

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГАРБУЗ Сергій Вікторович



УДК 502.172:621.6.033(043.3)

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ВЕНТИЛЯЦІЇ
РЕЗЕРВУАРІВ З НАФТОПРОДУКТАМИ**

Спеціальність 21.06.01– екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2018

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Робота виконана на кафедрі пожежної та техногенної безпеки об'єктів і технологій Національного університету цивільного захисту України Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник – кандидат медичних наук, доцент
Халмурадов Батир Данатарович,
Національний авіаційний університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри цивільної та промислової безпеки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Третьяков Олег Вальтерович,
Харківський національний університет міського
господарства ім. О. М. Бекетова
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри водопостачання, водовідведення
та очищення вод;

доктор технічних наук, професор
Семчук Ярослав Михайлович,
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності.

Захист відбудеться 29 червня 2018 року об 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 у Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 204.

Із дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 за електронною адресою: <http://sumdu.edu.ua/ukr/scientific/scientific-council/32-scientific/scientific-council/5367.html>.

Автореферат розісланий 25 травня 2018 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04



І. Ю. Аблеєва

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Об'єкти нафтогазового комплексу (НГК) України, зокрема резервуари для зберігання нафтопродуктів, становлять підвищену екологічну небезпеку для навколишнього природного середовища (НПС). Ємності, наповнені нафтопродуктами, навіть за штатної експлуатації, належать до джерел неконтрольованих викидів парогазоповітряних сумішей та проливів нафтопродуктів із подальшим виникненням пожеж і вибухів. Актуальними проблемами на сьогодні є зниження негативного впливу на довкілля та мінімізація ризику для населення під час роботи з такими екологічно небезпечними джерелами техногенного навантаження на навколишнє середовище.

На особливу увагу заслуговує питання забезпечення захисту людей і територій від впливу небезпечних факторів, що можуть виникнути за надзвичайних ситуацій на складах нафти та нафтопродуктів. Завдання підвищення екологічної безпеки під час очищення й ремонту резервуарів актуальне не лише для нафтової, нафтопереробної й нафтохімічної промисловостей, а й для інших галузей народного господарства, що споживають нафтопродукти та мають резервуари для їх зберігання.

У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення та обґрунтування науково-практичних підходів до проведення екологічно безпечної передремонтної підготовки нафтових резервуарів, що дозволить контролювати викиди забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферне повітря відповідно до нормативів шкідливого впливу. Вирішенню цієї проблеми присвячені праці таких вітчизняних та зарубіжних науковців, як В. П. Назаров, А. А. Тарасенко, О. О. Кіршев, А. А. Коршак, О. М. Ларін, С. Ю. Назаренко.

Проблема підготовки резервуарів зберігання нафтопродуктів і нафти до очищення, ремонту, реконструкції та демонтажу вимагає подальшого глибокого вивчення, про що свідчать пожежі й вибухи на резервуарах у період підготовчих і ремонтних робіт. Розв'язання цього питання дозволить вирішити як екологічні аспекти проблеми – за рахунок зниження техногенного навантаження на довкілля, так і економічні – внаслідок продовження терміну експлуатації вже існуючих сховищ.

Таким чином, актуальними завданнями є розроблення та обґрунтування екологічно безпечного способу вентилявання внутрішнього простору резервуарів; очищення викидів ЗР згідно з вимогами нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря за рахунок уловлювання легких вуглеводнів та використання їх як товарного продукту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні завдання дисертаційної роботи щодо постановлення завдання екологічних досліджень, методів і засобів їх вирішення відповідають Постанові Верховної Ради України «Про основні напрями державної політики України в сфері охорони навколишнього середовища, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки», Стратегії екологічної політики України на період до 2020 року та Концепції Загальнодержавної програми поводження з відходами на 2013–2020 рр.

Основні дослідження роботи проводили в рамках виконання плану науково-дослідних робіт кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій Національного університету цивільного захисту України (НУЦЗ України) за тематикою «Дослідження імовірності появи джерел запалювання електричного походження у пароповітряному просторі резервуарів із нафтопродуктами» згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України (державний реєстраційний номер 0114U002235), в якій автор брав участь як відповідальний виконавець.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає у підвищенні рівня екологічної безпеки територій у зоні впливу нафтозберігаючих об'єктних комплексів за рахунок застосування інноваційного ежекторно-вихрового способу подання повітря та абсорбційно-конденсаційної установки для очищення викидів забруднюючих речовин під час проведення примусової вентиляції резервуарів.

Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі завдання:

- провести аналіз стану забезпечення мінімізації техногенного впливу пожежовибухонебезпеки вогневих ремонтних робіт на резервуарах із залишками нафтопродуктів;
- розробити експериментальний та напівпромисловий стенди для дослідження технології вентиляції резервуарів із забезпеченням зниження техногенного навантаження на довкілля;
- запропонувати методологічні підходи до розроблення інформаційної моделі поширення в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що містяться у викидах із резервуарів із залишками нафтопродуктів;
- на підставі експериментальних досліджень підтвердити теоретичні закономірності процесу примусової вентиляції резервуарів із залишками нафтопродуктів;
- дослідити вплив способів подання припливного повітря на інтенсивність масообміну та ефективність і екологічну безпечність вентиляції резервуарів;
- розробити та обґрунтувати абсорбційно-конденсаційну установку для вловлювання сконцентрованих нафтопродуктів, що дозволить очистити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря до рівня встановлених нормативів;
- оцінити рівень зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при впровадженні розробленого способу подання повітря та очищення викидів під час проведення примусової вентиляції.

Об'єкт дослідження – техногенне навантаження на навколишнє природне середовище під час проведення підготовчих ремонтних робіт на резервуарах зберігання нафтопродуктів.

Предмет дослідження – підвищення рівня екологічної безпеки під час проведення вентиляції вертикальних циліндричних резервуарів із залишками нафтопродуктів.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження дисертаційної роботи проводили із застосуванням газового аналізу – для встановлення якісного та кількісного складу газових сумішей на виході з резервуарів, при використанні сучасної контрольно-вимірювальної апаратури.

Оброблення експериментальних даних та ідентифікацію виконаних експериментів існуючим теоретичним моделям здійснювали за допомогою комп'ютерної техніки, використовуючи пакет програм Microsoft Excel, Harvard ChartXL 3.0, ALOHA® 5.4.4, що разом із вищенаведеними методами аналізу дало можливість коректно обґрунтувати основні теоретичні положення та висновки. У дисертаційній роботі використані загальні й спеціальні методи наукового дослідження: аналізу, порівняння і синтезу; класифікації та ранжування; математичної статистики; методи математичного моделювання; методи системного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів:

- уперше з метою зниження техногенного навантаження на довкілля на комплексах зберігання нафтових вуглеводнів теоретично розроблено та обґрунтовано застосування екологічно безпечного способу дегазації наземних резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів;

- уперше для підвищення рівня екологічної безпеки на основі розробленої інформаційної моделі забруднення атмосфери викидами нафтопродуктів обґрунтовано принципово новий спосіб подання припливного повітря у внутрішній простір резервуара, що дає можливість контролю техногенного навантаження на довкілля;

- уперше науково обґрунтовано та експериментально підтверджено умови подання повітря ежекторним способом під час проведення примусової вентиляції резервуарів, що дозволило скоротити тривалість дегазації та підвищити ефективність очищення пароповітряної суміші;

- удосконалено підходи до екологічно безпечного вловлювання та очищення концентрованих пароповітряних сумішей нафтових вуглеводнів на основі абсорбційно-конденсаційного методу, що дозволяє витримати нормативи шкідливих впливів на атмосферу;

- набула подальшого розвитку методика розрахунку та оцінювання рівня техногенного навантаження на атмосферне повітря шляхом моделювання та прогнозування зон активного забруднення викидами пароповітряних вуглеводневих сумішей.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено технологічну схему процесу очищення резервуарів із залишками нафтопродуктів, спроектовано та сконструйовано стенд-резервуар з ежекторно-вихровим способом подання припливного повітря в його простір, що дозволяє закручувати подаване повітря і рідину в одному напрямку. У результаті цього процес випаровування проходить набагато швидше, що забезпечує концентрування парів нафтопродуктів та полегшує їх уловлювання за допомогою розробленої абсорбційно-конденсаційної установки. Застосування такого комплексу для дегазації резервуарів сприяє підвищенню екологічної безпеки вентиляції емностей та одержанню товарного продукту.

Розроблено та запатентовано спосіб дегазації наземних резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів.

Результати дисертаційної роботи в частині дослідно-промислових випробувань розробленого способу дегазації резервуарів були передані до ДО «Комбінат

Світанок» для використання в технологічних інструкціях із виведення резервуарів з експлуатації під час проведення регламентних робіт, їх підготовки до технічного діагностування, зачищення та виконання ремонтних робіт (акт впровадження від 21.11.2017 р.).

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес кафедри пожежної та техногенної безпеки об'єктів і технологій факультету пожежної безпеки НУЦЗ України при викладанні дисципліни «Промислова безпека сучасних виробничих технологій» (акт впровадження від 15.11.2017 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в проведенні теоретичних та експериментальних досліджень проектування технічного засобу/стенда; обробленні одержаних результатів та їх аналізі; розробленні та обґрунтуванні абсорбційно-конденсаційної установки для уловлювання нафтопродуктів на виході в атмосферне повітря після закінчення процесу вентиляції; оцінюванні зниження техногенного навантаження на атмосферне повітря за рахунок упровадження ежекторно-вихрового способу подання повітря під час примусової вентиляції резервуарів.

Вибір теми дисертаційної роботи, постановка завдань дослідження, обговорення одержаних результатів були проведені разом із науковим керівником – к.мед.н, доцентом Б. Д. Халмурадовим. Внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на 13 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях: VIII міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів (студентів), слухачів магістратури і ад'юнктів (аспірантів) «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы» (м. Мінськ, 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи» (м. Харків, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та спеціалістів «Проблеми техносферной безопасности-2015» (м. Москва, 2015 р.); 12-ому міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків (м. Львів, 2015 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (м. Кокшетау, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» (м. Гомель, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми пожежної безпеки» (м. Харків, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» (м. Харків, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы» (м. Кокшетау, 2017 р.); XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Авіа-2017» (м. Київ, 2017 р.); 19-й Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку» (м. Київ, 2017 р.); XII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки

життєдіяльності» (м. Львів, 2017 р.); VII Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» (м. Черкаси, 2017 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 23 наукові праці, зокрема 9 статей, з яких 8 статей у наукових фахових виданнях із переліку МОН України, з яких 2 статті індексуються міжнародними наукометричними базами даних, 1 стаття у спеціалізованому закордонному виданні, 13 тез доповідей конференцій, отримано патент на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 174 сторінки, основного тексту – 131 сторінка. Дисертаційна робота містить 9 таблиць та 47 рисунків, 128 найменувань списку використаних джерел на 15 сторінках та 8 додатків на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи; сформульовано мету, завдання досліджень; відображено наукову новизну, підсилену теоретичними розробками в плані аналізу завдань математичного моделювання; подано практичну цінність одержаних результатів та особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячений огляду сучасного стану проблематики екологічно-безпечної експлуатації об'єктів зберігання нафтопродуктів, зокрема на етапі проведення передремонтних і ремонтних робіт та за умови виникнення нештатної ситуації. Проблема техногенного навантаження на навколишнє середовище під час зберігання вуглеводневої сировини і підвищення рівня екологічної безпеки процесу дегазації резервуарів шляхом примусової вентиляції висвітлюється в працях таких провідних українських та зарубіжних фахівців, як В. П. Назаров, А. А. Тарасенко, О. О. Кіршев, А. А. Коршак, О. М. Ларін, С. Ю. Назаренко.

Забезпечення захисту людей і територій від впливу екологічно небезпечних факторів, що можуть виникнути за умови штатної експлуатації, під час проведення регламентних робіт та в разі виникнення аварійних ситуацій на складах нафти і нафтопродуктів є першочерговим завданням екологічної безпеки об'єктів нафтогазового комплексу. Резервуари зберігання нафтопродуктів, які є джерелами неконтрольованих викидів пароповітряних сумішей (ППС), парогазоповітряних сумішей (ПГПС) та проливів нафтопродуктів із подальшим виникненням пожеж і вибухів, обумовлюють посилення техногенного навантаження на довкілля. При цьому найбільш екологічно небезпечними вважають резервуарні парки зберігання світлих нафтопродуктів, що обґрунтовується високою леткістю та вибухопожежонебезпечністю зазначеної групи вуглеводнів.

Щорічно Україна споживає більше ніж 20 млн тонн нафти та продуктів її перероблення, що передбачає експлуатацію досить великого резервуарного парку країни. Установлено, що на 1 тону нафти, яку добувають або переробляють, обсяг, необхідний для зберігання, повинен становити 0,4–0,5 м³. Дослідження та аналіз джерел екологічного впливу під час експлуатації резервуарів засвідчують, що

резервуари вертикальні сталеві (РВС), призначені для зберігання нафтопродуктів, навіть за штатної експлуатації відносять до екологічно небезпечних об'єктів.

Таким чином, зниження техногенного навантаження на довкілля є першочерговим еколого-економічним завданням підвищення рівня екологічної безпеки під час експлуатації резервуарів із нафтопродуктами. Проведення регламентних робіт із забезпеченням екологічної та вибухопожежної безпеки є одним із базових завдань управління екологічною безпекою резервуарних парків.

На підставі проведених досліджень, спрямованих на вирішення досить актуального науково-практичного завдання ідентифікації базових причин та оцінювання ризику виникнення аварій на РВС, встановлено, що недосконалість процесу вентиляції резервуарів є однією з найбільш істотних причин розвитку надзвичайних екологічно небезпечних ситуацій техногенного характеру. Систематизація результатів застосування способів підготовки резервуарів до вогневих (ремонтних) робіт, а також вивчення й детальний аналіз наукової літератури, присвяченої закономірностям турбулентного перенесення парів нафтопродуктів і конвективного масообміну в газовому просторі резервуарів під час процесу вентиляції, дозволили зробити висновок про необхідність експериментального розроблення і створення спеціального стенда для подальшого більш детального дослідження нових способів примусової вентиляції резервуарів.

Установлено, що утилізація вловлених під час примусової вентиляції парів нафтопродуктів є актуальним еколого-економічним завданням як із точки зору додержання нормативів шкідливих впливів на атмосферне повітря, так і використання їх як товарного продукту.

У другому розділі подано обґрунтування еколого-економічної доцільності дослідження об'єктів екологічної небезпеки для НПС і методів уникнення ризиків, методик проведення експериментів і визначення математичних методів оброблення даних, аналізу та оцінювання одержаних результатів.

Вивчення закономірностей турбулентного перенесення парів нафтопродуктів і конвективного масообміну в газовому просторі резервуарів при їх вентилюванні проводили на спеціально створеному стенді. Основний його конструктивний елемент – циліндрична посудина.

У процесі проведення досліджень розроблено два лабораторні стенди, а саме експериментальний резервуар (ЕР) та експериментальний напівпромисловий стенд (ЕНПС).

Експериментальний резервуар призначений для визначення рухомості повітря за різних схем його подання у внутрішній простір резервуара, швидкості випаровування й втрати маси досліджуваних рідин, визначення концентрацій летких речовин під час вентилювання резервуара. ЕР виготовлений з органічного скла товщиною 3 мм у вигляді вертикальної циліндричної посудини, установленної на рівну поверхню витяжної шафи лабораторії. Масштаб ЕР до промислового резервуара РВС-5000 становив 1:17.

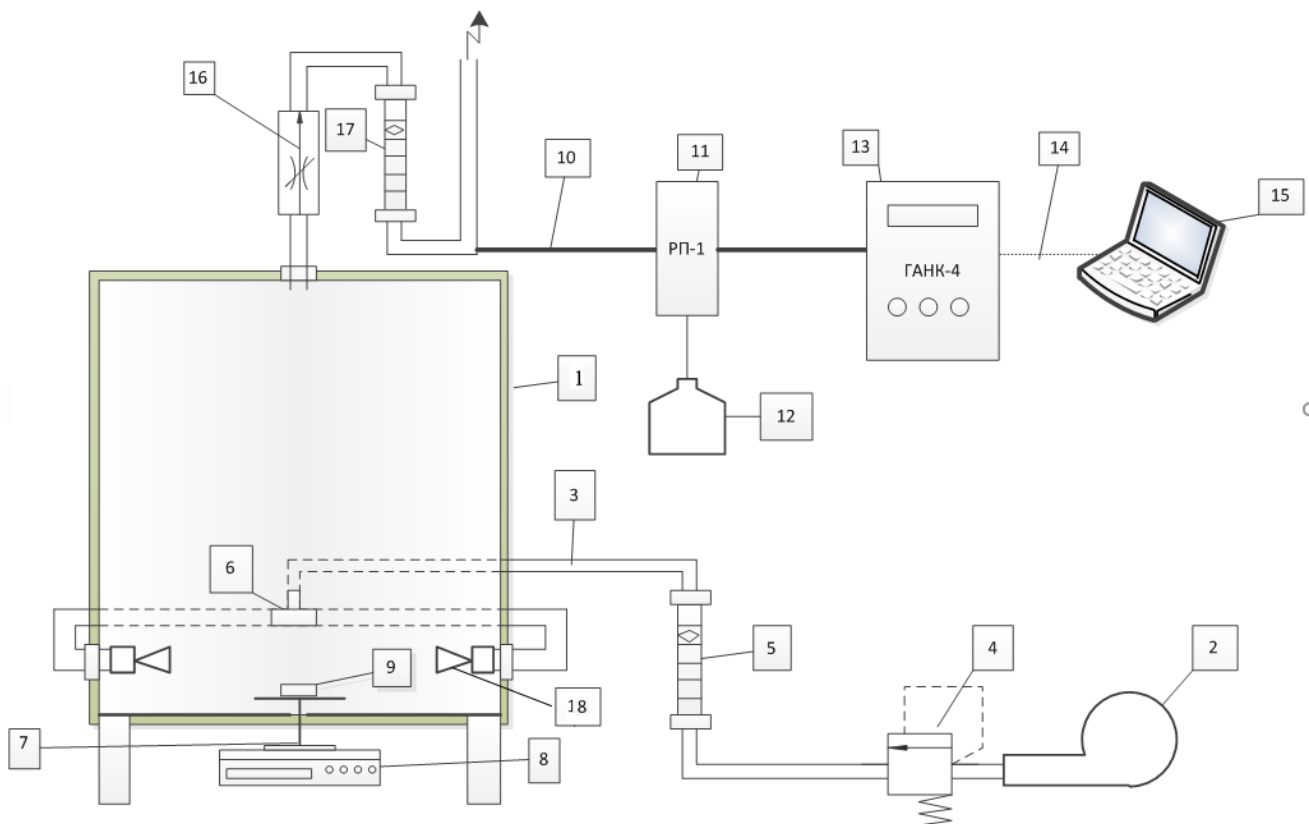
Експериментальний напівпромисловий стенд призначений для визначення рухомості повітря за різних схем його подання у внутрішньому просторі резервуара, швидкості випаровування й втрати маси досліджуваних рідин. Його резервуар

виготовлений із полікарбонату у вигляді вертикальної циліндричної посудини, встановленої на спеціально підготовлену рівну горизонтальну поверхню – дерев'яний щит, обшитий фрагментами гіпсоволоконного листа. Масштаб установки до промислового резервуара РВС-5000 – 1:10.

Дослідженню підлягали чотири способи подання припливного повітря: зустрічний, традиційний, змішаний та інноваційний, із метою визначення найбільш ефективного та доцільного згідно з вимогами та нормативами екологічної безпеки.

Для підвищення ефективності вентиляції резервуарів на ЕР та ЕНПС розроблений і застосований принципово новий ежекторно-вихровий спосіб подання припливного повітря у внутрішній простір резервуарів.

Принципова схема розробленої експериментальної установки подана на рис. 1.



1 – резервуар (ЕР); 2 – повітродувний пристрій (вентилятор); 3 – лінії подання повітря; 4 – клапан скидання надлишкового тиску повітря; 5 – ротаметр; 6 – трійник; 7 – штатив; 8 – електронні ваги «AND EK-1200i»; 9 – ємність із нафтопродуктом; 10 – полівінілові трубки для відбору проб на газовий аналіз; 11 – розріджувач (РП-1); 12 – сорбційний фільтр (ФС-1); 13 – газоаналізатор універсальний «ГАНК-4»; 14 – кабель для підключення до ПЕОМ; 15 – ПЕОМ; 16 – регульована заслінка на лінії видалення парів; 17 – ротаметр; 18 – повітряні ежектори

Рисунок 1 – Принципова схема експериментальної установки

За різних способів подання припливного повітря у внутрішній простір резервуара проводили вимірювання рухомості припливного повітря й втрати маси рідин у різних точках резервуара. Як горючі речовини (ГР) і легкозаймісті рідини (ЛЗР) використовували дизельне паливо, бензини А-92 та А-95, толуол.

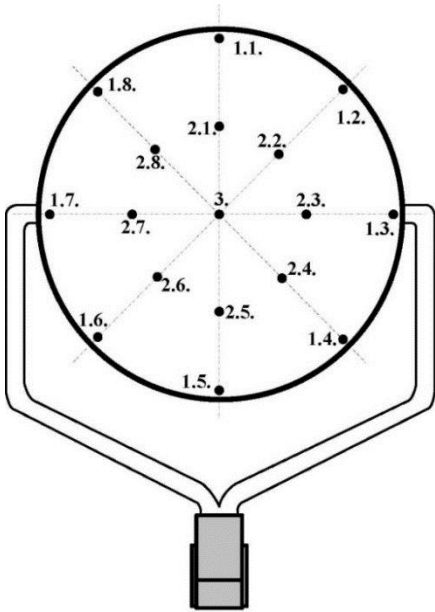


Рисунок 2 – Схема розміщення точок вимірювання рухомості повітря і втрати маси рідин під час процесу вентиляції експериментальних резервуарів

У процесі експерименту вимірювали втрату маси в центрі резервуара для таких ГР і ЛЗР: дизельне паливо, бензини А-92 та А-95, толуол, октан, гексан. Для точності та ймовірності вимірювань втрати маси під час процесу вентиляції ЕНПС і ЕР експеримент проводили також на воді.

Схема розміщення точок вимірювання рухомості припливного повітря й втрати маси експериментальних рідин на ЕР і ЕНПС подана на рис. 2. Під час дослідів на ЕР викид газоповітряної суміші здійснювався через світлові люки. Для моделювання системи вловлювання парів вуглеводнів був створений повітряний опір виходу газоповітряної суміші.

Після закінчення кожної серії дослідів зливали залишки рідини з ємностей, промивали, просушували та проводили дегазацію. Всі серії дослідів проводили в лабораторії й на відкритому майданчику за температури повітря 26 °С. Температура припливного повітря у внутрішній простір резервуарів також становила $t_{п} = 26$ °С.

Таким чином, запропоновано принципово новий екологічно безпечний ежекторно-вихровий спосіб подання припливного повітря в простір резервуара, що дозволяє закручувати не лише подаване повітря в резервуарі, а й рідину за напрямком руху повітря, скорочуючи тривалість процесу вентиляції.

Третій розділ присвячений моделюванню ежекторного способу подання повітря у внутрішній простір резервуара. На підставі проведених теоретичних досліджень встановлено, що на процесі масообміну під час вентиляції резервуарів значно впливають спосіб подання повітря та ступінь перемішування його з рідинами, які залишилися всередині ємностей. Ураховуючи цю закономірність, для підвищення екологічної безпеки, продуктивності та інтенсифікації процесу вентиляції резервуарів запропоновано новий ежекторний спосіб подання повітря у внутрішній простір резервуарів, що дозволяє істотно збільшити ступінь перемішування нафтопродукту з повітрям.

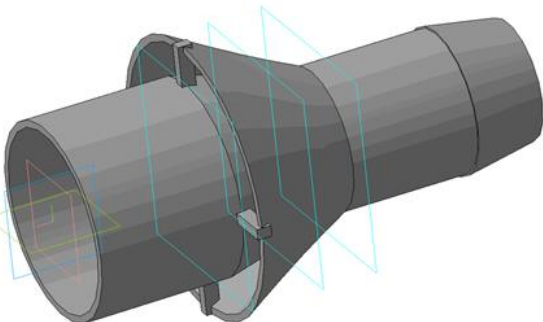


Рисунок 3 – Повітряний ежектор

Основним відмінним елементом, що використовується при ежекторному способі подання повітря, є новий конструктив повітряного ежектора (рис. 3), який встановлюється всередині резервуара на внутрішньому фланці люка-лазу і являє собою частину ежекторної вентиляційної установки.

Описано модель роботи ежекторної вентиляційної установки (рис. 4) з розподілом витрат повітря й тисків під час її роботи.

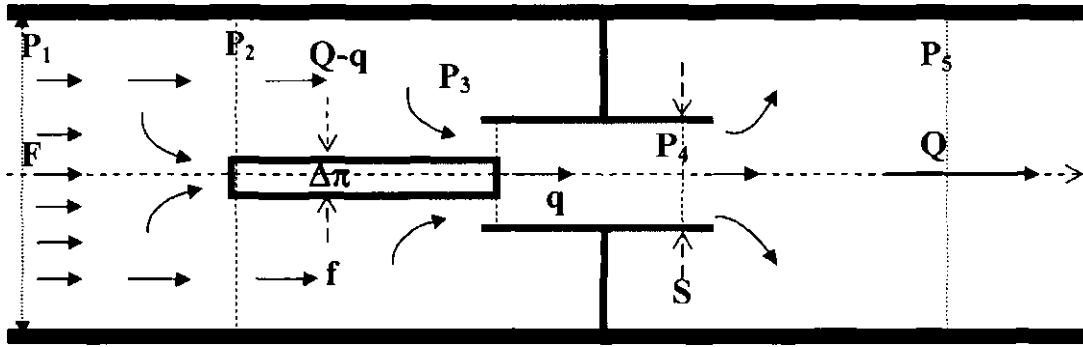


Рисунок 4 – Розподіл витрат повітря й тисків під час роботи ежекторної установки

За позитивний напрямок руху повітря береться рух праворуч. Тобто витрата ежекувального потоку q , ежектованого потоку $Q-q$ та загального потоку Q мають позитивний знак

Запропоновано проводити математичне моделювання ежекції на основі закону збереження імпульсу. Специфіка цього методу моделювання полягає в тому, що втрати енергії при змішуванні ежекувального й ежектованого потоків повітря визначаються умовою збереження загальної кількості руху при цьому змішуванні та не потребують залучення жодних експериментальних залежностей.

Ежекційний напір ΔP є напором еквівалентного вентилятора, якщо він цілком збігається з опором повітряного простору резервуара, і визначається за формулою

$$\Delta P = \frac{Q^2}{\rho} \left(\frac{1}{S} - \frac{1}{F} \right) \left\{ \begin{array}{l} 1/F, Q \geq 0 \\ 1/S, Q < 0 \end{array} \right\} - \frac{(Q-q)^2}{\rho} \left(\frac{1}{S-f} - \frac{1}{F-f} \right) \left\{ \begin{array}{l} 1/(S-f), (Q-q) \geq 0 \\ 1/(F-f), (Q-q) < 0 \end{array} \right\} + \\ + \frac{1}{\rho F} \left[\frac{Q^2}{F} - \frac{(Q-q)^2}{F-f} - \frac{q^2}{f} \right] + \frac{1}{\rho S} \left[\frac{(Q-q)^2}{S-f} + \frac{q^2}{f} - \frac{Q^2}{S} \right], \quad (1)$$

де ΔP – ежекційний напір, Па; Q – витрата загального потоку, кг/с; ρ – густина повітря, кг/м³; S – переріз камери змішування, м²; F – переріз виробітку, м²; $Q-q$ – витрата ежекуємого потоку, кг/с; f – переріз струменя, м²; q – витрата ежекувального потоку, кг/с.

Одержана залежність (1) для напору ΔP , створюваного вентиляційною установкою, може бути використана під час розв'язування конкретних задач, у рівняннях яких ΔP буде відігравати роль напору еквівалентного вентилятора.

$$\rho_3(\vec{r}, t) = \frac{e^{-\sigma_{ct}}}{8(\pi D t)^{3/2}} \int_{-\infty}^{\infty} \rho_{03}(\vec{r}') e^{\frac{(\vec{r}-\vec{r}')^2}{4D_{II}t}} d^3 r', \quad (2)$$

де $\rho_3(\vec{r}, t)$ – концентрація ЗР у напрямку r та момент часу t , кг/м³; σ_{ct} – коефіцієнт пропорційності; t – момент часу, с; $\rho_{03}(\vec{r}, t)$ – концентрація ЗР у напрямку r та початковий момент часу $t = 0$, кг/м³; D_{II} – коефіцієнт вертикальної дифузії, м²/с.

Із розв'язку (2) випливає, що концентрація ЗР експоненціально зменшується. За час $t_{cm} = \frac{1}{\sigma_{cm}}$ концентрація у кожній точці зменшується в e раз. Подальше дослідження розв'язання (2) зручно провести в моделі простої початкової умови, коли в початковий момент часу маса ЗР M_0 (кг) знаходиться в малому об'ємі, який міститься на початку координат. Така початкова умова апроксимується дельта-функцією з множником M_0 , тобто

$$\rho_{0z}(\vec{r}') = M_0 \delta(\vec{r}') \quad (3)$$

Підставлення (3) у (2) приводить до

$$\rho_z(\vec{r}, t) = \frac{M_0}{8(\pi D_{II} t)^{3/2}} e^{-\sigma_{cm} t} e^{-\frac{r^2}{4D_{II} t}} \quad (4)$$

Згідно з розв'язком (4) у певний фіксований момент часу t характерна область, в якій буде помітна кількість забруднювача, що залишився, визначається розміром L_z (м), за якою показник другої експоненти порядку одиниці, тобто

$$\frac{L_z^2}{4D_{II} t} \approx 1 \quad \text{або} \quad L_z \approx 2\sqrt{D_{II} t} \quad (5)$$

При цьому в усіх точках простору зменшення концентрації забруднювача за рахунок розпаду визначається множником $e^{-\sigma_{cm} t}$.

Рівняння вектору дифузії ЗР $i_{zx} = -D_{II} \frac{\partial \rho_z}{\partial x}$, $i_{zy} = -D_{II} \frac{\partial \rho_z}{\partial y}$ із заданими початковими та граничними умовами дозволяє прогнозувати розподіл концентрації забруднювача у просторі та в часі практично для будь-яких можливих ситуацій.

На основі розробленої інформаційної моделі поширення забруднення атмосфери викидами з резервуарів із залишками нафтопродуктів прогнозовано межі екологічної кризової ситуації у довкіллі. Теоретичними розрахунками підтверджено скорочення тривалості вентиляції за ежекційного способу подання повітря.

Четвертий розділ присвячений експериментальному дослідженню екологічно безпечного процесу вентиляції резервуарів. За різних способів подання припливного повітря в простір експериментальних резервуарів проводили вимірювання втрати маси ГР та ЛЗР. Для точності вимірювань втрати маси під час вентиляції експериментальних резервуарів експеримент проводили також на воді. Результати досліджень свідчать про те, що зміни відносних значень втрати маси для однокомпонентних досліджуваних рідин (а саме: вода, толуол, октан та гексан) у вентильованих резервуарах є лінійними.

Результати досліджень зміни відносних значень втрати маси для багатокомпонентних рідин (бензини, дизельне паливо) подані на рис. 5 та 6.

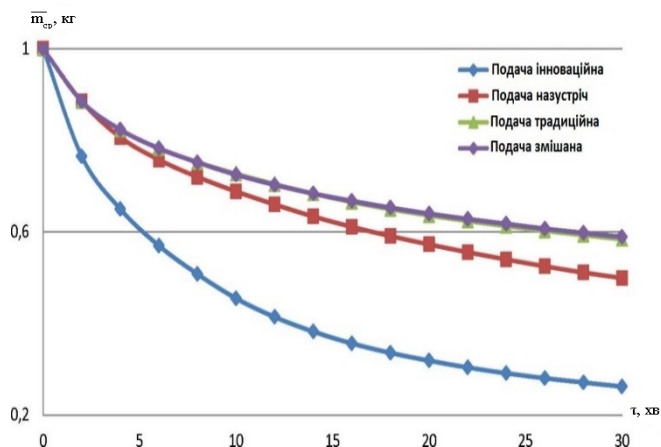


Рисунок 5 – Дослідження втрати маси бензинів А-92/95 за різних схем подавання припливного повітря

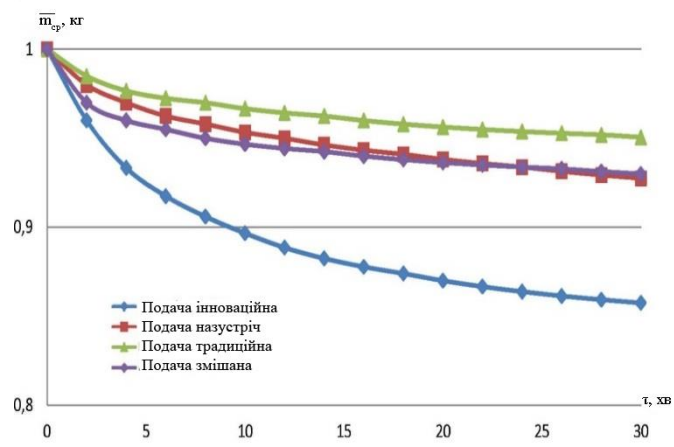


Рисунок 6 – Дослідження втрати маси дизельного палива за різних схем подавання припливного повітря

Результати цих досліджень свідчать про те, що зміни відносних значень втрати маси для багатоконпонентних рідин (а саме дизельне паливо та бензини) у вентильованих резервуарах не є лінійними. При цьому швидкість зміни відносних значень втрати маси для запропонованого ежекторно-вихрового способу подавання повітря для всіх досліджуваних рідин істотно вища, ніж за інших способів організації вентиляції.

На підставі одержаних у дисертаційній роботі даних стає очевидним, що способи вентиляції внутрішнього простору резервуара мають істотне значення. На рисунку 7 показана загальна діаграма втрати маси досліджуваними рідинами за 1 годину вентиляції при використанні різних способів подавання припливного повітря у внутрішній простір резервуара за даними лабораторних експериментів, проведених у рамках дисертаційного дослідження.

Результати експериментальних досліджень відносних значень швидкостей повітря у внутрішньому просторі резервуара й частинок, випаровуваних із рідин за однакових витрат повітря наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень відносних значень швидкостей повітря у внутрішньому просторі резервуара й частинок, випаровуваних із рідин за однакових витрат повітря

| Номер схеми подавання повітря | Відносна швидкість повітря | Частина, випаровувана з рідини | | | |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------|-----------------|--------|
| | | вода | дизпаливо | бензини А-92/95 | толуол |
| 1 – інноваційна | 2,4 | 0,08 | 0,08 | 0,63 | 0,7 |
| 2 – назустріч | 1,8 | 0,01 | 0,01 | 0,35 | 0,32 |
| 3 – традиційна | 1 | 0,02 | 0,02 | 0,25 | 0,11 |
| 4 – змішана | 1,9 | 0,01 | 0,01 | 0,34 | 0,15 |

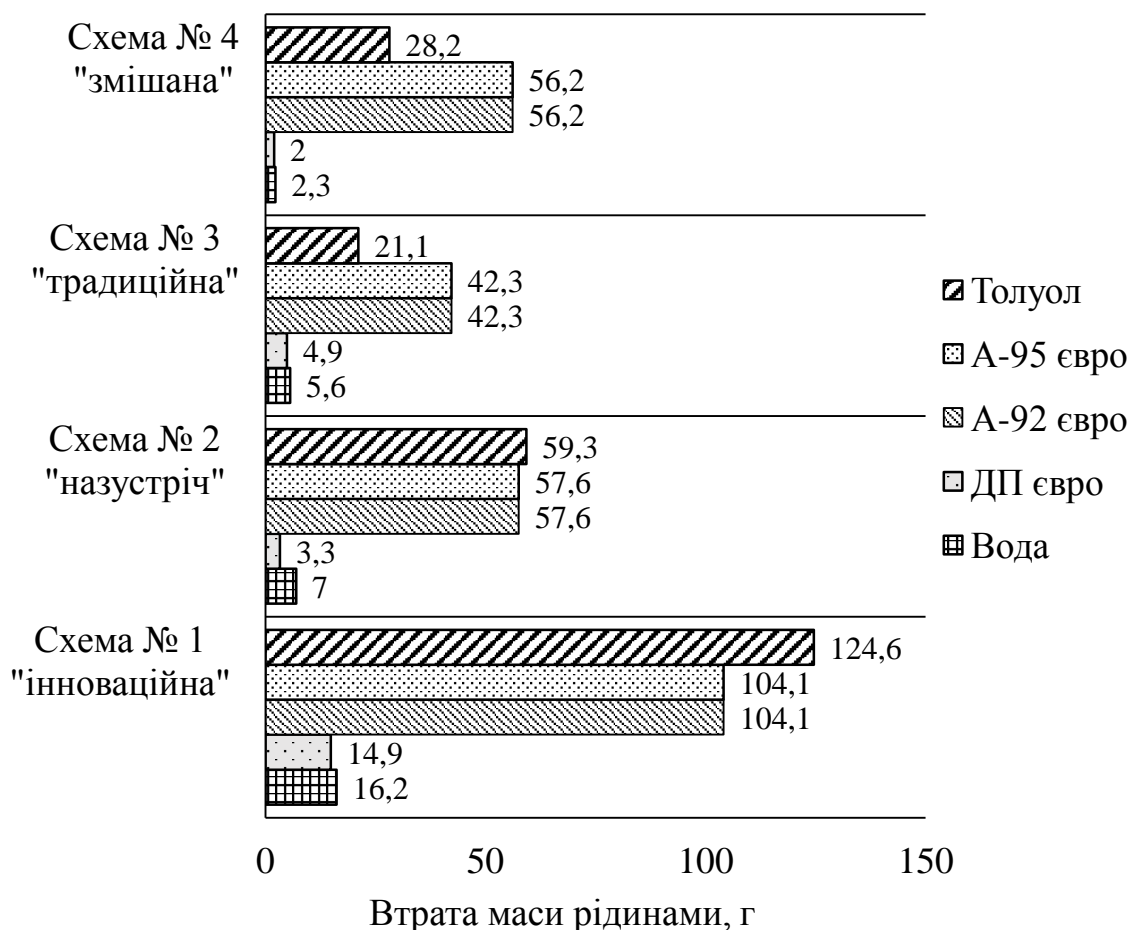


Рисунок 7 – Залежність втрати маси рідинами за 1 годину вентиляції, одержана експериментальним шляхом

Дані табл. 1 свідчать, що при ежекторно-вихровому способі подання повітря у внутрішній простір резервуара відносна швидкість в 2,4 раза вища, ніж при організації подання припливного повітря традиційним способом. При цьому частка випаровуваної рідини більша в 4 рази для води й дизпалива, у 2,52 раза – для бензинів, і в 6,3 раза – для толуолу за однакової витрати повітря.

На підставі проведених досліджень встановлено причини підвищення (або зниження) ефективності вентиляції за зміни способу подання повітря. З дослідів випливає, що на процес масообміну під час вентиляції резервуара швидкість і рухомість повітря впливають незначно. За практично однакової рухомості повітря в резервуарі значно впливають на масообмін спосіб подання повітря й ступінь перемішування його з рідинами.

Процес дегазації можна прискорити не стільки збільшенням кількості подаваного повітря, скільки вдосконалюванням способу подання повітря. Застосування ежекторно-вихрового способу перемішування повітря дозволяє скоротити час дегазації, а отже, час підготовки резервуарів до ремонту. Одночасно скорочуються енергетичні витрати, тому що для одержання еквівалентного ефекту, порівняно з прототипами, потрібно нагнітати менший об'єм повітря. Підвищується коефіцієнт корисної дії (ККД) вентиляції. Підвищення ККД обумовлює зниження енергетичних (отже, матеріальних) витрат на підготовку резервуара до ремонту.

У таблиці 2 подані розрахунки коефіцієнта ефективності у формулі інтенсивності випаровування M для кожної із досліджуваних схем подання припливного повітря.

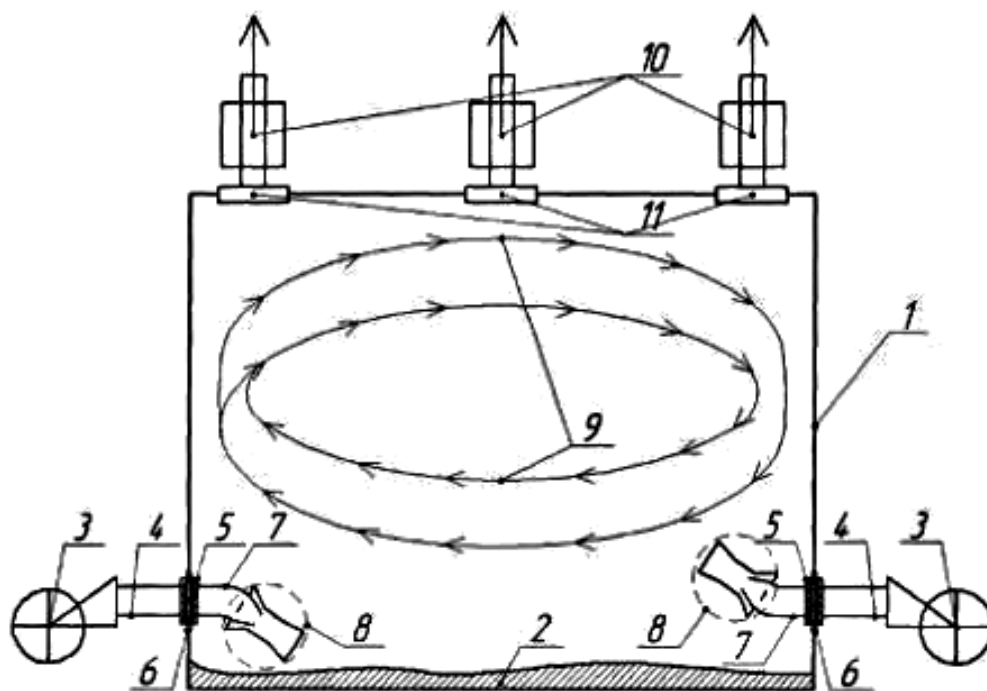
Таблиця 2 – Значення коефіцієнта ефективності випаровування

| Схема подання струменя припливного повітря | Коефіцієнт ефективності | | | |
|--|-------------------------|-----------|-----------------|--------|
| | вода | дизпаливо | бензини А-92/95 | толуол |
| 1 – інноваційна | 4 | 4 | 2,52 | 6,36 |
| 2 – назустріч | 0,5 | 0,5 | 1,4 | 2,9 |
| 3 – традиційна | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 – змішана | 0,5 | 0,5 | 1,36 | 1,36 |

Таким чином, на підставі проведених експериментальних досліджень процесу примусової вентиляції резервуарів зберігання нафтопродуктів визначено, що за інноваційного способу подання повітря у внутрішній простір ємності коефіцієнт ефективності випаровування вуглеводнів становить від 2,52 для бензину до 6,36 – для толуолу, що значно перевищує відповідні значення для інших схем подання струменя припливного повітря. Тому обґрунтовано високий рівень ефективності та екологічної безпеки запропонованого способу дегазації резервуарів, що дозволяє за короткі проміжки часу максимально очистити ємність та створити вибухопожегобезпечні умови проведення вогневих ремонтних робіт.

П'ятий розділ присвячено оцінюванню зниження техногенного навантаження на атмосферне повітря при застосуванні інноваційного способу вентиляції резервуарів. З метою зниження викидів парів вуглеводнів в атмосферу під час проведення дегазації наземних резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів необхідно скоротити її тривалість. Поставлене завдання вирішують за рахунок того, що під час примусової вентиляції подачу атмосферного повітря здійснюють із протилежних боків резервуара через два поворотні повітряні ежектори, встановлені на внутрішніх фланцях люків-лазів першого пояса, механізми повороту яких дозволяють змінювати напрями струменів повітря, що усуває застійні зони всередині резервуарів різних форм та розмірів і створює висхідні повітряні потоки, причому перше перемішування внутрішнього парогазового середовища з повітрям, що подається в резервуар, відбувається в камері змішування повітряного ежектора, а друге – у внутрішньому об'ємі резервуара з використанням маневрувальних струменів повітря, що виходять з дифузоров повітряних ежекторів (рис. 8).

Загальна кратність повітрообміну підтримується у межах 15–70 об./год, залежно від місткості резервуара. Інтенсивне перемішування внутрішнього парогазового середовища з атмосферним повітрям дозволяє вирівняти загально-об'ємну концентрацію парів вуглеводнів всередині резервуара на межі розділу середовищ, завдяки чому підвищується інтенсивність випаровування залишків нафтопродуктів, що зменшує загальний час дегазації.



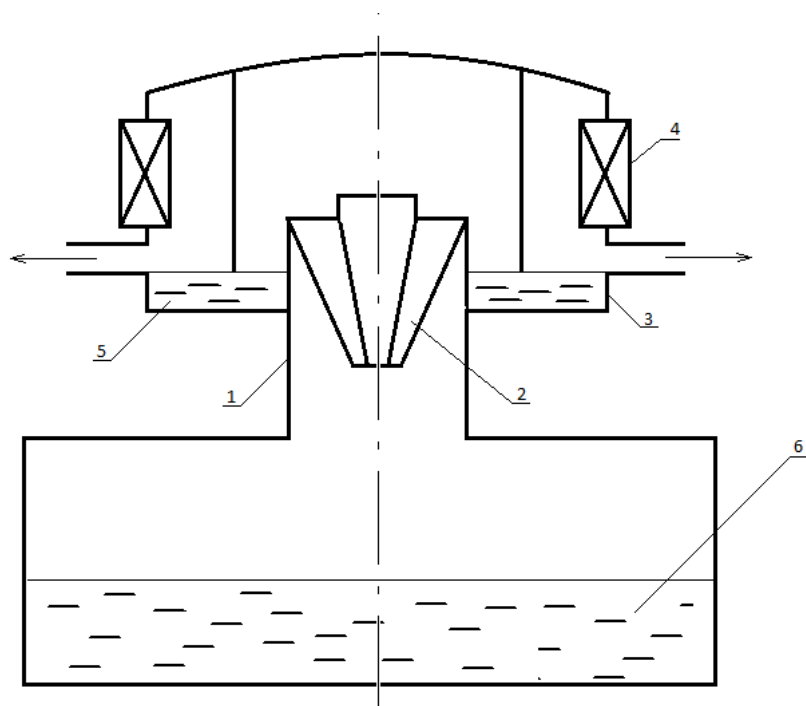
- 1 – резервуар; 2 – технологічний залишок нафтопродукту; 3 – повітродувні агрегати;
 4 – заземлені повітропроводи; 5 – шибєрно-поворотні пристрої; 6 – фланці люків-лазів; 7 – поворотні повітропроводи; 8 – повітряні ежектори;
 9 – обертально-висхідний повітряний потік усередині резервуара; 10 – фільтрувальні елементи; 11 – зовнішні фланці світлових люків

Рисунок 8 – Принципова технологічна схема процесу дегазації резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів

Таким чином, використання запропонованого способу дегазації резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів дозволяє скоротити час проведення дегазації резервуарів різних форм та розмірів за рахунок інтенсифікації перемішування внутрішнього парогазового середовища з атмосферним повітрям, а наявність фільтрувальних елементів уловлювання парів нафтопродуктів дозволяє усунути шкідливі викиди в атмосферу.

На підставі проведеного літературного аналізу рівня екологічної безпеки технологій та установок для уловлювання легких фракцій вуглеводнів, які використовують на об'єктах НГК, взято абсорбційно-конденсаційний метод очищення ППС від нафтопродуктів. Поєднання методів очищення ємностей, абсорбції та утилізації уловлених відходів дозволяє досягти високої ефективності зниження техногенного навантаження на НПС. Застосування блоку уловлювання вуглеводневих газів за допомогою абсорбційної колони вирішує проблему безповоротних втрат нафтопродуктів, що зберігаються в резервуарному парку, а також поліпшити екологічну обстановку як підприємства, так і НПС

Розроблена технологія, що ґрунтується на обраному методі, містить пристрій, до складу якого входить патрубок із вбудованим конічним завихрювачем і охолоджувальною обичайкою, що забезпечує активну конденсацію парів вуглеводнів (рис. 9).



1 – патрубок; 2 – відцентровий конічний завихрювач; 3 – корпус; 4 – охолоджувач; 5 – збірник; 6 – резервуар (ємності для зберігання вуглеводнів)

Рисунок 9 – Принципова технологічна схема очищення пароповітряної суміші

Принципом дії є уловлювання парів у відцентровому полі. Пари з резервуара (ємності для зберігання вуглеводнів) 6 проходять через патрубок 1 і надходять у відцентровий конічний завихрювач 2, при цьому на корпусі 3 відбувається їх охолодження охолоджувачем 4, конденсуються на ньому та стікають через збірник 5 і патрубок у резервуар. Конічний завихрювач дозволяє забезпечити рух практично всього закрученого потоку пари до обичайки з високою швидкістю, що й обумовлює повне уловлювання вуглеводневих парів. Розроблену установку застосовують на резервуарах

АЗС, нафтосховищах тощо.

Для оцінювання зони небезпеки, що визначається впливом резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів під час їх природної вентиляції з метою дегазації на етапі передремонтних робіт, використовували метод, запропонований U.S. Environmental Protection Agency. Центр Office of Emergency Management, EPA, розробив програмний продукт ALOHA® 5.4.4, який застосовують для розрахунку розподілу концентрацій під час випаровування забруднювальних речовин унаслідок їх надходження до НПС за різних умов.

Усі припущення щодо масштабів випаровування у процесі оцінювання ризику орієнтовано на найгірші наслідки. Ранжування ступеня забруднення проводили за концентраціями бази даних концентрацій Acute Exposure Guideline Levels. Проведений розрахунок зони забруднення та рівнів концентрації під час дегазації резервуара об'ємом 5 000 м³. Результати відображені на рисунках 10 та 11. Наведені три зони на основі значення ГДК для бензину або ізооктану, що дорівнює 5 мг/м³. Ці зони пофарбовані трьома різними кольорами: червоним, помаранчевим та жовтим відповідно до зменшення рівня небезпеки. Текстова інформація на екрані програми свідчить про розміри визначених небезпечних зон: червоний: 1,2 км – 5 мг/м³; помаранчевий: 1,6 км – 3 мг/м³; жовтий: 2,9 км – 1 мг/м³.

На рисунку 10 зображена зона активного забруднення атмосферного повітря парами бензину. У випадку перебування населення у червоній зоні існує реальна небезпека гострих токсичних ефектів.

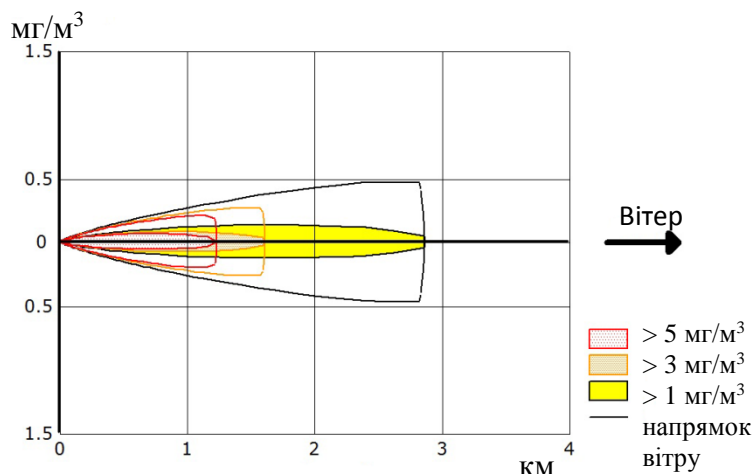


Рисунок 10 – Забруднення від парів бензину під час природної вентиляції резервуарів

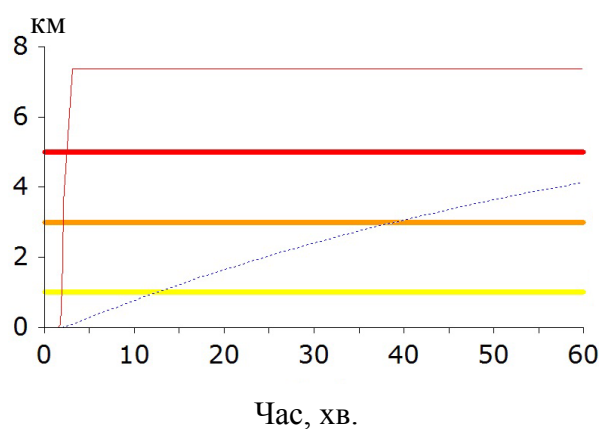


Рисунок 11 – Концентрація парів бензину на відстані 1 км у напрямку на південний захід

На рисунку 11 показана швидкість зміни концентрації парів бензину на відстані 1 км від місця розташування резервуара для зберігання цього нафтопродукту під час вентиляції без очищення пароповітряної суміші, що надходить до атмосферного повітря.

За допомогою програмного продукту ALOHA® оцінено також пожежонебезпечну зону та область вибуху парів бензину за природної вентиляції резервуарів. Розмір зони пожежної небезпеки становить 80 м, зона вибуху – 13 м.

Запропонована абсорбційно-конденсаційна технологія уловлювання легких фракцій вуглеводнів із пароповітряної суміші, що виділяється з резервуару в атмосферне повітря під час проведення примусової вентиляції з ежекторно-вихровим способом подання повітря, розроблена для реалізації природоохоронного заходу. Проект спрямований на зниження техногенного навантаження на довкілля за рахунок, по-перше, мінімізації вмісту нафтових вуглеводнів у викидах відповідно до нормативних вимог екологічної безпеки, по-друге, дотримання принципів раціонального природокористування, за рахунок використання вловлених нафтопродуктів як товарного продукту. Ефективність запропонованого заходу, спрямованого на підвищення екологічної безпеки, визначається як відношення одержаного позитивного результату від його впровадження до загальних витрат, необхідних для його реалізації.

Розмір відшкодування збитків за наднормативний викид забруднювальної речовини в атмосферне повітря розраховують на підставі розміру мінімальної заробітної плати, установлені на час виявлення порушення, помноженої на коефіцієнт 1,1, з урахуванням регулювальних коефіцієнтів і показника відносної небезпечності кожної забруднювальної речовини.

На підставі вхідних даних встановлено розмір відшкодування збитків Z_a , завданих атмосфері внаслідок наднормативних викидів парів бензину в атмосферне повітря від одного резервуара РВС-5000, що становить 1,904 тис. грн. Еколого-економічний ефект загальний від упровадження розробленої ресурсозбережної технології становить 2,112 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У дисертації, що є завершеною науково-дослідною працею, поставлено і вирішено актуальне науково-практичне завдання щодо підвищення рівня екологічної безпеки об'єктів НГК та інших комплексів зберігання нафтопродуктів шляхом розроблення та обґрунтування технічних рішень проведення передремонтної підготовки резервуарів для зберігання вуглеводнів.

1. На підставі вивчення техногенного впливу вибухопожежонебезпеки вогневих ремонтних робіт на резервуарах із залишками нафтопродуктів виявлено, що підготовка резервуарів до очищення, ремонту, реконструкції й демонтажу є екологічно небезпечною операцією. З метою зниження техногенного навантаження на довкілля необхідне удосконалення існуючих технологічних схем вентиляції резервуарів. Скорочення часу проведення вентилявання резервуара з одночасним уловлюванням парів нафтопродуктів дозволяє суттєво скоротити кількість викидів в атмосферне повітря згідно з вимогами нормативів екологічної безпеки.

2. Обґрунтовано принципову схему та конструктивне рішення побудови експериментального напівпромислового стенда, який дозволяє провести багатостороннє дослідження екологічної безпечності технологічного процесу підготовки резервуарів із залишками нафтопродуктів до вогневих робіт різноманітними методами їх примусової вентиляції. Розроблено методику проведення дослідів та оцінювання точності результатів вимірювання.

3. Запропоновано теоретико-методичні підходи до вирішення завдання розрахунку концентрацій викидів забруднюючих речовин із резервуарів з залишками нафтопродуктів, новий підхід до врахування у розрахунках седиментації та еволюції хмари забруднюючих частинок у полі тяжіння від цих резервуарів.

4. Експериментальними дослідженнями підтверджено встановлені теоретичні закономірності процесу вентиляції резервуарів із залишками нафтопродуктів; методику моделювання процесів вентиляції резервуарів із залишками однокомпонентних і багатокомпонентних рідин, а також процесів дегазації. Розроблено і застосовано принципово новий ежекторно-вихровий спосіб подання припливного повітря у внутрішній простір резервуара, який покращує результат провітрювання порівняно з існуючими методами за рахунок інтенсивного перемішування подаваного повітря з парами нафтопродуктів у резервуарі та скорочення часу проведення вентиляції.

5. Експериментально доведено, що під час моделювання процесів вентиляції резервуарів із залишками однокомпонентних і багатокомпонентних рідин припустиме використання однакових методик з урахуванням коефіцієнта ефективності при розрахунку швидкості випаровування. Визначено, що при ежекторно-вихровому способі подання повітря у внутрішній простір резервуара відносна швидкість в 2,4 рази вища, ніж при організації подання припливного повітря традиційним способом. При цьому частка випаровуваної рідини більша в 4 рази для води й дизпалива, у 2,52 рази – для бензинів, і в 6,3 рази – для толуолу за однакової витрати повітря.

6. Розроблено та теоретично обґрунтовано абсорбційно-конденсаційну технологію уловлювання парів нафтових вуглеводнів під час очищення викидів забруднюючих речовин після проведення процесу примусової вентиляції резервуарів, що дозволяє додержати нормативи шкідливого впливу на атмосферне повітря та отримати товарний продукт.

7. Оцінено зону активного забруднення при здійсненні примусової вентиляції з традиційним поданням повітря, використовуючи програмне забезпечення для моделювання дисперсії забруднюючих речовин. Установлено, що за такої схеми дегазації резервуара РВС-5000 1,5 тонни парів нафтопродуктів потрапляють в атмосферне повітря, створюючи зону гострого токсичного впливу розміром 1,2 км.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Гарбуз С. В. Повышение экологической безопасности принудительной вентиляции резервуаров хранения светлых нефтепродуктов. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 6 (4). С. 67–72.

2. Гарбуз С. В., Ковалёв А. А., Титаренко А. В. Оценка экологической опасности выбросов паров нефтепродуктов при эксплуатации резервуаров хранения светлых нефтепродуктов. *Вісник НТУ «ХП»*. 2015. № 52 (1161). С. 146–152.

Здобувач провів натурний експеримент з оцінювання концентрацій парів бензину і дизельного палива в приземному шарі атмосфери при «великому диханні» резервуара РВС-5000.

3. Гарбуз С. В., Удянський Н. Н. Экологическая опасность дегазации резервуаров хранения нефтепродуктов. *Комунальне господарство міст*. 2015. Вип. 124. С. 43–48.

Здобувач проаналізував ефективність застосування фільтруючих систем при дегазації резервуарів для підвищення екологічної безпеки процесу.

4. Ларин А. Н., Гарбуз С. В., Ковалёв А. А. К вопросу создания нового экологически безопасного процесса принудительной вентиляции резервуаров хранения светлых нефтепродуктов. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2015. № 10–11. С. 204–216.

Здобувач обґрунтував необхідність упровадження установок уловлювання парів вуглеводнів та умови їх ефективної експлуатації.

5. Гарбуз С. В. Системний підхід до зниження екологічної небезпеки вентиляції резервуарів з нафтопродуктами. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХП»: зб. наук. пр. Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси*. Харків: НТУ «ХП», 2016. № 7 (1179). С. 106–118.

6. Адаменко М. І., Гарбуз С. В. Інформаційна модель розповсюдження забруднення атмосфери викидами із резервуарів з залишками нафтопродуктів під час їх провітрювання. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХП»: зб. наук. пр. Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси*. Харків: НТУ «ХП», 2016. № 17 (1189). С. 115–121.

Здобувач надав комплекс математичних розрахунків для різних видів екологічного впливу об'єктів нафтогазового комплексу на атмосферу.

7. Роянов О. М., Гарбуз С. В. Визначення впливу характеристик резервуарів на інтенсивність випаровування світлих нафтопродуктів під час проведення в них примусової вентиляції. *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков: Национальный университет гражданской защиты Украины, 2017. Вып. 42. С. 110–114.

Здобувач оцінив вплив геометричних характеристик отворів для проведення примусової вентиляції в резервуарах на інтенсивність випаровування залишків світлих нафтопродуктів.

8. Гарбуз С. В., Ковалёв А. А. Разработка новой технологии дегазации резервуаров хранения светлых нефтепродуктов. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences Budapest*. 2015. № III (8), (73). С. 98–102.

Здобувач розробив експериментальний стенд геометрично подібного промислового резервуара РВС-5000, який дозволив оцінити екологічну небезпеку процесу примусової вентиляції.

9. Khalmuradov B. D., Harbuz S. V., Ablieieva I. Y. Analysis of the technogenic load on the environment during forced ventilation of tanks. *Technology audit and production reserves*. 2018. № 1/3(39). P. 45–52.

Здобувач оцінив зниження техногенного навантаження на атмосферне повітря за рахунок упровадження ежекторно-вихрового способу подання повітря під час примусової вентиляції резервуарів.

Наукові праці, які свідчать про апробацію матеріалів дисертації

10. Гарбуз С. В., Рудаков С. В. Значение критической напряженности электростатического поля при очистке резервуаров от остатков нефтепродуктов. *Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы»*. Минск: КИИ, 2014. С. 26–27.

11. Удянский М. М., Гарбуз С. В. Параметры электризации паровоздушного пространства внутри резервуара. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Забезпечення пожежної та техногенної безпеки»*. Харків: НУЦЗУ, 2014. С. 67–68.

12. Гарбуз С. В. Применение криогенного бластинга при очистке внутренних поверхностей резервуаров хранения. *Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2015»*. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2015. С. 124–126.

13. Гарбуз С. В., Удянский М. М., Ковальов О. О. Обладнання та методи рекуператії вуглеводневих парів. *Тези доповідей 12-го міжнародного симпозиуму українських інженерів-механіків у Львові*. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2015. С. 67–68.

14. Удянский М. М., Гарбуз С. В. Оценка выбросов паров нефтепродуктов из дыхательных систем резервуаров хранения светлых нефтепродуктов. *Материалы VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций»*.

Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2015. С. 206–211.

15. Гарбуз С. В., Ковальов О. О. Опасность выбросов паров нефтепродуктов из резервуаров. *Материалы Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации»*. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. С. 279–280.

16. Гарбуз С. В. Забруднення атмосфери залишками нафтопродуктів під час дегазації резервуарів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки»*. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. С. 124–128.

17. Гарбуз С. В. Метод рекуперації вуглеводневих парів. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту»*. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. С. 26.

18. Гарбуз С. В. Моделирование процесса эжекции. *Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы»*. Кокшетау: РГУ «КТИ КЧС МВД Республики Казахстан», 2017. С. 67–70.

19. Халмурадов Б. Д., Гарбуз С. В. Розрахунок можливих екологічно-шкідливих викидів в атмосферу із резервуарів з залишками нафтопродуктів. *Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Авіа-2017»*. Київ: Національний авіаційний університет, 2017. С. 7.87–7.93.

20. Гарбуз С. В., Халмурадов Б. Д. Резервуар як джерело забруднювання атмосфери. *Матеріали 19-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку»*. Київ: ІДУЦЗ, 2017. С. 91–92.

21. Гарбуз С. В. Процес прискорення видалення горючих парів і газів з резервуарів зберігання нафтопродуктів. *Збірник наукових праць XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності»*. Львів: ЛДУ БЖД, 2017. С. 194–195.

22. Гарбуз С. В., Ликов О. М. Дослідження техногенної та екологічної безпеки процесу рекуперації нафтопродуктів. *Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист»*. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2017. С. 149–151.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

23. Пат. 111870 Україна, МПК (2006.01) B08B 9/08, B08B 9/34. Спосіб дегазації наземних резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів / Ларін О. М., Удянський М. М., Гарбуз С. В., Ковальов О. О. та ін. ; заявник та патентовласник Національний університет Цивільного захисту України. – № u2016 04943 ; заявл. 04.05.2016 ; опубл. 25.11.2016, Бюл. № 22. – 4 с.

Здобувач розробив спосіб дегазації резервуарів на підставі ежекторно-вихрового методу примусової вентиляції резервуарів.

АНОТАЦІЯ

Гарбуз С. В. Підвищення екологічної безпеки процесу вентиляції резервуарів з нафтопродуктами. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Сумський державний університет, Суми, 2018. Спеціалізована вчена рада Д 55.051.04.

Дисертація присвячена підвищенню рівня екологічної безпеки за рахунок розроблення технології примусової вентиляції резервуарів для зберігання нафтопродуктів, що реалізується інноваційним ежекторно-вихровим способом подання повітря, та абсорбційно-конденсаційної технології уловлення парів летких вуглеводнів, що забезпечує додержання нормативів шкідливого впливу на атмосферне повітря й одержання додаткового еколого-економічного ефекту шляхом використання їх як товарної продукції.

Розроблений екологічно безпечний спосіб дегазації наземних резервуарів для зберігання світлих нафтопродуктів, що дозволяє знизити рівень техногенного навантаження за рахунок скорочення тривалості вентиляції, концентрації вуглеводнів та очищення пароповітряної суміші, що викидається в атмосферне повітря, відповідно до нормативних вимог екологічної безпеки.

Обґрунтована методика моделювання процесів вентиляції резервуарів із залишками однокомпонентних і багатокомпонентних рідин, а також процесів дегазації. Проведене математичне моделювання ежекції, яке ґрунтується на законі збереження імпульсу, що дозволяє визначити втрати напору та задавати початкову швидкість потоку повітря, яке подається у внутрішній простір резервуара. На підставі розробленої інформаційної моделі поширення забруднення атмосфери викидами з резервуарів із залишками нафтопродуктів спрогнозовані та оцінені межі поширення екологічної кризової ситуації у довкіллі.

На підставі теоретичного й експериментального дослідження підтверджені закономірності процесу вентиляції резервуара із залишками світлих нафтопродуктів. За допомогою програмного продукту ALOHA® оцінені токсична зона, пожежонебезпечна зона та область вибуху парів бензину при природній вентиляції резервуарів. Розмір зони гострого токсичного впливу на населення, що досягає 1,2 км, розраховували для заданих початкових умов, зона пожежної небезпеки становить 80 м, зона вибуху не перевищує 13 м.

Аналізуючи одержані дані, стає очевидним, що запропонований спосіб вентиляції резервуарів з ежекторним поданням повітря є екологічно безпечним та доцільним. Індекс забруднення атмосфери за умови вентиляції з традиційним поданням повітря, що становить 1,6, не відповідає екологічним нормативам техногенного навантаження на довкілля.

Ключові слова: екологічна безпека, вентиляція резервуарів, вибухопожежонебезпека, ежекторно-вихрове подання повітря, абсорбційно-конденсаційна технологія, техногенне навантаження.

АННОТАЦИЯ

Гарбуз С. В. Повышение экологической безопасности процесса вентиляции резервуаров с нефтепродуктами. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Сумский государственный университет, Сумы, 2018. Специализированный ученый совет Д 55.051.04.

Диссертация посвящена повышению уровня экологической безопасности за счет разработки технологии принудительной вентиляции резервуаров для хранения нефтепродуктов, реализуемой инновационным эжекторно-вихревым способом подачи воздуха, и абсорбционно-конденсационной технологии улавливания паров летучих углеводородов, обеспечивающей соблюдение нормативов вредного воздействия на атмосферный воздух, и получения дополнительного эколого-экономического эффекта путем использования их в качестве товарной продукции.

Разработан экологически безопасный способ дегазации наземных резервуаров для хранения светлых нефтепродуктов, что позволяет снизить уровень техногенной нагрузки за счет сокращения продолжительности вентиляции, концентрации углеводородов и очистки паровоздушной смеси, выбрасываемой в атмосферу, в соответствии с нормативными требованиями экологической безопасности.

Обоснована методика моделирования процессов вентиляции резервуаров с остатками однокомпонентных и многокомпонентных жидкостей, а также процессов дегазации. Проведено математическое моделирование эжекции, основанное на законе сохранения импульса, позволяющее определять потери напора и задавать начальную скорость потока воздуха. На основе разработанной информационной модели распространения загрязнения атмосферы выбросами из резервуаров с остатками нефтепродуктов спрогнозированы и оценены границы распространения экологической кризисной ситуации в окружающей среде.

На основании теоретического и экспериментального исследования подтверждены закономерности процесса вентиляции резервуара с остатками светлых нефтепродуктов. С помощью программного продукта ALOHA® оценены токсическая зона, пожароопасная зона и область взрыва паров бензина при естественной вентиляции резервуаров. Размер зоны острого токсического воздействия на население, достигает 1,2 км, рассчитывался для заданных начальных условий, зона пожарной опасности составляет 80 м, зона взрыва не превышает 13 м.

Исходя из анализа полученных данных, становится очевидным, что предложенный способ вентиляции резервуаров с эжекторной подачей воздуха является экологически безопасным и целесообразным. Индекс загрязнения атмосферы при условии вентиляции с традиционной подачей воздуха, составляющий 1,6, не соответствует экологическим нормативам техногенной нагрузки на окружающую среду.

Ключевые слова: экологическая безопасность, вентиляция резервуаров, взрывопожароопасность, эжекторно-вихревая подача воздуха, абсорбционно-конденсационная технология, техногенная нагрузка.

SUMMARY

Garbuz S. V. Increase of ecological safety of ventilation process of tanks with oil products. – Qualifying scientific work on the manuscript right.

Thesis for the academic degree of the Candidate of Engineering Science in specialty 21.06.01 – ecological safety. – Sumy State University, Sumy, 2018. Specialized Academic Council D 55.051.04.

The thesis is devoted to raising the level of environmental safety by developing the technology of forced ventilation of tanks for the storage of petroleum products, implemented by an innovative ejector-vortex air supply method, and an absorption-condensation technology for trapping volatile hydrocarbon vapor that ensures compliance with harmful air exposure standards and obtaining an additional environmental economic effect by using them as a commodity product.

An environmentally safe method for degassing land tanks for storing light oil products has been developed, which makes it possible to reduce the level of man-made load by reducing the duration of ventilation, concentration of hydrocarbons and purification of the air-steam mixture emitted into the atmosphere in accordance with the regulatory requirements of environmental safety.

The substantiated technique of modeling of processes of ventilation of tanks with the remains of one-component and multicomponent liquids, and also processes of degassing. The mathematical modeling of ejection based on the law of conservation of momentum allows to determine the pressure losses and set the initial velocity of air flow to the internal space of the reservoir. Based on the developed information model for the spread of atmospheric pollution by emissions from reservoirs with oil residues, the boundaries of the spread of the environmental crisis in the environment have been predicted and estimated.

On the basis of theoretical and experimental research, the regularities of the process of ventilation of a reservoir with residues of light oil products were confirmed. The process of ventilation of a reservoir with hydrocarbon liquids consists of three periods: the first period is unstable, the second period is stationary, the third period is degassing.

With the help of software product ALOHA®, the toxic zone, the fire hazard zone and the gasoline vapor explosion area were estimated with natural ventilation of the tanks. The size of the zone of acute toxic effects on the population reaches 1.2 km, was calculated for the given initial conditions, the fire danger zone is 80 m, the explosion zone does not exceed 13 m.

Based on the analysis of the obtained data, it becomes evident that the proposed method of venting tanks with ejector air supply is environmentally safe and expedient. The index of air pollution, provided ventilation with a traditional air supply is 1.6, does not comply with environmental standards of man-made environmental impact.

Key words: ecological safety, reservoir ventilation, explosion and fire hazard, ejector and vortex air supply, absorb and condensation technology, technological impact.

Підписано до друку 21.05.2018.

Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач

Сумський державний університет,

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.