

502.3 (043)  
Б83

Міністерство освіти і науки України  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу



**БОРТНЯК ОЛЕНА МИХАЙЛІВНА**

502.3+502.174+504.61(043)

УДК 502.3:504.5:662.6/.7, 502.174:662.767

Б83

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ОБ'ЄКТАХ  
НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

21.06.01 – Екологічна безпека

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.



**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент  
**Шкільний Микола Петрович**,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, доцент кафедри безпеки життєдіяльності.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор **Касімов Олександр Меджитович**,  
ДП “Український науково-технічний центр металургійної промисловості “Енергосталь”, головний науковий співробітник (м. Харків);

кандидат технічних наук, доцент **Зеленько Юлія Володимирівна**,  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,  
доцент кафедри хімії та інженерної екології (м. Дніпропетровськ).

Захист дисертації відбудеться « 05 » грудня 2013 р. о 14<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою:  
76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою:  
76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий «02» листопада 2013 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05  
к.геол.н., доцент

В.Р. Хомин



an2426

## АЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** В сучасних достатньо складних для економіки України умовах, що склалися ще під час переходу нашої держави до статусу незалежних, все більш гостро постають питання економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та зменшення неодмінно пов'язаного з їх використанням техногенного навантаження на навколишнє середовище. Переважна орієнтація промислового виробництва України на використання природного газу стала наслідком того, що сьогодні за рівнем споживання блакитного палива наша країна посідає четверте місце у світі, поступаючись тільки США, Росії та Великобританії. Ефективність використання енергетичних ресурсів вітчизняними підприємствами, не дивлячись на певні тенденції її зростання, що намітились протягом останніх років, все ще залишається досить низькою. Енерговитрати на одиницю валового внутрішнього продукту у декілька разів перевищують аналогічні показники країн Західної Європи. Отже, енергозбереження, яке в умовах дефіциту власних паливно-енергетичних ресурсів є фактично непрямым потужним джерелом їх постачання та одним з найбільш ефективних заходів охорони довкілля, не тільки актуальне, але й вкрай необхідне.

Нафтогазова промисловість України окрім високої енергоємності характеризується ще й суттєвим негативним впливом на екологічний стан практично усіх компонентів навколишнього середовища, одним з яких є атмосферне повітря. Найбільшу небезпеку створюють джерела забруднення атмосфери, пов'язані з процесами згоряння органічного палива. Значна частина підприємств нафтогазової промисловості в межах виробничих процесів передбачає спалювання некондиційних газів у технологічних факельних установках, неналежна організація якого призводить до забруднення атмосферного повітря токсичними продуктами неповного згоряння, концентрація яких досить часто перевищує гранично допустимі рівні. Внаслідок спалювання газів на факельних установках втрачаються значні обсяги вуглеводневої сировини. Таким чином, на сьогодні, існує гостра необхідність у розв'язанні науково-прикладного завдання розроблення та впровадження екологічно чистих енергоощадних технологій використання скидного енергетичного ресурсу виробничих процесів підприємств НГК України, реалізація якого дозволить надійно підвищити рівень енергетичної та екологічної безпеки країни.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась відповідно до положень “Енергетичної стратегії України на період до 2030 року”, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України №145-р від 15.03.2006 р.; “Державної цільової економічної програми енергоефективності на 2010-2015 роки”, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України №243 від 01.03.2010 р.; згідно з планами науково-дослідної роботи (НДР) НДІНГТ Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу в межах виконання господарсько-договірних тематик: №501/04 “Контроль нормативів гранично допустимих викидів в атмосферу промисловими майданчиками підприємства ДАТ “Укрспецтрансгаз”, №530/06 “Аналіз забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами промисловим майданчиком НПС “Долина” та держбюджетної НДР “Вдосконалення технологічних процесів транспортування, зберігання та розподілу нафти, нафтопродуктів і газу”.

an 2426 - an 2426

**Мета і задачі досліджень.** Метою досліджень є розробка та реалізація науково-технічних рішень, спрямованих на заощадження енергетичних ресурсів та зниження рівня аеротехногенного забруднення навколишнього середовища викидами промислових підприємств нафтогазового комплексу.

Поставлена мета реалізується через вирішення таких завдань:

- аналіз процесів утворення токсичних речовин за умов згорання газоподібних вуглеводнів на факельних установках і в двигунах газомотокомпресорів та розсіювання їх викидів в приземному шарі атмосферного повітря;

- встановлення закономірностей турбулентної дифузії димових газів у просторі і часі в процесі поширення хмари викиду;

- виявлення закономірностей формування просторово-часового поля техногенного забруднення атмосфери з урахуванням особливостей ведення виробничих процесів та властивостей шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств нафтогазового комплексу на основі реалізації розробленої математичної моделі розсіювання димових газів;

- розроблення енергоощадної технології раціонального використання некондиційних вуглеводневих сумішей, що спалюються на факельних установках, в паливній системі газоперекачувальних агрегатів з можливістю застосування методів нейтралізації та зниження емісії токсичних речовин вихлопних газів.

**Об'єктом досліджень** є процеси розповсюдження димових газів в атмосферному повітрі районів розташування виробничих об'єктів підприємств нафтогазового комплексу України.

**Предметом досліджень** є мінімізація викидів димових газів в атмосферне повітря районів розташування промислових підприємств нафтогазового комплексу України.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої в роботі мети були використані такі методи наукових досліджень: фізичне моделювання – для вивчення процесів дифузії в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у продуктах згорання вуглеводневих палив; математичне моделювання – для встановлення аналітичних залежностей розподілу концентрацій та моделі розсіювання в атмосферному повітрі димових газів шляхом стохастичного інтегрального числення та застосування теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних; методи статистичного аналізу – для обробки результатів експериментальних досліджень, а також вимірювання (інструментальні дослідження) – для обґрунтування достовірності розрахункових параметрів розсіювання викидів та доцільності використання шумопоглинаючих пристроїв у системі вихлопного тракту газоперекачувальних агрегатів в якості нейтралізатора токсичних компонентів вихлопних газів.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі в результаті проведення експериментальних та теоретичних досліджень:

- знайшли подальший розвиток дослідження дифузії домішок в атмосферному повітрі та вперше встановлені закономірності турбулентного змішування димових газів в потоці повітряного середовища;

- вперше виявлений закономірний взаємозв'язок між коефіцієнтами просторової дифузії димових газів, що дало змогу встановити характер їх

розповсюдження у просторі на основі параметрів лінійної дифузії, а також експериментально встановлені функціональні залежності коефіцієнтів турбулентної дифузії димових газів в атмосфері від вітрової активності повітряного середовища;

- знайшло подальший розвиток моделювання аеротехногенного забруднення довкілля, шляхом створення нової стохастичної моделі розповсюдження в атмосферному повітрі димових газів від стаціонарних джерел викиду, яка дозволяє точно описати процес дифузії домішок та врахувати їх фізичні властивості;

- вперше виявлені процеси протікання на внутрішній поверхні глушників гетерогенно-каталітичного відновлення оксидів азоту оксидом вуглецю, що містяться у викидах газомотокомпресорів, які призводять до їх нейтралізації та зниження токсичності вихлопу.

**Практична цінність отриманих результатів** полягає у можливості використання результатів експериментальних та теоретичних досліджень дисертаційної роботи не тільки для умов експлуатації факельних установок, а й для інших стаціонарних точкових джерел викиду димових газів. Розроблені математичні моделі для визначення коефіцієнтів просторової турбулентної дифузії димових газів дозволяють встановити числові значення даних параметрів для різних метеорологічних умов і реалізувати їх у програмному забезпеченні. Побудована стохастична модель розповсюдження шкідливих домішок в атмосферному повітрі дає змогу з достатньою точністю оцінити масштаби забруднення атмосфери викидами підприємств нафтогазової галузі України. Розроблена технологія утилізації некондиційних низьконапірних вуглеводневих сумішей, що спалюються на факельних пристроях, з подальшим їх використанням в якості котельно-пічного палива або для приводу поршневих компресорів, дозволяє значно знизити негативний вплив джерел викиду димових газів на навколишнє середовище і отримати економічний ефект від реалізації утилізованої вторинної сировини. Запропонована технологія буде використана під час проведення реконструкції ремонтно-випробувального комплексу ПАТ “Укрспецтранс”. Обґрунтована доцільність використання глушників у вихлопному тракті газомотокомпресорів, як засіб ефективної нейтралізації токсичних компонентів у викидах даних агрегатів.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. В опублікованих у співавторстві роботах автору належать: оцінка сучасного стану аеротехногенного забруднення довкілля викидами технологічних установок промислових підприємств нафтогазового комплексу України [1, 2]; безпосередня участь у проведенні експериментальних досліджень на усіх етапах організації від постановки завдання до аналізу і узагальнення отриманих результатів [3, 4, 5]; виявлення закономірностей протікання гетерогенно-каталітичного відновлення оксидів азоту на внутрішніх поверхнях глушників поршневих газоперекачувальних агрегатів [3]; встановлення математичних залежностей для визначення коефіцієнтів турбулентної дифузії [4, 5]; розроблення стохастичної моделі розсіювання димових газів в атмосферному повітрі [5, 6, 7]; розроблення технології раціонального використання некондиційних вуглеводневих сумішей, що спалюються на факельних установках [2, 8, 9].

**Апробація результатів дисертації.** Основні наукові положення, викладені у дисертації і результати проведених досліджень доповідалися та обговорювалися на

наукових конференціях, засіданнях кафедри та наукових семінарах: Міжнародній науково-технічній конференції “Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці” “ІФНТУНГ-40” (м. Івано-Франківськ, 2007 р.); Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених “Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії” (м. Івано-Франківськ, 2008 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи” (м. Івано-Франківськ, 2009 р.); V Міжнародній навчально-науково-практичній конференції «Трубопровідний транспорт-2009» (м. Уфа, 2009); VI Міжнародній навчально-науково-практичній конференції «Трубопровідний транспорт-2010» (м. Уфа, 2010); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Шляхи підвищення ефективної експлуатації трубопровідного транспорту нафти і газу та підготовка кадрів галузі”(м. Івано-Франківськ, 2010 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Нафтогазова енергетика - 2011” (м. Івано-Франківськ, 2011 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів “Безпека об’єктів нафтогазового комплексу” (м. Івано-Франківськ, 2011 р.).

У повному обсязі результати досліджень доповідались на засіданнях кафедри безпеки життєдіяльності ІФНТУНГ та науковому семінарі за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека зазначеного університету.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 9 наукових праць, а саме 5 статей у фахових науково-технічних виданнях та 4 тези доповідей у збірниках матеріалів науково-технічних конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота викладена на 187 сторінках друкованого тексту, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, 38 рисунків, 18 таблиць, переліку використаної літератури зі 131 найменування та 4 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі аргументована актуальність теми дисертаційної роботи та вибраних напрямків досліджень, сформульована мета і основні задачі її реалізації, висвітлено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, наведені відомості щодо апробації результатів та структури дисертаційної роботи.

У першому розділі наведено характеристику сучасного стану проблеми забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств нафтогазового комплексу (НГК) України, а також аналіз літературних джерел з питань дифузії шкідливих домішок в атмосфері та останніх досягнень в області розроблення оптимальних стратегій і впровадження ефективних природоохоронних заходів, спрямованих на зниження рівня техногенного навантаження на довкілля та заощадження енергетичних ресурсів.

Досліджені процеси утворення токсичних речовин за умов згорання газоподібних вуглеводнів на факельних установках та в двигунах газомотокомпресорів, розглянуті можливі заходи щодо зниження їх емісії. Проведений аналіз розповсюдження димових газів в приземному шарі атмосферного повітря. Показано важливу роль прогнозування та контролю аеротехногенного забруднення у підвищенні рівня екологічної безпеки країни. Розглянуті теоретичні

основи та останні наукові напрацювання з питань дифузії шкідливих домішок в атмосферному повітрі. Обґрунтована необхідність у проведенні подальших досліджень у даному напрямку.

Наукові засади розсіювання домішок в атмосфері були закладені ще в першій половині двадцятого століття такими вченими як Г. Тейлор, В. Шмідт, О. Робертс, О. Сеттон, Т. Гілберт, Ц. Міллер та ін. Особливий внесок в розвиток наукових досліджень даного спрямування був зроблений співробітниками Головної геофізичної обсерваторії (ГГО) ім. Воєйкова М.Є. Берляндом, А.Н. Колмогоровим, Н.Л. Бизовою, Д.Л. Лайхтманом, А.М. Обуховим та ін. Подальші дослідження атмосферної дифузії викладені в роботах І.Я. Сигала, М.М. Беляєва, С.Н. Степаненко, В.Г. Волошина, Д.Ф.Тимківа, Я.М. Семчука, Л.Д. Пляцук, В.М. Шмандія, А.В. Яцишина та їх численних учнів.

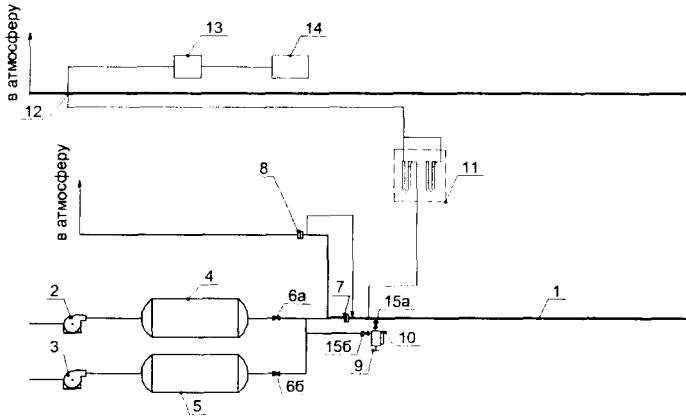
Аналіз закордонних методик та моделей розсіювання викидів промислових джерел дає можливість зробити висновок щодо їх вузького спрямування, тобто можливості використання для вирішення спеціалізованого класу задач. Існуючі на сьогоднішній день в Україні програмні продукти розрахунку розсіювання шкідливих речовин в приземному шарі атмосферного повітря, погоджені Міністерством охорони навколишнього природного середовища України, зокрема такі системи як ЕОЛ та їх модифікації, побудовані на основі методики ОНД-86, мають суттєві обмеження, реалізуються у вигляді складних програмних комплексів, які вимагають висококваліфікованих спеціалістів і потребують суттєвих затрат часу для розрахунку навіть одного варіанту. Отже, проблеми моделювання розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі залишаються достатньо актуальними.

Розглянуті основні тенденції у напрямку зниження техногенного навантаження об'єктів нафтогазової промисловості на навколишнє середовище за одночасної економії вуглеводневих енергоносіїв. Аргументована необхідність розроблення і впровадження екологічно чистих енергозберігаючих технологій адаптованих до умов виробничих об'єктів НГК. Аналіз експлуатації вітчизняних підприємств НГК доводить, що внаслідок недосконалості технологічних процесів на факельних установках виробничих об'єктів безповоротно втрачається значна кількість вуглеводневого палива. Отже, в системі факельних господарств наявний величезний потенціал енергозбереження, реалізація якого дозволить шляхом зменшення обсягів спалювання вуглеводневої сировини заощадити енергетичний ресурс та знизити навантаження на навколишнє середовище і тим самим підвищити економічну, екологічну та енергетичну безпеку країни. Виходячи із сучасного стану проблеми, сформульовано основні задачі дослідження дисертаційної роботи.

**Другий розділ** присвячений експериментальним та теоретичним дослідженням турбулентного змішування димових газів з метою виявлення основних чинників і ступеня їх впливу на процеси дисипації газів в середовищі атмосферного повітря та встановлення величини коефіцієнтів лінійної дифузії.

Дослідження розподілу концентрації димових газів вздовж зони утвореної суміші проводилися на лабораторному стенді (див. рисунок 1). З метою максимального наближення експерименту до умов емісії продуктів згоряння з джерела викиду в навколишнє середовище, в якості "робочих" речовин були вибрані атмосферне повітря та димові гази, утворені в результаті спалювання вуглеводневої сировини в двигунах

газомотокомпресорів. Склад вихлопного газу визначався на основі лабораторного аналізу за допомогою хроматографа “Кристалюкс - 4000М”.



- 1 – трубопровід; 2,3 – компресор; 4, 5 – ресивер; 6, 15 а, б – крани; 7, 8 – дросельна шайба; 9 – тарована ємність для впорскування трасера; 10 – секундомір; 11 – диференціальний манометр; 12 – зонд (точка заміру); 13 – прилад для вимірювання концентрації testo-350; 14 – персональний комп'ютер (контролер шини даних Testo)

Рисунок 1 – Схема експериментальної установки

Експериментальна установка складалась з трубопроводу довжиною 38,6 м і умовним діаметром 300 мм, вузлів подачі та регулювання режимів потоку, вузла контролю і запису параметрів змішування газів. Контроль режиму руху, вимірювання температури та концентрації токсичних речовин проводився газоаналізатором testo-350 фірми “Testo” (ФРН).

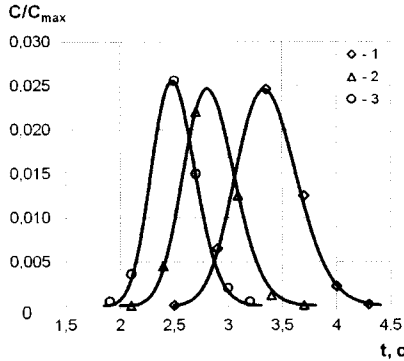
Експериментальні дослідження турбулентного змішування газів проводилися під час руху трасера (димових газів) в повітряному потоці, режим якого змінювався в межах середніх швидкостей від 1 до 15 м/с. Максимальна величина середньоквадратичного відхилення під час проведення дослідів в лабораторних умовах склала 3,5 %.

В результаті експериментальних досліджень встановлений розподіл концентрації трасера в потоці повітряного середовища за умов різних режимів руху в діапазоні чисел Рейнольдса від  $0,27 \cdot 10^5$  до  $3,81 \cdot 10^5$ . На рисунку 2 наведена графічна інтерпретація отриманих результатів для умов руху робочого середовища з швидкостями 11,5; 13,7 та 15,5 м/с.

Криві розподілу концентрації виявилися симетричними відносно максимальної величини, що може бути пояснено близькими за значенням коефіцієнтами кінематичної в'язкості досліджуваних газів ( $\nu_n/\nu_{n,г} = 1,06$ ). В роботах Нечвала М.В., Новосьолова В.Ф. та Яблонського В.С., присвячених питанням змішування газів у разі їх послідовного перекачування, зазначено, що розподіл концентрацій вздовж



зони суміші є асиметричним відносно максимуму, що справедливо тільки для газів, кінематичні в'язкості яких суттєво відрізняються.



1 – швидкість потоку 11,5 м/с; 2 – швидкість потоку 13,7 м/с; 3 – швидкість потоку 15,5 м/с

Рисунок 2 – Розподіл концентрації димових газів в потоці повітряного середовища

Визначення величини ефективного коефіцієнта турбулентної дифузії за умов різних режимів руху потоку повітряного середовища в діапазоні середніх швидкостей від 1 до 15 м/с проводилося з використанням формули Тейлора

$$k = \zeta r w \sqrt{\frac{\lambda}{8}}, \quad (1)$$

де  $r$  – радіус труби, м;  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного опору;  $w$  – середня швидкість потоку, м/с;  $\zeta$  – експериментально встановлений коефіцієнт, що враховує інтенсивність змішування речовин.

Значення параметра  $k$ , в ході проведення експериментальних досліджень, змінювалося в залежності від режиму руху газів в межах від 0,0919 до 1,128 м<sup>2</sup>/с. В даному випадку коефіцієнт  $\zeta$  у формулі (1) був прийнятим відповідно до теорії Тейлора рівним 10,6.

Проведені дослідження турбулентного змішування газів мали на меті не виведення нової формули для встановлення ефективного коефіцієнта турбулентної дифузії, а знаходження його величини на основі використання існуючих залежностей, апіорі оцінивши можливість їх застосування для заданих умов, шляхом співставлення аналітичних кривих розподілу концентрації речовин в часі та отриманих експериментальних даних. Аналітична модель розподілу концентрації газу вздовж зони суміші була отримана на основі рішення спрощеного диференціального рівняння турбулентної дифузії. Розподіл концентрації під час турбулентного змішування газів, якщо початкове сумішоутворення в момент ін'єкції трасера прийняти у вигляді прямокутного імпульсу шириною  $2l$  і висотою  $h$ ,

апроксимований розв'язком рівняння турбулентної дифузії, для практичного використання зручно навести у безрозмірному вигляді

$$C(\tau, \varphi) = \frac{h}{2} \left[ \operatorname{erf} \left( \sqrt{\frac{Pe}{4\tau}} (\varphi - \tau + \beta) \right) + \operatorname{erf} \left( \sqrt{\frac{Pe}{4\tau}} (\tau - \varphi + \beta) \right) \right], \quad (2)$$

$$\tau = \frac{wt}{L}; \quad Pe = \frac{wL}{k}; \quad \beta = \frac{2l}{L}; \quad \varphi = \frac{x}{L}; \quad h = C_0 = 1,$$

де  $\tau$  – безрозмірний параметр часу;  $\varphi$  – безрозмірний параметр довжини;  $Pe$  – дифузійний параметр Пекле;  $\beta$  – безрозмірний параметр ін'єкції трасера,  $x$  – віддаль від початку трубопроводу до перерізу, в якому визначається концентрація в даний момент часу  $t$ , м;  $L$  – довжина трубопроводу, м;  $k$  – ефективний коефіцієнт дифузії, м<sup>2</sup>/с;  $w$  – середня швидкість потоку, м/с.

Апроксимація експериментальних кривих (див. рисунок 3) розрахунковими залежностями відповідно до рівняння (2) дала змогу з точністю до 1 % визначити числове значення коефіцієнта  $\xi$  у формулі (1) для випадку турбулентного змішування газів, який змінювався в діапазоні від 18,4 до 23,2, що в середньому становить 20,8 і в 1,96 рази є більшим ніж це впливає з теорії Тейлора.

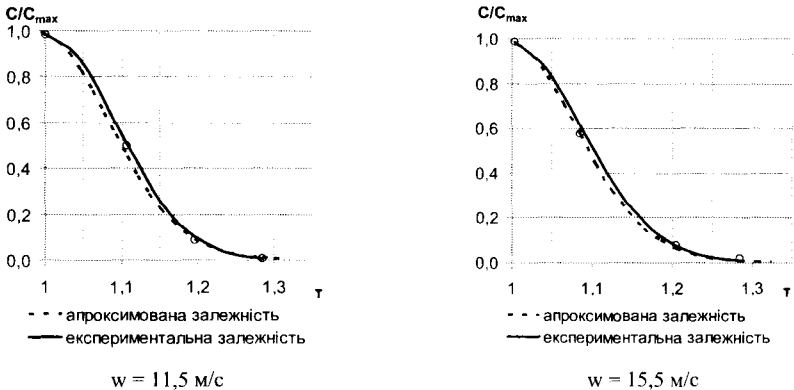


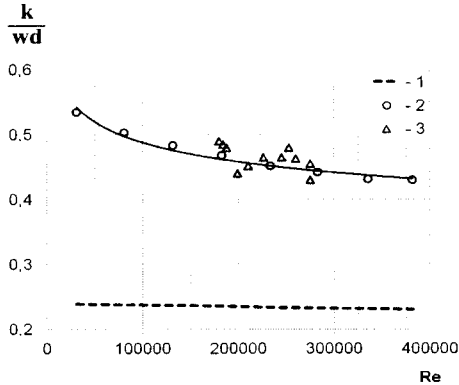
Рисунок 3 – Графічні залежності розподілу концентрацій димових газів (оксидів азоту) в потоці повітряного середовища

Встановлений результат достатньо добре узгоджується з даними Девідсона, отриманими під час дослідження руху трасера (водню) в потоці заводського газу з числами Рейнольдса  $(1,68 - 2,70) \cdot 10^5$ , діапазон яких знаходиться в межах чисел Рейнольдса експериментальних досліджень (див. рисунок 4).

Інтерпретація залежності величини коефіцієнта змішування газів, отриманої на основі суміщення експериментальних та аналітичних моделей розподілу концентрацій, від швидкості потоку з достатньо високою величиною коефіцієнта достовірності апроксимації може бути описана лінійною залежністю, що свідчить про можливість використання для визначення коефіцієнта дифузії газоподібних

речовин формули Тейлора, з внесням поправки у величину емпіричного коефіцієнта  $\xi$ .

Таким чином, отриманий частковий розв'язок дифузійного диференціального рівняння (2) з достатньою точністю апроксимує експериментальні залежності розподілу концентрації у випадку турбулентного змішування газів, під час руху трасера в потоці газу іншого сорту, кінематичні в'язкості яких однакові чи відрізняються не суттєво.



1 – за даними Тейлора; 2 – за даними досліджень; 3 – за даними Девідсона

Рисунок 4 – Залежність ефективного коефіцієнта турбулентної дифузії від числа Рейнольдса для рідин і газів

Умови проведення експериментальних досліджень були максимально наближеними до процесів, що відбуваються під час емісії продуктів згорання газоподібних вуглеводнів в приземному шарі атмосферного повітря з врахуванням різних за величиною швидкостей вітру, що можуть мати місце в районі розташування джерела викиду.

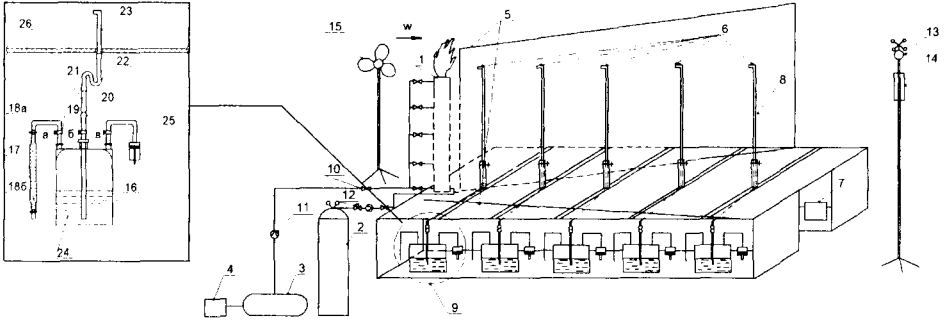
**Третій розділ** присвячений визначенню закономірностей впливу метеорологічних умов та властивостей шкідливих речовин, що містяться у викидах промислових підприємств на характер їх розповсюдження в атмосферному повітрі.

Використовуючи принципи методу моделювання фізичних явищ з метою встановлення закономірностей дисипації димових газів та визначення просторово-часового поля їх концентрацій, експериментальні дослідження проводилися в умовах лабораторії на моделі факельної установки, виконаної у зменшеному вигляді з коефіцієнтом лінійної масштабності  $k_f = 100$ . Відповідність експериментального стенду натурному зразку була доведена на основі виконання умов однозначності явищ та рівностей на моделі і в натурі критеріїв гомохронності Фур'є і Струхала, які відображають сутність дифузійних процесів.

Основою лабораторного стенду (див. рисунок 5) є модель факельної установки, виготовлена зі сталевих труб висотою 0,35 м і діаметром  $8 \cdot 10^{-3}$  м.

В якості робочого газу використана некондиційна суміш вуглеводнів, що спалюються на факельних установках промислових об'єктів. Склад газу визначався за допомогою портативного аналізатора RIKEN KEIKI (Японія).

Відбір проб здійснювався за допомогою універсального пробовідбірника, аналіз – хроматографом “Кристаллюкс-4000М”.



1 – факельний пристрій; 2 – балон з газом; 3 – ресивер; 4 – компресор; 5 – пластини з термостійкої сталі; 6 – термопари; 7 – вторинний вимірювальний прилад; 8, 23 – забірний зонд; 9 – універсальний пробовідбірник; 10 – крани; 11 – витратомір; 12 – редуктор; 13 – анемометр; 14 – психрометр; 15 – вентилятор; 16 – газометр; 17 – газова піпетка; 18 – прохідні крани; 19 – крани газометра; 20 – конденсатозбірник; 21 – забірна трубка; 22 – гумовий шланг; 24 – соляний розчин; 25 – прокачувальний пристрій; 26 – стіл

Рисунок 5 – Схема лабораторної установки

За результатами експериментальних досліджень були встановлені співвідношення між коефіцієнтами вертикальної  $D_z$ , поздовжньої  $D_x$  та горизонтальної  $D_y$  дифузії, які не залежно від режимних параметрів джерела та метеорологічних умов з похибкою до 1 % приймали значення

$$D_y = 0,7D_x, \quad (3)$$

$$D_z = 1,1D_x. \quad (4)$$

Отримані на основі експериментальних досліджень співвідношення (3), (4) дозволяють визначити за величиною коефіцієнта лінійної дисипації відповідної речовини параметри її просторової дифузії.

Розроблена методика обробки експериментальних даних дозволила встановити закономірності безпосереднього впливу швидкості вітру на величину коефіцієнта турбулентної дифузії оксидів азоту (див. рисунок 6) і сажі.

Апроксимація даних закономірностей, з достатньою точністю, дозволяє встановити математичні моделі для визначення коефіцієнта лінійної дифузії оксидів азоту і сажі відповідно

$$D_x = 0,274w^{0,741}, \quad (5)$$

$$D_z = 0,134w^{0,760}, \quad (6)$$

Отримані залежності коефіцієнтів турбулентної дифузії дозволяють вирішити питання розповсюдження димових газів в атмосферному повітрі і розробити методику розрахунку забруднення атмосфери з врахуванням основних природних факторів та параметрів роботи джерела викиду.

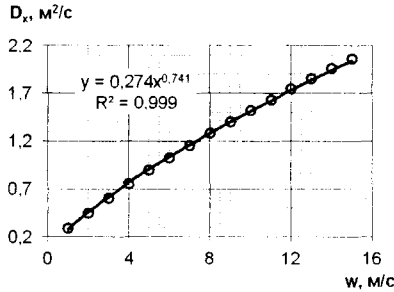


Рисунок 6 – Графічна залежність коефіцієнта лінійної турбулентної дифузії оксидів азоту від швидкості вітру

В результаті проведення теоретичних вишукувань запропонована нова стохастична модель дисипації димових газів, яка достатньо точно відображає дифузійні процеси розповсюдження домішок в атмосфері.

Відповідно до теоретичних напрацювань концентрацію забруднюючих речовин в кожній точці  $\bar{x}$  повітряного простору в будь-який момент часу  $t$  можна визначити за формулою

$$C(t, \bar{x}) = C_0 \cdot v \cdot \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{1}{V(\Gamma_{\bar{x}})} \int_0^t d\tau \int_{\Gamma_{\bar{x}}} P(\tau, \bar{y}, \Gamma_{\bar{x}}) d\bar{y}, \quad (7)$$

де  $\Gamma_{\bar{x}}$  – окіл точки  $\bar{x}$ ;  $\delta$  – діаметр  $\Gamma_{\bar{x}}$ ;  $V(\Gamma_{\bar{x}})$  – об'єм  $\Gamma_{\bar{x}}$ ;  $E$  – область надходження у повітряний простір диму;  $v$  – швидкість надходження диму у повітряний простір;  $C_0$  – концентрація диму на джерелі.

Ймовірність  $P(t, \bar{x}_0, \Gamma)$  з достатньою точністю для практичних розрахунків може бути знайдена шляхом моделювання великої кількості траєкторій – розв'язків стохастичного диференціального рівняння

$$d\bar{x}(t) = \bar{a}_p(t, \bar{x}(t)) \cdot dt + \sqrt{B(\bar{x}(t))} \cdot d\bar{w}(t), \quad (8)$$

з деякою початковою умовою

$$\bar{x}(0) = \bar{x}_0, \quad (9)$$

де  $B(\bar{x}(t))$  – матриця дифузії;  $\bar{w}(t)$  – тривимірний стандартний вінерівський процес;  $\bar{a}_p(t, \bar{x}(t))$  – вектор переносу, який може бути описаний рівнянням

$$\bar{a}_p(t, \bar{x}) = \bar{a}(\bar{x}) + (0; 0; v(t)) \quad (10)$$

Замінивши інтеграли в (7) відповідними сумами та взявши достатньо малі околиці (об'єму  $V$ ) точок, в яких необхідно встановити значення концентрації диму, розрахункову формулу для обчислення  $C(t_k, \bar{x})$  можна навести у вигляді

$$C(t_k, \bar{x}) \approx \frac{C_0 \cdot V}{V} \cdot \sum_{i=1}^k Q_i \Delta t \quad (11)$$

На основі наведених теоретичних викладень розроблено орієнтований на систему Mathcad програмний пакет, який дозволяє проводити моделювання зміни формування і розповсюдження димової хмари у просторі повітряного середовища з врахуванням фізичних властивостей забруднюючих речовин, що містяться у викиді, а також метеорологічних умов району розташування джерела емісії та його геометричних і режимних параметрів (див. рисунок 7, 8).

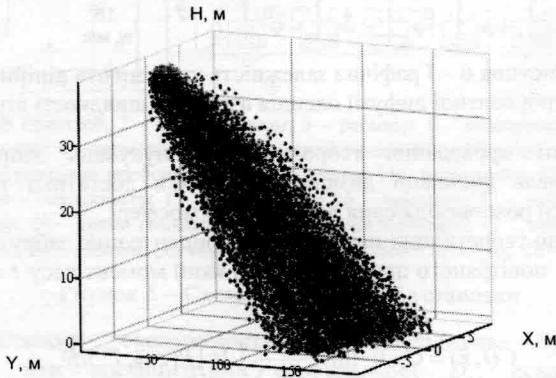


Рисунок 7 – Модель зміни форми і розповсюдження димової хмари частинок сажі у просторово-часовому полі за швидкості вітру 3 м/с

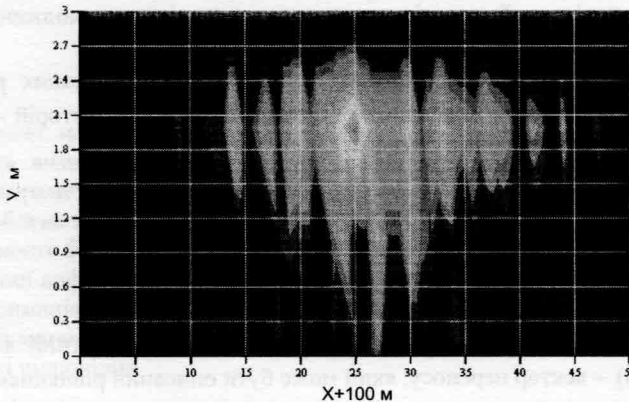


Рисунок 8 – Розподіл просторово-часового поля концентрацій сажі на рівні приземного шару атмосферного повітря за швидкості вітру 3 м/с

Запропонована методика визначення розподілу концентрацій шкідливих речовин в просторово-часовому полі ареалу поширення димової хмари, внаслідок зручності реалізації, дозволяє оперативну оцінити рівень техногенного забруднення навколишнього середовища як на етапі проектування нових, так і під час експлуатації існуючих підприємств, з метою подальшого удосконалення виробничих процесів та підвищення рівня екологізації підприємств нафтогазової промисловості.

**Четвертий розділ** присвячений розробленню природоохоронних заходів, спрямованих на зниження аеротехногенного забруднення навколишнього середовища викидами промислових підприємств нафтогазового комплексу та підвищення їх енергоефективності. Розроблені технології утилізації некондиційних вуглеводневих сумішей, що спалюються на факельних установках з наданням рекомендацій щодо їх впровадження у виробничий процес об'єктів нафтогазової промисловості з урахуванням специфіки підприємств.

На підприємствах ПАТ “Укрспецтрансгаз” під час проведення ремонту та робіт з обслуговування вагоно-цистерн випробувального комплексу утворюються надлишки низьконапірних газів, які внаслідок некондиційності параметрів направляються на факельну установку для подальшого спалювання. В результаті щорічно втрачається понад 0,2 млн. м<sup>3</sup> вуглеводневої сировини і відбувається забруднення атмосферного повітря викидами продуктів згорання. Тому з метою підвищення економії енергоресурсів підприємства та зниження негативного впливу на навколишнє середовище була проведена оцінка можливості впровадження технології утилізації надлишків низьконапірних газів за допомогою насосно-ежекторної установки (НЕУ) для подальшої їх реалізації або використання в якості котельного палива. Враховуючи специфіку робіт, що проводяться на ремонтно-випробувальній базі ПАТ “Укрспецтрансгаз”, доцільним є застосування схеми з замкнутою системою руху робочої рідини, яка передбачає менші обсяги її використання. Встановлено, що у разі реалізації такої технології в умовах ремонтно-випробувального комплексу ПАТ “Укрспецтрансгаз” питомі викиди шкідливих речовин, що містяться у продуктах згорання знизяться більше ніж на 80 %, разом з тим компенсація річних затрат на паливо складе 201,6 тис. грн.

Істотні резерви економії вуглеводневої сировини зосереджені в газотранспортній та переробній промисловості ПЕК. Втрати газу на факелах газопереробних заводів (ГПЗ) становлять від 0,5 до 1 % обсягу вихідного газу, що підлягає переробці. Проблема утилізації газу, який скидається у факельну лінію полягає у некондиційності його параметрів, а саме низькому тиску, що вимагає розроблення спеціальної технології для його відбору, компримування та подальшої реалізації. В процесі вивчення даного питання в умовах Качанівського ГПЗ була оцінена можливість використання струминних апаратів, ежектування низьконапірних газів в яких може бути здійснене за допомогою газу підвищеного тиску.

Враховуючи технологічний процес компримування газу компресорними станціями Качанівського ГПЗ, технологія утилізації низьконапірного некондиційного газу, що надходить у факельний колектор у разі спрацювання запобіжних пристроїв, може бути реалізована у кілька варіантів, а саме

- відбір низьконапірного газу тиском 0,11 МПа і компримування його до 0,4 МПа за допомогою одноступеневого газоструминного ежектора з подальшим направленням газу у приймальний колектор паливної системи газомотокомпресорів (ГМК) I-II ступеня;

- застосування для відбору низьконапірного факельного газу двоступеневої ежекторної установки з підвищенням тиску ежектованого газу від 0,11 до 1,0 МПа з подальшим направленням у вхідну лінію II ступеня дотискувальної компресорної станції Качанівського ГПЗ.

У разі використання хвостових газів в якості палива у двигунах ГМК виникає можливість впливу на токсичність вихлопу, тобто зменшення вмісту оксидів азоту та вуглецю, що додатково дозволить знизити рівень техногенного навантаження на довкілля. Як показує аналіз роботи підприємств, де з метою компримування газів експлуатуються газомотокомпресорні установки, досить часто глушники не використовуються, внаслідок підвищення опору вихлопного тракту ГПА. Проведені дослідження на основі інструментальних замірів концентрації забруднюючих речовин, що містяться у вихлопних газах ГМК МК-8 за умов наявного глушника в системі вихлопного тракту агрегату та його відсутності, доводять необхідність і доцільність їх використання, оскільки навіть без додаткових конструктивних змін, які неодмінно призведуть до підвищення капітальних затрат на реалізацію технології, а також зниження потужності агрегату, дозволить знизити вміст токсичних компонентів вихлопних газів до 54 % по відношенню до початкової величини, за рахунок процесів протікання гетерогенно-каталітичного відновлення NOx оксидами вуглецю до елементарного азоту та вуглекислого газу.

Значний потенціал енергозбереження зосереджений й у нафтопереробній промисловості. Не дивлячись на постійну модернізацію обладнання та удосконалення технологічних процесів нафтопереробних заводів (НПЗ), значна частина вуглеводневих газів, які надходять з технологічних установок і резервуарів у разі недостатнього контролю роботи запобіжних клапанів та іншої перекувальної апаратури, згорають на факельних пристроях. Обсяг газу, що скидається у факельну систему для подальшого спалювання на НПЗ України в середньому складає від 0,14 до 3 % переробленої нафти. Одним із перспективних напрямків раціонального використання технологічних газів НПЗ, призначених для спалювання на факельних установках, є їх збір, компримування та повернення у технологічну лінію переробки з метою використання в якості хімічної сировини або в якості палива для технологічних установок. Утилізація факельних газів нафтопереробних заводів може бути успішно реалізована шляхом впровадження системи з використанням рідинно-газових ежекторів, розробленої для умов виробничого об'єкту ПАТ "Укрспецтрансгаз". Проте дана технологія повинна обов'язково враховувати специфіку підприємства і бути адаптованою до використання в умовах ведення технологічних процесів нафтопереробних заводів, а саме передбачати системи: очищення газів від сірководню; уловлювання і переробки рідких вуглеводнів; стабілізації тиску у паливній системі заводу.



## ВИСНОВКИ

На основі експериментальних та теоретичних досліджень вирішене науково-прикладне завдання встановлення закономірностей розповсюдження викидів підприємств нафтогазової промисловості, що дало змогу оцінити масштаби впливу виробничих об'єктів на довкілля та розробити природоохоронні заходи, спрямовані на зниження рівня забруднення атмосферного повітря з метою зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом підвищення екологічної безпеки виробничих об'єктів та раціонального використання енергетичних ресурсів на певних етапах технологічних процесів, а саме

1 В результаті проведеного аналізу процесів утворення, емісії, трансформації та поширення в навколишньому середовищі токсичних компонентів продуктів згорання вуглеводневих газів, а також вивчення основних напрямків існуючих досягнень з вирішення проблем техногенного забруднення довкілля, встановлені необхідні передумови для зниження обсягів викиду шкідливих речовин у разі спалювання газоподібних вуглеводнів промисловими установками підприємств нафтогазової галузі. Обґрунтована необхідність впровадження технологій зменшення обсягів спалювання некондиційних газів на факельних установках та економії енергоносіїв шляхом використання вторинних ресурсів.

2 Експериментальні дослідження лінійної турбулентної дифузії димових газів в атмосферному повітрі засвідчили, що найбільш визначальним чинником впливу на величину ефективного коефіцієнта змішування є режим руху потоку повітряного середовища. Встановлено, що в досліджуваному діапазоні середніх швидкостей від 1 до 15 м/с різниця між мінімальним та максимальним значеннями коефіцієнта дифузії досягає 90 %. Теоретичними та експериментальними вишукуваннями обґрунтована можливість використання для визначення величини коефіцієнта лінійної турбулентної дифузії димових газів формули Тейлора зі збільшенням емпіричного коефіцієнта 10,6 в 1,74-1,96 рази в залежності від швидкості руху потоку, що в середньому становить 20,8 і є більш прийнятним значенням для випадку змішування газів.

3 На основі наукових досліджень виявлені закономірності співвідношення параметрів просторової дифузії димових газів в атмосферному повітрі. Встановлено, що коефіцієнти горизонтальної та вертикальної дифузії складають в середньому відповідно 70 та 110 % величини коефіцієнта лінійної дифузії. Шляхом реалізації розробленої математичної моделі розсіювання шкідливих домішок в атмосферному повітрі, яка дозволяє надати оцінку впливу на навколишнє середовище введених в експлуатацію стаціонарних джерел викиду та спрогнозувати можливе забруднення атмосфери на етапі проектування виробничих об'єктів промислових підприємств, встановлено, що на характер розповсюдження шкідливих речовин в атмосфері окрім параметрів джерела викиду суттєво впливають фізичні властивості домішок, зокрема їх розмір та питома вага. Чим легша речовина тим далі від джерела викиду вона опуститься до рівня земної поверхні і тим більшою буде зона її впливу. У випадку зменшення розмірів частинок на 90 % зона впливу димової хмари, в якій вони зосереджені, збільшується за максимальних швидкостей руху повітря до 80 %.

4 Розроблені адаптовані до умов виробництва енергоощадні технології раціонального використання факельних газів в якості палива для технологічних установок промислових підприємств з можливістю застосування методів зниження емісії токсичних речовин, що містяться у їх викидах. Дослідженнями встановлено, що у разі реалізації такої технології в умовах ремонтно-випробувального комплексу ПАТ “Укрспецтрансгаз” питомі викиди шкідливих речовин, що містяться у продуктах згорання знизяться більше ніж на 80 %, разом з тим компенсація річних затрат на паливо складе 201,6 тис. грн.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1 **Бортняк О.М.** До питання проблем енергозберігаючих технологій та забруднення навколишнього середовища / **Бортняк О.М.**, Школьний М.П. // Нафт. і газ. пром-сть. – 2007. – №2. – С. 53-54.

2 **Бортняк О.М.** Утилізація факельних газів як спосіб енергозбереження в газопереробній галузі / **О.М. Бортняк** // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – №2(23). – С. 34-38.

3 Дослідження викиду оксидів азоту при згоранні хвостових газів в двигунах газомоткомпресорів / **О.М. Бортняк**, М.П. Школьний, В.С. Павленко, І. В. Павленко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – №1(30). – С. 69-73.

4 Дослідження турбулентної дифузії димових газів в потоці повітряного середовища / **О.М. Бортняк**, М.П. Школьний, Д.Ю. Журавльов, Р.Я. Гнатюк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – №3(36). – С. 62-67.

5 **Бортняк О.М.** Аналітичні дослідження розповсюдження в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах стаціонарних джерел промислових підприємств нафтогазового комплексу // **О.М. Бортняк**, М.П. Школьний, М.М. Осипчук // Нафтогазова енергетика. – 2013. – №1(19). – С. 15-25.

6 **Бортняк Е.М.** К вопросу загрязнения атмосферного воздуха при транспорте газа магистральными трубопроводами / **Е.М. Бортняк**, Н.М. Школьный // Материалы V Международной учеб.-науч.-практ. конф. “Трубопроводный транспорт – 2009”. – Уфа: УГНТУ, 2009. – С. 22-24.

7 **Бортняк Е.М.** Исследование процессов распространения в атмосфере вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий трубопроводного транспорта газа / **Е.М. Бортняк**, Н.П. Школьный // Материалы VI Международной учеб.-науч.-практ. конф. – Уфа: УГНТУ, 2010. – С. 13-15.

8 **Бортняк О.М.** Енергозберігаючі ресурси та екологізація підприємств транспорту, зберігання та переробки нафти і газу / **О.М. Бортняк**, М.П. Школьний, Ю.В. Тимошук // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Шляхи підвищення ефективної експлуатації трубопроводного транспорту нафти і газу та підготовка кадрів галузі”. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – С. 40-42.

9 **Бортняк О.М.** Підвищення ефективності утилізації некондиційних газів підприємств нафтогазового комплексу України / **О.М. Бортняк**, М.П. Школьний, І.М. Івашкович, С.Л. Панчишин // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів “Безпека об’єктів нафтогазового комплексу”. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011. – С. 37-43.

## АНОТАЦІЯ

**Бортняк О.М. Підвищення рівня екологічної безпеки та енергозбереження на об'єктах нафтогазової промисловості. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2013.

Вирішена науково-технічна задача заощадження енергетичних ресурсів та зниження рівня аеротехногенного забруднення навколишнього середовища викидами промислових підприємств нафтогазового комплексу.

На основі наукових досліджень виявлені закономірності процесів змішування димових газів в потоці повітряного середовища, встановлені математичні залежності для визначення коефіцієнтів лінійної дифузії.

Виявлені чинники впливу на характер дисипації домішок в атмосфері, запропонована методика визначення коефіцієнтів просторової турбулентної дифузії димових газів. Розроблена математична модель формування просторово-часового поля техногенного забруднення атмосфери з урахуванням властивостей шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств нафтогазового комплексу.

Запропоновані адаптовані до умов виробничих об'єктів нафтогазової промисловості енергоощадні технології раціонального використання некондиційних вуглеводневих сумішей, що спалюються на факельних установках. Обґрунтована необхідність застосування у вихлопному тракті поршневих газоперекачувальних агрегатів шумопоглинаючих пристроїв, як засіб нейтралізації та зниження емісії токсичних речовин викидних газів.

**Ключові слова:** факельна установка, промислові викиди, димові гази, коефіцієнт турбулентної дифузії, розсіювання домішок, утилізація некондиційних газів.

## АННОТАЦИЯ

**Бортняк Е.М. Повышение уровня экологической безопасности и энергозбереження на объектах нефтегазовой промышленности. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – Экологическая безопасность. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск 2013.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников и приложений.

В первом разделе приведена характеристика существующего состояния загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий нефтегазовой промышленности, технологические процессы которых связаны с сжиганием углеводородного топлива. Обоснована необходимость снижения уровня энергоемкости производственных объектов, посредством внедрения энерго-сберегающих технологий как решающих средств экономии углеводородного сырья и защиты окружающей среды от загрязнения. Рассмотрены процессы образования,

эмиссии и распространения в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах таких источников загрязнения как факельные и газомотокомпрессорные установки. С целью возможности разработки природоохранных мероприятий, направленных на снижения уровня аэротехногенного загрязнения необходимо оценить масштабы влияния производственных объектов на окружающую среду, что возможно осуществить на основании закономерностей диффузионного распространения вредных веществ в приземном слое атмосферного воздуха. Анализ научных публикаций показал, что данной проблеме уделено достаточно много внимания, однако, учитывая сложность природы процессов атмосферной диффузии и существования множества факторов, влияющих на ее характер, вопрос окончательного решения поставленного задания остается пока что открытым.

Во втором разделе представлены результаты экспериментальных и аналитических исследований процессов смешивания дымовых газов в потоке воздушной среды. Определено в пространственно-временном измерении распределение концентраций и параметров, характеризующих турбулентную диффузию вредных примесей в атмосфере, установлены математические зависимости для определения коэффициентов смешивания газов в продольном направлении распространения дымового облака.

Третий раздел содержит описание экспериментальной установки и методики проведения исследований процессов распространения дымовых газов в приземном слое атмосферного воздуха. Выявлены факторы влияния на характер диссипации в атмосфере продуктов сгорания от факельных установок и предложена методика определения коэффициентов пространственной турбулентной диффузии. Разработана математическая модель формирования пространственно-временного поля техногенного загрязнения атмосферы с учетом особенностей ведения производственных процессов и свойств вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий нефтегазового комплекса.

В четвертом разделе представлены разработанные адаптированные к условиям ведения производственных процессов энергосберегающие технологии рационального использования некондиционных углеводородных смесей, сжигаемых на факельных установках. Предложено после отбора и компремирования использовать их в топливной системе технологических установок. Использование утилизированных факельных газов в качестве топлива для поршневых газоперекачивающих агрегатов, эксплуатируемых рядом предприятий переработки, транспорта и хранения газов, предоставит дополнительную возможность снизить уровень эмиссии токсических веществ выхлопных газов в результате протекания процессов гетерогенно-каталитического восстановления оксидов азота до молекулярного азота и углекислого газа.

**Ключевые слова:** факельная установка, промышленные выбросы, дымовые газы, коэффициент турбулентной диффузии, рассеивание примесей, утилизация некондиционных газов.

## ABSTRACT

**O.M. Bortnyak. Increase of the level of environmental safety and energy conservation in oil and gas industry. – Manuscript .**

Dissertation for the degree of Ph.D., specialty 21.06.01 – Environmental safety. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2013.

The scientific and technical problem of energy saving and reduction of aerotechnogenic pollution by oil and gas industry emissions is solved and implemented.

Based on the experimental and analytical studies the patterns of mixing processes of flue gases in the air flow are revealed, mathematical expressions for determining the coefficients of gas mixing in the longitudinal direction of smoke cloud propagation are set. The influence factors on dissipation of the combustion products from flare units in the atmosphere have been defined and the technique of determining the coefficients of turbulent diffusion in space and time during the process of emission plume has been offered. The mathematical model of forming of the spatiotemporal field of technogenic atmosphere pollution with the account of production processes and the properties of hazardous substances, contained in emissions from oil and gas companies, has been developed.

The adapted to the conditions of production of oil and gas industry energy-saving technologies of the rational use of substandard hydrocarbon mixtures burned in the flare units are proposed. The necessity of application of gas compressor units of noise cancelling devices as means to neutralize and reduce the emission of toxic substances in the exhaust tract is grounded.

**Keywords:** flare unit, industrial emissions, flue gases, the coefficient of turbulent diffusion, dispersion of pollutants, utilization of substandard gases.