гомологічних класів на підставі значень теплоти випаровування, температур кипіння, молярної маси, нижньої концентраційної межі поширення полум'я та містить можливість більш точного розрахунку теплоти випаровування шляхом врахування кількості полярних груп у молекулі. Такий підхід опосередковано враховує надмолекулярну будову речовин та забезпечує високий коефіцієнт кореляції для методики загалом.

На наступній стадії дослідження у роботі розроблено новий підхід до визначення пожежовибухонебезпечності сумішей рідин щодо параметрів: температурні межі поширення полум'я, температура спалаху, температура самоспалахування, самофлегматизація сумішей горючих рідин з негорючими. Автором поширено відомі залежності для тисків насиченої пари сумішей рідин на температурні залежності, що дозволило провести апроксимацію з достатньою збіжністю розрахунку та суттєво спростило відповідні методики прогнозування.

Автором звернута увага, що запобігання утворення горючого середовища та запобігання дії на нього джерел запалювання можна розглядати у комплексі, що наразі у вигляді цільної методики не здійснюється. Тому у роботі проведено дослідження, новим результатом якого стала розробка комплексної емпіричної залежності, яка пов'язує мінімальну енергію запалювання, енергію насичення джерела запалювання, температуру системи та ширину області концентраційних меж поширення полум'я, що дозволяє прогнозувати можливість запалювання у всьому комплексі умов, а також прогнозувати енергію насичення.

Значну увагу у роботі приділено виявленню недоліків та шляхів їх усунення під час прогнозування температур самоспалахування горючих повітряних систем. Найближчою сучасною методикою до врахування можливої надмолекулярної будови полум'я під час наведеного дослідження визнано розрахунок середньої або еквівалентної довжини молекули. Автор пояснив слушність такого підходу наявністю ефектів перерозподілу електронної щільності у молекулі: індуктивного, мезомерного та миттєвого ізомерного, що і має визначати особливості надмолекулярної будови речовин та зміщення точки кластеризації за довжиною молекули. З врахуванням такої концепції автором була вдосконалена методика розрахунку еквівалентної довжини молекули та розроблено нові емпіричні залежності для прогнозування температур самоспалахування, які враховують відмінності між гомологічними класами різних речовин та глобулізацію довгих молекул (кластерів), що зменшило похибки методики в цілому.

Автор звертає увагу, що відоме утворення надмолекулярних пероксидних комплексів під час розвитку самозаймання промаслених матеріалів та вугілля. Тому у роботі для випробування твердих горючих матеріалів розроблено диференційний скануючий калориметр нової конструкції, що на підставі проведення експрес-випробування дозволяє визначати теплові ефекти, відповідні температури у пробі та розраховувати на підставі цих даних температуру

самонагрівання та час індукції для фактичних умов зберігання близько до стандартної методики.

За результатами досліджень, наведених у третьому розділі, автор звертає увагу на неповноту здійснених досліджень у вигляді відсутності прямого врахування надмолекулярної будови речовини в різних агрегатних станах та у полум'ї.

У *четвертому розділі* проведено обґрунтування методології ідентифікації надмолекулярної будови речовин органічного походження, якою можна описати стадію ініціювання полум'яного горіння. Підставою для такої постановки питання автор бачить у відомій наявності у полум'ї та під час самозаймання деяких речовин пероксидних сполук або комплексів. Тому у даній роботі передбачено моделювання пероксидних кластерів для стадії ініціювання полум'яного горіння.

Для підтвердження можливості утворення надмолекулярних структур у полум'ї автором проведено пошук аномалій зміни параметрів пожежовибухо-небезпечності у гомологічних рядах вуглеводнів та їх похідних, що було показано для фізико-хімічних властивостей конденсованого стану речовини. Проведений пошук підтвердив висунуту гіпотезу на підставі помічених ефектів: принципова подібність залежності для температури самоспалахування та температурами фазових переходів, значна подібність між залежностями для температур самоспалахування та розчинності у воді – що дозволило автору розглянути момент ініціювання горіння як повітряний розчин, наявність ефекту азеотропності для самоспалахування повітряних сумішей горючих рідин – що пояснено утворенням нетипових кластерів, осциляційність залежності для мінімальних енергій запалювання, прискорення зміни температур спалаху та самоспалахування. Концепція утворення у полум'ї важких кластерів передбачає зростання температур фазових переходів. Тому для подальших досліджень моделювання полум'я було прийнято методику, розроблену з врахуванням кластерної будови речовини для розрахунку температур плавлення та використання розробленого показника «легкість плавлення».

У *п'ятому розділі* на основі прийнятої методології для моделювання пероксидних кластерів у полум'ї розглянуто можливі лінійні надмолекулярні структури та їх агрегування з киснем повітря у вигляді квазірозчину. У роботі проведено відповідне моделювання та розроблено розрахункові залежності нового типу для прогнозування температур самоспалахування та антидетонаційного коефіцієнту алканів нормальної та ізомерної будови, які мають близьку форму графічних залежностей як між собою, так і з довжиною передбачених пероксидних кластерів. Отримана довжина кластерів для коротких молекул алканів майже співпадала з довжиною кластерів у твердому стані, які були отримані раніше, а для довгих – виявилася суттєво меншою за рахунок глобулізації.

Для прогнозування концентраційних характеристик різних процесів та режимів виникнення та поширення горіння у роботі прийнята модель, розроблена раніше для асоціювання вуглеводнів та їх похідних у водному розчині. Тому на

цій стадії дослідження були розроблені варіанти полімероподібних об'ємних пероксидних надмолекулярних структур з певними пропорціями утворення, що дозволило автору прогнозувати концентраційні межі з достатньою збіжністю.

Для важких кластерів оцінено зростання температур фазових переходів, що підтвердило можливість протікання процесів квазіконденсації у підготовчій зоні полум'я. Виходячи з цього у роботі оцінено товщину фронту полум'я, необхідну для конденсації у цільну плівку, а також радіус мінімальної незгасаючої сфери за умови іскрового запалювання. Отримані значення близько співпали з наведеними у науковій літературі значеннями цих показників, що свідчить про працездатність розробленої моделі.

В роботі також проведено використання методу моделювання кластерної будови для опису детонаційних процесів. Розроблено показник схильності до детонації, який дозволяє за розрахунком відокремити вибухові та невибухові речовини, а також – прогнозувати швидкість детонації.

У *шостому розділі* у межах розробки рекомендацій щодо зниження пожежовибухонебезпечності речовин органічного походження під час обертання та зберігання проведено узагальнення напрацьованих розрахункових методик, які допомагають забезпечити покращення запобігання утворення горючого середовища та виникнення у ньому джерел запалювання за рахунок більш точного прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності, і здійснено встановлення кореляцій режимів пожежогасіння рідин плавучими охолоджуючо-ізолюючими вогнегасними засобами на основі піноскла з кластерною будовою речовин.

Наведені експериментальні дані демонструють, що сухе піноскло має близьку ефективність під час гасіння пожеж полярних та неполярних рідин з однаковою температурою спалаху, однак для легкозаймистих рідин це потребує значних шарів піноскла до 0,5 м. У роботі показано можливість покращення такого гасіння додатковим утворенням на поверхні піноскла шару неорганічного гелю або попереднім зволоженням піноскла. У роботі досліджено внески ізолюючої та охолоджуючої дії плавучих вогнегасних засобів в ефект пожежогасіння. Окремо досліджено ізолювання випаровування гелем та охолодження змоченим піносклом нагрітої органічної рідини. На підставі наведених результатів автор показав, що гелі у 10 разів гірше ізолюють випаровування полярних рідин, ніж неполярних, що, тим не менш, дозволяє на 2 см зменшити шар піноскла. Змочування піноскла дозволяє на 50 °C сильніше охолодити поверхню рідини з температурою 160 °C, ніж це забезпечує сухе піноскло (20 °C), що також дозволяє на 2 см зменшити вогнегасний шар піноскла. Крім того, для висококиплячих рідин досягнуто пожежогасіння лише змоченим піносклом з базовим шаром 4 см, чому крім охолодження допомагає флегматизація зони горіння парою води з піноскла.

У роботі також проведено пошук базового параметра, за яким можна нормувати подавання досліджених вогнегасних засобів для гасіння рідин. Найбільша збіжність щодо вогнегасного шару сухого піноскла для вуглеводнів та їх похідних у рідкому стані досягнута за умови використання у якості базового

параметра модифікованої довжини кластеру з врахуванням відмінності температури поверхні рідини від температури кипіння.

У додатках представлено акти впровадження результатів дисертаційного дослідження у практичну діяльність і освітній процес.

Сформульовані у дисертаційній роботі завдання дослідження вирішені повністю. Всі наукові результати висвітлені в тексті дисертації.

7. Аналіз повноти подання основних наукових положень, висновків, рекомендацій у публікаціях, у яких викладено результати дисертації

Основні положення дисертаційної роботи знайшли відображення у 60 наукових працях, із них: монографія – 1, патент на винахід – 1, наукових статей у закордонних виданнях з наукометричної бази Scopus – 5, статей у спеціалізованих наукових фахових виданнях України з міжнародних наукометричних баз Ulrich's Periodicals, Index Copernicus, Goosle Scholar. Scientific Indexing Service – 20, публікацій за матеріалами наукових конференцій – 24, а також публікації, що додатково відображають зміст дисертації. Кількість, обсяг і зміст друкованих праць надають автору право публічного захисту. Таким чином, вимоги до повноти викладення наукових і прикладних результатів докторської дисертації в опублікованих роботах виконано.

Робота має завершений характер, висновки та пропозиції достатньою мірою розкриті й обґрунтовані у текстовій частині дисертації. Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації дисертаційної роботи отримано автором самостійно. Проведений аналіз наукових праць здобувача показав, що основні результати дисертаційної роботи повно відображені в публікаціях автора. Повнота викладення отриманих результатів дослідження та їх оформлення можуть оцінюватися як достатні. Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації відображені в публікаціях рівномірно по розділах.

8. Аналіз дисертації на плагіат, фальсифікації, фабрикації

Всі наукові праці Трегубова Д.Г., які опубліковано у фахових виданнях, присвячено розгляду різних аспектів дисертаційної роботи, при цьому серед них відсутні тотожні за науковим змістом статті. Проведений аналіз за допомогою електронного ресурсу plagiarism.com показав, що дисертаційна робота Трегубова Д.Г. є оригінальною науковою працею, написана з дотриманням принципів академічної доброчесності та правилами цитування використаних результатів робіт інших дослідників, не містить елементів фальсифікації, фабрикації, академічного плагіату.

9. Рекомендації щодо застосування результатів і висновків дисертації

Сформульовані, отримані й описані в дисертаційній роботі ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича результати, висновки та пропозиції мають достатню значимість для розширення науково-практичної бази та подальшого розвитку існуючих підходів щодо наукових основ прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних.

Розроблені теоретичні та методичні підходи до прогнозування для речовин органічного походження та їх сумішей температур спалаху, самоспалахування,

самонагрівання, концентраційних меж горіння, умов вимушеного запалювання та інших параметрів можуть бути рекомендовані для використання у практичній діяльності під час наукової та прикладної роботи щодо запобігання утворення горючого середовища та виникнення у ньому джерел запалювання.

Розроблена система моделювання параметрів надмолекулярної будови та способи її врахування у практичних розрахунках можуть бути широко використані під час прогнозування різних фізико-хімічних параметрів вуглеводнів та їх похідних, у тому числі параметрів пожежовибухонебезпечності.

10. Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації та реферату

При достатньо високому рівні проведених дисертаційних досліджень наявні деякі дискусійні рекомендації та зауваження:

- 1) Обрані моделі кластерів не підтверджено експериментально.
- 2) У роботі не застосовано планування експерименту.
- 3) Викликає сумнів можливість конденсаційних процесів у полум'ї.
- 4) У структурі дисертації присутній четвертий рівень підпунктів, що не доцільно застосовувати.
- 5) Обсяг дисертації дещо занадто великий, а деякі побічні питання можна було не відображати.
- 6) Не зрозуміло, яке відношення до теми дисертації має наведена розробка стосовно запобігання мікробіологічного самозаймання іонізуючим опроміненням.
- 7) Третій розділ виглядає як відхід від плавності логіки побудови дослідження надмолекулярних структур.
- 8) У роботі не наведено характеристики екологічних параметрів застосованих компонентів вогнегасної системи.
- 9) З роботи не зрозуміло, чому оцінка базового параметру горючої рідини для нормування подавання піноскла була проведена лише для сухого піноскла.
- 10) У роботі акцентовано увагу на дослідженні речовин органічного походження – чому не розглянуто речовини неорганічного походження та чи можна поширити отримані результати і на цей клас речовин?

11. Загальні висновки та оцінка дисертації

Дисертаційна робота ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича «Розвиток наукових основ прогнозування параметрів пожежовибухонебезпечності вуглеводнів та їх похідних» є завершеним науковим дослідженням, що вирішує актуальну науково-прикладну проблему, пов'язану з уточненням умов виникнення, поширення та припинення горіння речовин органічного походження на основі врахування внеску у формуванні параметрів пожежовибухонебезпечності надмолекулярної будови речовини.

Дисертаційне дослідження ТРЕГУБОВА Дмитра Георгійовича має ознаки наукової новизни, практичної значимості та виконана на достатньому теоретико-методологічному рівні. Дисертація має логічну побудову та в достатній мірі містить обґрунтовані наукові положення. Зміст роботи повною мірою відповідає темі, поставлені завдання виконані. Розроблені у дисертації теоретичні положення та методичні підходи до прогнозування параметрів пожежовибухо-

небезпечності вуглеводнів та їх похідних можуть бути рекомендовані для використання у практичній діяльності під час проектування об'єктів, пожежотехнічної експертизи та у наукових дослідженнях.

Апробація основних положень дисертаційної роботи є достатньою.

Дисертаційна робота за рівнем наукової новизни, якістю дослідження, достовірністю й обґрунтованістю наведених результатів і висновків, теоретичною та практичною цінністю відповідає вимогам «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 р. № 1197, наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», що висуваються до докторських дисертацій, а її автор, ТРЕГУБОВ Дмитро Георгійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри природоохоронної
діяльності Донецького національного
технічного університету МОН України,
доктор технічних наук, професор

Віктор КОСТЕНКО

Підпис д.т.н., професора, завідувача кафедри природоохоронної діяльності ДВНЗ «ДонНТУ» Віктора КОСТЕНКА засвідчую

Перший проректор з НПР ДВНЗ «ДонНТУ» Вікторія ВОРОПАЄВА

