

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ДФ 64.707.035
Національного університету
цивільного захисту України,
д.т.н., проф. Рибці Є.О.

м. Харків, вул. Чернишевська, 94, 61023

ВІДГУК

офіційного опонента

заступника директора з науково-організаційної роботи Державної установи
«Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
члена-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора
Попова Олександра Олександровича на дисертаційну роботу
Мельниченка Андрія Сергійовича «Математичне та методичне забезпечення
прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів»,
яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань
26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 «Цивільна безпека»

1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, темами

На території України функціонує більш як 700 хімічно-небезпечних об'єктів, на яких виготовляється, використовується, зберігається або транспортується приблизно 300 тис. тонн небезпечних хімічних речовин. Незважаючи на постійне покращення систем безпеки, на даних об'єктах щороку за різних негативних обставин та факторів (зношеність та застарілість обладнання, порушення технологічного режиму, природні катаклізми, людський фактор, терористичні акти, бойові дії тощо) виникає значна кількість надзвичайних ситуацій та небезпечних подій, які пов'язані із викидами в атмосферне повітря великих об'ємів токсичних газів та різнодисперсного пилу. Ці небезпечні речовини під дією метеорологічних факторів розповсюджуються на великі відстані, здійснюючи істотний негативний вплив на здоров'я персоналу об'єктів, населення прилеглих територій та компоненти довкілля. У зв'язку з цим, забезпечення хімічної безпеки для населення, територій та техногенних об'єктів є однією з найважливіших проблем для України.

Ефективне вирішення задач запобігання, обмеження масштабів, локалізації та ліквідації наслідків вимагає використання методичного, математичного та програмного забезпечення для швидкого прийняття відповідних управлінських рішень на всіх етапах розвитку таких надзвичайних ситуацій. Для забезпечення високої точності розрахунку та прогнозування розмірів зон хімічного забруднення необхідне врахування значної кількості

факторів: параметрів викиду небезпечного газу, метеорологічних умов та динаміки їх змін. Також при роботі оперативно-рятувальних підрозділів під час ліквідації таких надзвичайних ситуацій обов'язково здійснюється примусове осадження хмари небезпечних речовин з атмосферного повітря шляхом застосування установок аерозольних рідинних струменів. Це суттєво змінює динаміку розповсюдження небезпечного газу. Однак, на сьогоднішній день система моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій Єдиної державної системи цивільного захисту України є малоефективною у вирішенні вищезазначених задач, оскільки в її роботі використовуються спрощені методики, що базуються на математичному апараті, отриманому лише емпіричним шляхом, недостатньо точні моделі атмосферного перенесення гаусового типу, які мають значні обмеження у використанні, також не використовується ризик-орієнтований підхід для оцінки впливу на здоров'я персоналу та населення. Дані методики не враховують всіх важливих особливостей виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій, пов'язаних з хімічним забрудненням атмосферного повітря на хімічно-небезпечному об'єкті, їх використання не може забезпечити високу точність визначення розподілу в просторі та часі рівня забруднення, його склад, швидкість розповсюдження, прогнозовані масштаби ураження, ризики для здоров'я персоналу і населення, а тому вони не є ефективними інструментами підтримки прийняття рішень щодо реагування та швидкої ліквідації наслідків таких надзвичайних ситуацій.

У зв'язку з вищесказаним, розроблення нового математичного та методичного забезпечення для прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів, в якому будуть відсутні недоліки існуючих методик, є актуальною науково-практичною задачею, на вирішення якої і спрямоване дисертаційне дослідження Мельниченка Андрія Сергійовича.

Крім того, актуальність дисертаційної роботи визначається тим, що обраний напрямок дослідження відповідає переліку проблем, які були наведені в Стратегії національної безпеки України, в Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій та в Кодексі цивільного захисту України.

Наукове дослідження виконувалось в рамках науково-дослідної роботи «Розробка методу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій з викидом хлору» (№ ДР 0121U000007), в якій здобувач був відповідальним виконавцем.

2. Структура, зміст та оформлення дисертації

Дисертаційна робота викладена на 212 сторінках машинописного тексту, складається з анотацій (українською та англійською мовами), вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 146 найменувань і 3 додатків. Для більш зручного сприйняття матеріалу в роботі наведено 30 рисунків та 7 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність напрямку досліджень за обраною темою; зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету і завдання, предмет, об'єкт та методи досліджень; розкрито наукову новизну отриманих результатів і практичну цінність роботи; наведено дані про особистий внесок здобувача, його публікації та апробацію і впровадження отриманих результатів; зазначено структуру дисертації.

У першому розділі дисертації автором проаналізовано нормативну базу України та закордонних держав щодо реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах. Визначено можливі класи аварій з викидом небезпечних речовин в атмосферне повітря та розглянуто основи розробки нових методів ліквідації надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних хімічних речовин. Проведено аналіз особливостей виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах. Систематизовано статистичні дані щодо аварій на хімічно небезпечних об'єктах в Україні та в світі. Визначено специфічні особливості організації процесу ліквідації надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних хімічних речовин. Розглянуто існуючі методики прогнозування наслідків хімічних викидів при надзвичайних ситуаціях, які застосовуються в Україні та інших розвинених країнах світу. Проаналізовано найбільш поширені математичні моделі забруднення атмосферного повітря та програмні засоби, що їх реалізують, визначено їх переваги та недоліки.

У другому розділі дисертантом здійснено постановку задачі моделювання розповсюдження газів в атмосферному повітрі в результаті викиду з точкового джерела з паралельним примусовим їх осадженням аерозольними водяними струменями. Визначено припущення, які використовуються при моделюванні. Проведено теоретичне моделювання та експериментальна перевірка сорбційних процесів небезпечних газів дисперсними потоками в атмосфері, як одного з ключових етапів процесу осадження газів. Розроблено комплексну математичну модель розповсюдження небезпечних газів в просторі та часі в атмосферному повітрі при викиді з точкових джерел та паралельного їх осадження дисперсними потоками з різними параметрами, обґрунтовано вибір методу розв'язання моделі. Розроблено та обґрунтовано керуючий алгоритм методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів та їх осадження дисперсними потоками. Розроблено методику прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів та здійснено її комп'ютерну реалізацію у вигляді програмного комплексу «Прогноз НХР».

У третьому розділі представлено результати розроблення нової експериментальної лабораторної установки, яка дозволяє проводити дослідження динаміки розповсюдження небезпечних газів під впливом дисперсних потоків та імітації руху повітря, і методики проведення таких досліджень. Проведено експериментальні дослідження швидкості поглинання

небезпечних газів дисперсними потоками та динаміки розповсюдження небезпечних газів під їх впливом, що дало можливість підтвердити адекватність та достовірність розроблених математичних моделей. На основі офіційних даних щодо надзвичайної ситуації з викидом небезпечних газів на хімічно небезпечному об'єкті України проведено перевірку ефективності розробленої методики.

У четвертому розділі на основі отриманих наукових результатів автором запропоновано загальну систему організації ліквідації надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів в атмосферу. Розроблено практичні рекомендації для використання керівниками служб з ліквідації таких надзвичайних ситуацій.

У загальних висновках сформульовані найвагоміші наукові результати, які отримані в кожному розділі дисертаційної роботи.

Дисертація Мельниченка А.С. є закінченим науковим дослідженням в галузі цивільної безпеки. Вона написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Зміст роботи відповідає її назві, наукові завдання є логічно пов'язаними, сформульовані чітко і їх кількість є достатньою для розкриття теми дисертації та досягнення поставленої мети. Стиль викладення матеріалів дослідження відповідає чинним вимогам, що висуваються до наукових праць такого рівня, вирізняється науковістю, системністю, обґрунтованістю, логічністю та послідовністю. Усі винесені на захист положення, результати та висновки висвітлені в тексті дисертації. Графічний матеріал виконано на високому рівні з використанням спеціалізованих комп'ютерних програм. Зміст висновків у повній мірі розкриває основні результати проведеного дослідження.

Порушень академічної доброчесності в дисертації не виявлено. На використані в тексті формулювання, результати, висновки, дані тощо інших авторів є посилання на відповідні джерела інформації (літературні, електронні) та дотримано норми законодавства України про авторське право.

3. Наукова новизна, обґрунтованість та достовірність отриманих результатів

Ознайомлення зі змістом дисертації, наукових публікацій дає підставу визначити основні наукові положення, що характеризуються науковою новизною і відображають особистий внесок автора, ступінь їх обґрунтованості та достовірності.

Наукова новизна одержаних результатів визначається особистим внеском автора у вирішення важливої науково-практичної задачі в галузі цивільної безпеки, а саме розроблення нового математичного та методичного забезпечення для моделювання розвитку та прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря від аварійних викидів хімічно-небезпечних об'єктів, за умов активної роботи рятувальних підрозділів по осадженню небезпечних газів.

Найбільш вагомими результатами дослідження, що становлять наукову новизну, розкривають суть роботи та виносяться на захист, є такі:

удосконалено:

– математичну модель забруднення атмосферного повітря в результаті аварійних викидів небезпечних хімічних газів, яка дозволяє визначати концентраційний розподіл небезпечних газів в атмосфері на різних етапах розвитку та ліквідації надзвичайної ситуації в залежності від параметрів викиду небезпечної речовини в атмосферу, основних метеорологічних умов атмосферного повітря та параметрів активного осадження небезпечного газу дрібнодисперсними рідинними потоками;

вперше:

– розроблено та запатентовано експериментальну установку для дослідження процесів сорбції газів в умовах їх активного осадження, яка складається з: камери осадження із газовою форсункою для подачі небезпечних газів різної інтенсивності та їх відведення, системи газоаналізаторів для контролю просторового розподілу газів, блоку управління інтенсивністю подачі рідини на осадження та форсунок для корегування дисперсності рідинного потоку, використання якої дозволило провести необхідні експерименти та підтвердити адекватність і достовірність розробленої математичної моделі;

– розроблено та програмно реалізовано методику прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів, яка базується на математичній моделі забруднення атмосферного повітря небезпечними газами при їх активному осадженні, та яка, на відміну від існуючих, дозволяє забезпечити повний цикл управління процесом ліквідації аварійних ситуацій подібного характеру, а саме: проводити збір та аналіз даних стосовно осередку викиду та зони поширення хмари небезпечного газу, прогнозувати розміри зони хімічного забруднення з урахуванням активної роботи рятувальних підрозділів по осадженню небезпечної хмари та приймати коректні управлінські рішення щодо визначення місця розташування та параметрів водяних струменів для ефективно ліквідації аварій та надзвичайних ситуацій із викидом небезпечних газів.

Обґрунтованість отриманих в роботі результатів підтверджується значною кількістю проаналізованих дисертантом наукових праць за темою дослідження, нормативно-правових актів, що висвітлюють теорію, вітчизняну та зарубіжну практику організації ліквідації надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів та прогнозування хімічної обстановки при таких умовах, найбільш поширених програмних комплексів автоматизованого розрахунку розмірів зони хімічного забруднення, статистичних матеріалів та інших джерел, а також використанням комплексу загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, що дозволило реалізувати системний підхід при розробці математичного та методичного забезпечення прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів.

Отримані наукові результати дисертації обґрунтовані теоретично та підтверджені експериментально з використанням методів системного і функціонального аналізу, математичного та імітаційного моделювання, теорії алгоритмів, теорії турбулентної дифузії в газах, об'єктно-орієнтованого програмування, методів вирішення оптимізаційних задач, методів мікроскопії дисперсних систем, фізико-хімічних методів вимірювання метеорологічних параметрів, методів напівпровідникового детектування. Теоретичні висновки не суперечать сучасним фізико-математичним уявленням про досліджувані явища, експерименти проведено коректно з використанням методів планування наукового експерименту та обробки його результатів. Все це дає підставу стверджувати, що наукові результати, висновки і рекомендації, які сформульовані у дисертації, в достатній мірі обґрунтовані та достовірні.

4. Практичне значення та шляхи використання результатів дослідження

Практична цінність отриманих наукових результатів полягає в тому, що вони є ефективним інструментом вирішення важливих задач цивільного захисту, пов'язаних з реагуванням та ліквідацією наслідків надзвичайних ситуацій та небезпечних подій з викидами небезпечних газів в атмосферне повітря. Розроблене математичне та програмно-методичне забезпечення дозволяє з високою точністю моделювати та прогнозувати розподіл концентрації токсичних речовин в просторі та часі в результаті аварії на хімічно-небезпечному об'єкті, а також визначати ризик для здоров'я персоналу та населення прилеглих територій в залежності від параметрів джерела викиду, метеорологічних факторів та застосування установок примусового осадження небезпечних газів з атмосферного повітря аерозольними водяними струменями.

Використання розроблених засобів керівним складом практичних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій дозволить під час виникнення таких техногенних аварій оперативно отримувати важливу інформацію про склад хмари небезпечних газів, швидкість їх розповсюдження, динаміку зони ураження, потенційну загрозу для здоров'я людей в цій зоні. Завдяки великій оперативності та точності отримуваної інформації органи управління цивільного захисту зможуть приймати ефективні рішення щодо організації безпечної роботи рятувальників в зоні надзвичайної ситуації, визначати оптимальну кількість установок примусового осадження та раціональні місця їх розміщення, а також визначити безпечні шляхи евакуації населення із потенційно небезпечних зон. Такий підхід забезпечить мінімізацію масштабів ураження та ефективність ліквідації відповідних наслідків. Тобто, застосування авторського програмно-методичного комплексу дозволить значно зменшити економічні, технічні та людські ресурси при реагуванні на такі надзвичайні ситуації, а також економічні та соціальні наслідки від їх виникнення.

Також розроблена методика прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів може бути використана оперативно-рятувальними службами на рівні оперативно-координаційних центрів та штабів з ліквідації надзвичайних ситуацій. Окрім рятувальних служб отримані нові наукові результати можуть бути використані адміністраціями областей та населених пунктів різного рівня з метою розробки нових та уточнення існуючих планів з реагування на надзвичайні ситуації на хімічно небезпечних об'єктах, які знаходяться в межах відповідних адміністративно-територіальних одиниць.

Основні наукові положення та висновки дисертаційної роботи доведено до рівня конкретних алгоритмів дій, програмної продукції та прикладних рекомендацій, що дозволяє використання отриманих наукових та практичних результатів практичними працівниками без спеціальної підготовки.

Основні результати дисертаційного дослідження були впроваджені в підрозділах Головного управління ДСНС України в Харківській та Львівській областях, а також в навчальному процесі Національного університету цивільного захисту України (м. Харків).

5. Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях

За темою дисертації опубліковано 17 наукових праць, а саме: 4 статті у наукових фахових виданнях України; 3 статті у міжнародних наукових фахових виданнях, які входять до міжнародної наукометричної бази Scopus; 9 тез доповідей на конференціях та 1 патент на корисну модель.

Автор здійснив апробацію своїх наукових результатів на 9 наукових конференціях державного та міжнародного рівнів, зокрема «Eurasian scientific congress» (м. Барселона, Іспанія, 2020 р.); «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» (м. Харків, 2020 р.), «Безпека людини у сучасних умовах» (м. Харків, 2021 р.), «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (м. Львів, 2022 р.).

В опублікованих працях повністю розкрито суть та зміст наукових положень, представлених до захисту. У публікаціях в співавторстві особистий внесок дисертанта відображено відповідно до отриманих ним особисто результатів.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць відповідають вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії та надають авторові право публічного захисту дисертації.

6. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації.

Представлена дисертаційна робота, незважаючи на достатньо високий науковий рівень її виконання, характеризується наявністю певних недоліків та дискусійних положень, а саме:

1. На стор. 45 автор зазначає, що «Однак процедура прогнозування залежить від характеру надзвичайної ситуації та не може використовувати загальні моделі.». Про які саме загальні моделі йде мова?
2. На стор. 112 автор відзначає, що «У вузлах сітки, що оточують точку викиду (рис. 2.4) прийmemo значення концентрації у вигляді: $q(x, y, z, \tau) = q_{\infty}(x, y, z)$ », при цьому не наводить належної аргументації та пояснень.
3. При моделюванні динаміки розповсюдження небезпечних газів в повітрі враховувалась складова впливу вітру лише за однією координатою, що знижує точність розрахунків. Чи достатня точність забезпечується при таких припущеннях?
4. В п. 2.3 при описанні розробленого програмного комплексу «Прогноз НХР» для кращого розуміння його особливостей та функціоналу автору бажано було б навести структурну схему, ряд прикладів використання даної комп'ютерної системи та зазначити ряд важливих характеристик: мову програмування, яку було використано для його розроблення, параметри швидкодії, узгодженість з операційними системами, необхідна оперативна пам'ять. Не підкреслено його переваги перед існуючими аналогами.
5. В п. 3.3 при здійсненні оцінювання ефективності розробленої методики на прикладі хімічної аварії, що сталась на підприємстві «Стирол» у м. Горлівка у 2013 р., не наведено які використовувались при цьому вхідні дані для моделювання. Також бажано було отримані результати візуалізувати у вигляді карти, що значно покращило б сприйняття інформації.
6. Бажано було б розроблену методику прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів представити у вигляді окремого документу і розмістити її в додатку до основного тексту дисертації.
7. В тексті присутній ряд орфографічних та технічних помилок, зокрема: на стор. 40 замість «... статистичні дані ...» має бути «... статистичні дані ...»; на стор. 44 під рисунком немає його нумерації та назви; на стор. 48-49 використовується аббревіатура «ЦЗН» і на стор. 160 – «ЯПР», але в тексті роботи відсутня їх розшифровка; на стор. 46 замість «Гідрометеорологічний департамент України» має бути «Український гідрометеорологічний центр»; на стор. 47 замість «Державну систему моніторингу навколишнього природного середовища та довкілля» має бути «Державну систему моніторингу довкілля»; на стор. 82 замість «... висловлені припущення за якими...» має бути «... висловлені

припущення, за якими...»; в описанні рис. 2.1 (стор. 88) відсутнє пояснення надпису «Name т»; на стор. 103 в описі складових рівняння (2.21) зазначено змінну S , але в самому рівнянні вона відсутня.

Відмічені зауваження та недоліки не впливають на загальне позитивне сприйняття дисертаційної роботи, не знижують її наукової та практичної цінності.

7. Загальний висновок

Дисертаційна робота Мельниченка Андрія Сергійовича є самостійною та завершеною науковою роботою, виконаною особисто дисертантом у вигляді кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису. Дисертаційне дослідження містить науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, характеризується єдністю змісту та свідчить про особистий внесок автора в науку. Зміст дисертації відповідає спеціальності 263 «Цивільна безпека».

Таким чином, дисертаційна робота «Математичне та методичне забезпечення прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів» за актуальністю обраної теми, обсягом і рівнем теоретичних та експериментальних досліджень, достовірністю та обґрунтованістю висновків, науковою новизною, значенням отриманих результатів для науки і практики задовольняє вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами від 12.07.2019 р.) та Постанови Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами від 22.03.2022 р.), які висуваються до дисертацій, а її автор Мельниченко Андрій Сергійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 263 «Цивільна безпека».

Офіційний опонент:
заступник директора
з науково-організаційної роботи
ДУ «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України»,
член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор



Олександр ПОПОВ