

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**МАТЕРІАЛИ**  
**Міжнародної науково-практичної конференції**  
**«Проблеми пожежної безпеки»**  
**(«Fire Safety Issues»)**

**ХАРКІВ 2016**

## Шановні колеги!




Доброю традицією стало для Національного університету цивільного захисту України проведення щорічних міжнародних науково-практичних конференцій з метою обговорення нагальних проблем у сфері пожежної і техногенної безпеки. І це закономірно, адже університет має майже дев'яносторічний досвід роботи в цьому напрямі.

Освіта і наука були і залишаються важливими пріоритетами держави, що пов'язані з довгостроковими перспективами розвитку нашої країни та впливають на підвищення її конкурентоспроможності. Але новітні технології, стрімкий прогрес, впровадження експериментальних систем господарства не тільки сприяють розвитку економіки, а й несуть потенційну небезпеку. За останні десять років в Україні сталися тисячі пожеж; матеріальні втрати сягнули майже 30 млрд. гривень. Щороку в державі незмінно стається 65-70 тисяч пожеж, гине до трьох тисяч людей, знищується до 30 тисяч будівель і споруд. Втрати від пожеж помітно перевищують загальний збиток держави від інших надзвичайних ситуацій.

Така ситуація змушує по-іншому розглядати механізми безпеки, вирішувати проблемні питання, прогнозувати та пропонувати науково-практичні рекомендації. Зважаючи на це, збірка наукових праць міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки», в якій представлено тези доповідей науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів, науковців та спеціалістів-практиків різних країн, традиційно ставить за мету висвітлення найбільш актуальних питань профілактики пожеж і протипожежного захисту об'єктів, створення великої площини для конструктивної полеміки серед учених щодо вдосконалення системи забезпечення пожежної і техногенної безпеки.

Упевнений, що матеріали наукових праць, представлених у збірці, викличуть творчі дискусії, приведуть до апробації нових ідей та будуть корисними не тільки науковцям, але і курсантам, студентам та молодим ученим, що цікавляться питаннями пожежної безпеки.

Ректор Національного університету  
цивільного захисту України  
генерал-лейтенант служби цивільного захисту,  
доктор наук, професор



В.П.Садковий

**Організаційний комітет:**

**Голова**

***Садковий Володимир  
Петрович***

Ректор Національного університету цивільного захисту України, генерал-лейтенант служби цивільного захисту, доктор наук з державного управління, професор

**Заступник голови**

***Андронов Володимир  
Анатолійович***

Проректор з наукової роботи НУЦЗ України, полковник служби цивільного захисту, доктор технічних наук, професор

***Удянський Микола  
Миколайович***

Начальник факультету пожежної безпеки НУЦЗ України, полковник служби цивільного захисту, кандидат технічних наук, доцент

***Безуглов Олег***

Начальник факультету пожежної безпеки НУЦЗ України, полковник служби цивільного захисту, кандидат технічних наук, доцент

***Євгенович***

***Carlström Eric***

Prehospital and Disaster Medicine Center and Gothenburg University, Gothenburg, Sweden

**Секретар**

***Афанасенко***

***Костянтин***

***Анатолійович***

Викладач кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій НУЦЗ України, майор служби цивільного захисту

**Програмний комітет:**

**Голова**

***Андронов Володимир  
Анатолійович***

Проректор НУЦЗ України з наукової роботи, полковник служби цивільного захисту, доктор технічних наук, професор

**Заступник голови**

***Тарасенко Олександр  
Андрійович***

Провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної роботи науково-дослідного центру НУЦЗ України, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

***Ключка Юрій***

***Павлович***

Начальник кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій НУЦЗ України, підполковник служби цивільного захисту, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

***Кириченко Оксана***

***В'ячеславівна***

Начальник кафедри пожежно-профілактичної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, полковник служби цивільного захисту, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

***Тімеєв Євген***

***Олександрович***

Заступник начальника з навчальної роботи Кокшетауського технічного інституту Комітету з надзвичайних ситуацій Міністерства внутрішніх справ Республіки Казахстан, полковник внутрішньої служби

***Adrian Traian G.M.***

***Radulescu***

***Лісняк Андрій***

***Анатолійович***

Assist.Prof. dr. eng., Terrestrial Measurement and Cadastre Department, Civil Engineering Faculty, Technical University Cluj Napoca

Начальник кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт НУЦЗ України, полковник служби цивільного захисту, кандидат технічних наук, доцент

**Технічний секретар**

***Афанасенко***

***Костянтин***

***Анатолійович***

Викладач кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій НУЦЗ України, майор служби цивільного захисту

**Укладачі не несуть відповідальності за зміст опублікованих матеріалів**

Розглянуто на засіданні Вченої ради факультету пожежної безпеки (Протокол №1 від 19.09.2016 р.)

## ЗМІСТ

## СЕКЦІЯ 1. ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИТОК ПОЖЕЖІ

<i>Абрамов Ю.А.</i> Комплекс математических моделей процесса тушения пожара класса В распыленной водой	11
<i>Басманов А.Е., Кулик Я.С.</i> Модель восходящих конвективных потоков над горящим нефтепродуктом	13
<i>Собина В.О., Борисова Л.В.,</i> Прогноз стану безпеки об'єкту обчислювальної техніки в умовах надзвичайних ситуацій з урахуванням динаміки зміни небезпечних подій у часі	18
<i>Григоренко О.М.</i> Теоретичні передумови вибору добавок для зниження димоутворювальної здатності епоксиполімерів	22
<i>Качкар Е.В.</i> Процеси формування газодимових факелів лісових пожеж	25
<i>Коровникова Н.І.</i> Порядок реакції та енергія активації процесів термічної деструкції волокон на основі целюлози	28
<i>Останов К.М.</i> Экспериментально-теоретические исследования пожаротушения гелеобразующими составами	31
<i>Сенчихін Ю.М., Сенчихін В.Ю.</i> Аналіз небезпечних чинників пожежі	36
<i>Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Жернокльов К.В.</i> Оцінка реакційної здатності та схильності матеріалів до самозаймання	40
<i>Чуб І.А.</i> Визначення межі зони надзвичайної ситуації, обумовленої розливом нафти та її горінням	45
<i>Шаршанов А.Я.</i> Выбор оптимального соотношения толщин слоев двухслойного огнезащитного экрана	48
<i>Шаршанов А.Я., Зваричук А.В.</i> Моделирование действия двухслойного огнезащитного экрана	53
<i>John N, Malaysia</i> The fire and rescue services in Malaysia	57

## СЕКЦІЯ 2. ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

*Баранов М.И., Рудаков С.В., Ричік І.С.*

Противопожарная стойкость кабельных изделий при воздействии молнии 58

*Гасанов Х. Ш.*

Влияние неравномерности распределения опасных факторов чрезвычайной ситуации в помещении на показания тепловизора 63

*Ковалев А.И.*

Методика предварительной оценки огнезащитной способности покрытий стальных конструкций в условиях температурного режима углеводородного пожара 67

*Корнієнко О.В., Копильний М.І., Гудович О.Д., Білошицький М.В.*

Проміжні результати досліджень з визначення строку придатності вогнезахисних покривів (просочень) для деревини 70

*Миргород О.В., Шабанова Г.М., Корогодська А.М.*

Розробка складів цементів і бетонів для оптимізації вогнетривких та фізико-механічних властивостей залізобетонних конструкцій 73

*Рудешко І.В.*

Особливості вогнезахисту металевих конструкцій машинних залів АЕС 76

*Тараненкова В.В., Головій М.О., Крупко Р.А.,*

Доломітова цегла на різних заповнювачах 81

*Тригуб В.В., Тімеєв Є.О.*

Прогнозування зон руйнування при вибуху 84

## СЕКЦІЯ 3. ВОГНЕГАСНІ РЕЧОВИНИ

*Горносталь С.А., Петухова О.А.*

Аналіз та удосконалення методики проведення випробувань водопровідної мережі на водовіддачу 87

*Желяк В.І., Лазаренко О.В.*

Особливості гідравлічного розрахунку системи внутрішньоквартирного пожежогасіння 90

*Ключка Ю.П.*

Вплив маси небезпечної речовини, як випадкової величини, на наслідки від надзвичайної ситуації 94

*Ковалевська Т.М.*

Участь прокурора при проведенні досудового слідства по справам про прожежі 97

*Кустов М.В., Калугин В.Д.*

Электрофизический метод интенсификации осадков над зоной масштабного пожара 100

*Островерх О.О.*

Аналіз нормативно-правової бази України з питань пожежної безпеки 103

<i>Савельев Д.И., Чиркина М.А., Киреев А.А.</i> Исследования возможности применения пенообразующих систем в тушении низовых лесных пожаров	106
<i>Савченко О.В., Стецюк Є.І.</i> Використання гелеутворюючих систем для запобігання надзвичайних ситуацій на складах зберігання артилерійських боєприпасів	109
<i>Chou Young Fat</i> Fire protection and extinguishing for marine applications	114
<b>СЕКЦІЯ 4. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ПРОМИСЛОВОСТІ</b>	
<i>Азаров С.І.; Сидоренко В.Л., Демків А.М.</i> Можливі методи аналізу пожежного ризику	116
<i>Афанасенко К.А.</i> Обобщенная температурно-временная характеристика прочности и деформативности полимеров в условиях пожара	119
<i>Гарбуз С.В.</i> Забруднення атмосфери залишками нафтопродуктів під час дегазації резервуарів	124
<i>Грінченко Є.М.</i> Управління аварійним ризиком при залізничних перевезеннях нафтопродуктів	129
<i>Гуліда Е.М., Коваль О.М.</i> Оптимізація необхідної номенклатури і кількості протипожежних засобів в приміщеннях цехів промислових об'єктів	133
<i>Климась Р.В., Якименко О.П.</i> Удосконалення нормативної бази щодо критеріїв, за якими оцінюються ступіні ризику від провадження господарської діяльності у сфері пожежної та техногенної безпеки	137
<i>Кулаков О.В., Лісін О.С.</i> Аналіз сучасних методів розрахунку блискавкозахисту	140
<i>Липовий В.О., Удянський М.М.</i> Спосіб визначення нафтозалишків у вертикальних сталевих резервуарах	144
<i>Луценко Ю.В., Устич С.В.</i> Исследование влияния температуры и продолжительности процесса газификации полуккокса на воспламеняемость получаемых газов	147
<i>Чуб І.А., Матухно В.В.</i> Оцінка впливу надзвичайної ситуації з вибухом хмари газоповітряної суміші	150
<i>Михайлюк О.П., Коврегін В.В.</i> Про необхідність удосконалення системи категорювання об'єктів за вибухопожежною та пожежною небезпекою	153

<i>Олійник В.В.</i> Вплив фактора тиску на забезпечення безпеки виробництв, пов'язаних з переробкою парогазових систем	156
<i>Петухова Е.А., Горносталь С.А.</i> Повышение пожарной безопасности пулеулавливателя	159
<i>Поліщук Т.В.</i> Вплив результатів імплементації директиви 2012/18/єс європейського парламенту і ради від 4 липня 2012 року “про контроль значних аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами” на стан безпеки в промисловості	162
<i>Роянов О.М.</i> Шляхи підвищення безпеки технологічних процесів на теплоелектроцентралях паро-повітрянодувних станцій підприємств металургії	167
<i>Собина В.О., Борисова Л.В.</i> Аналіз та прогноз стану безпеки об'єкту обчислювальної техніки в умовах надзвичайних ситуацій	170
<i>О.М. Соболев, С.Я. Кравців, Н.В. Кравченко, Ю.О. Гудков</i> Математична модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів	175
<i>Тарадуда Д.В.</i> Особливості надзвичайних ситуацій пов'язаних з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах	178
<i>Тесленко А.А.</i> Взрывоопасность помещений с природным газом	181
<i>Чуб І.А., Бурдько А.І.</i> Система моніторингу пожежі об'єктів зберігання рослинної сировини	184
<i>С.М. Чумаченко, В.В. Троцько, А.С. Парталян</i> Розроблення комп'ютерних алгоритмів та моделей оцінки ризиків та загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури із застосуванням геоінформаційних технологій	187
<i>Луценко Ю.В., Яровой Е.А.</i> Влияние основных технологических факторов подземной газификации углей на воспламеняемость получаемых газов	192
<i>Луценко Ю.В., Яровой Е.А.</i> Определение состава и области воспламенения газов, образующихся при подземной газификации угля	197
<i>Vang Po</i> The methods of detecting self-heating of vegetable raw materials for storage: current state and prospects of development	199

**СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ В ПОЖЕЖНІЙ БЕЗПЕЦІ**

<i>Абрамов Ю.А., Кальченко Я.Ю.</i> Модели тестирования тепловых пожарных извещателей	201
<i>Абрамов Ю.А., Тищенко Е.А.</i> Частотные характеристики объекта управления систем автоматического тушения пожара	203
<i>Андронов В. А., Поспелов Б. Б., Рибка Є. О.</i> Максимально-диференційний тепловий пожежний сповіщувач з підвищеною швидкодією визначення ознак пожежі	205
<i>Антошкін О.А.</i> Застосування методу еквівалентних впливів для визначення характеристик чутливих елементів димових оптико-електронних пожежних сповіщувачів	209
<i>Важинський С. Е., Грищенко Д.В.</i> Оптимізація процесу вимірювання параметрів системи протипожежного водопостачання	212
<i>Бондаренко С.Н.</i> Результаты экспериментальных исследований чувствительного элемента линейного извещателя пламени	215
<i>Дерев'яно О.А.</i> Аналіз технічного рівню автоматичних систем протипожежного захисту резервуарів і пропозиції по впровадженню установки НУЦЗУ-2	218
<i>Литвяк А. Н., Мурын М.Н.</i> Аппроксимация параметров распределительных сетей автоматических систем газового пожаротушения диоксидом углерода	222
<i>Подорожняк А.О., Любченко Н.Ю., Лавров В.П.</i> Обработка мультиспектральных изображений в системе мониторингу пожежної безпеки	225
<i>Христич В.В., Малярів М.В., Бондаренко С.М.</i> Аналіз залежностей методів виявлення пожежі	230
<i>Цвиркун С.В., Джулай А.Н.</i> Информационные технологии в пожарно-профилактической деятельности	233

**СЕКЦІЯ 6. ТАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

<i>Denys Liebidiev, Eric Carlström</i> Three level collaboration; when collaboration elements have an impact on the employees' practical performances	237
<i>Denys Liebidiev, Amir Khorram-Manesh</i> Ukrainian experience in using maxsim (mass casualty simulation) training	238



<i>Беляев В.Ю.</i> Использование гис-технологий для нахождения оптимального маршрута доставки сил и средств при локализации природного пожара	239
<i>Виноградов С.А., Соколов Л.М.</i> Аналіз небезпечних та шкідливих чинників аварійно-рятувальних робіт та їх небезпека	241
<i>Дубінін Д.П., Лісняк А.А.</i> Удосконалення математичної моделі вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів для створення протипожежного бар'єру	245
<i>Катещенок А.В.</i> Аналіз критеріїв збудження вибуху боєприпасів на об'єктах зберігання військових засобів ураження	247
<i>Лісняк А.А., Дубінін Д.П.</i> Обґрунтування часу слідування оперативно-рятувальних підрозділів до місця пожежі в сільських населених пунктах	250
<i>Стрілець В.М., Тригуб В.В.</i> Щодо виконання типових операцій ліквідації надзвичайних ситуацій в комплексах засобів індивідуального захисту	253
<i>Сыровой В.В., Сенчихин Ю.Н. Остапов К.М.</i> Особенности бинарной подачи гелеобразующих составов на пожаротушение	259
<i>Корытченко К.В., Сакун О.В., Хілько Ю.В.</i> Численное моделирование внутрибаллистических процессов в газодетонационной установке метания тушащих веществ	253
<i>Хлевной О.В., Горбань В.Б., Жезло Н.В.</i> Обґрунтування об'ємно-планувальних рішень тематичної навчальної квест-кімнати	266
<i>Щербак С. М., Онищенко Д. О.</i> Використання пожежних кран-комплектів для гасіння пожеж у висотних житлових будівлях	270
<b>СЕКЦІЯ 7. СИЛИ ТА ЗАСОБИ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ</b>	
<i>Васильев С.В., Ковальов О.О.</i> Пропозиції щодо можливості високопродуктивного перекачування води основним пожежним автомобілем	273
<i>Донской Д.В. Ковалёв А.А.</i> Разработка инженерной машины разминирования с воздушной разгрузкой	277
<i>Закора О.В., Феценко А.Б.</i> Малогабаритна антена портативного радіолокаційного вимірювача товщини льоду	282

<i>Калиновський А.Я.</i> Аналіз досліджень щодо вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту автомобільної техніки рятувальних підрозділів	285
<i>Ковалев А.А., Баркалов В.Г.</i> Разработка новой конструкции лесопожарного грунтомета	289
<i>Ларін О.М., Коханенко В.Б., Донський Д.В.</i> Вимоги до конструкції плавзасобів для рятування на водах	292
<i>Молодика Є.А., Філобок Д.С.</i> Удосконалення способу контролю за експлуатацією пожежно-технічного та аварійно-рятувального оснащення	296
<i>Неклонський І.М.</i> Оцінювання готовності аварійно-рятувальних підрозділів до виконання завдань за призначенням	299
<i>Пирогов А.В.</i> Анализ существующих проблем обеспечения безопасности населения при возникновении чрезвычайных ситуаций на территории харьковской области	303
<i>Пономаренко Р.В., Мішина В.О.</i> Дослідження вузлів для кріплення несучої та страхувальної мотузки при рятуванні постраждалого з третього поверху з використанням нош рятувальних вогнезахисних НРВ-1	306
<i>Пономаренко Р.В., Стадник Д.О.</i> Порівняльний аналіз захисного одягу та спорядження рятувальника	309
<i>Рогозін А.С., Боровенська О.О.</i> Визначення чисельності особового складу оперативно-рятувальних підрозділів	312
<i>Скородумова О.Б. Тарахно Е.В., Крадожон В.А., Потоцкий Е.С.</i> Кремнеземистые огнестойкие эластичные покрытия для защитных костюмов	315
<i>Тесленко О.М., Жихарев О.П., Крикун О.М., Добряк Д.О., Вересенко О.В.</i> Світовий та вітчизняний досвід основних вимог проектування пожежно-рятувальних частин	319
<i>Закора А.В., Феценко А.Б.</i> Расчет количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации	322
<i>Чернобай Г.А., Назаренко С.Ю.</i> Определение жесткости пожарного рукава диаметром 51 мм	325

## ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ЗАЛИШКАМИ НАФТОПРОДУКТІВ ПІД ЧАС ДЕГАЗАЦІЇ РЕЗЕРВУАРІВ

Забруднення атмосферного повітря – одна із самих гострих екологічних проблем багатьох країни світу, отже атмосфера – середовище для розміщення газоподібних відходів виробництва. Процес самоочищення атмосфери, притаманний їй, нездатний подолати самостійно навантаження, що діяльність людей покладає на неї. Екологи б'ють на спалах. Вплив забрудненого повітря на здоров'я населення проявляється через скорочення середньої тривалості життя, збільшення кількості передчасних смертей, ріст захворюваності й негативний вплив на працездатність.

Проблемам безпеки об'єктів нафтогазового комплексу приділяється особлива увага на всіх рівнях законодавчої й виконавчої влади, при цьому одним з найактуальних питань залишається забезпечення захисту людей і територій від впливу небезпечних факторів, які можуть виникнути при надзвичайних ситуаціях на складах нафти та нафтопродуктів. Однією із проблем, яку постійно потрібно вирішувати на об'єктах нафтогазового комплексу, є проведення безпечної перед ремонтної підготовки нафтових резервуарів.

Отже основна проблема полягає в мінімізації екологічно-шкідливих викидів в атмосферу із резервуарів з залишками нафтопродуктів.

Основним фактором екологічного впливу на навколишнє середовище вважають формування хмари забрудненого повітря.

У дослідженні наведено комплекс математичних розрахунків для різних видів екологічного впливу на атмосферу об'єктів, що розглядаються, що надають можливість оцінити межі розповсюдження екологічної кризової ситуації у навколишньому середовищі.

Аналітичну модель для опису просторового розподілу концентрації небезпечних для здоров'я людини та навколишнього природного середовища речовин як у нестационарному, так й у стаціонарному випадках розвитку можливих аварій, що пов'язані з викидом небезпечних речовин, можна розробити на основі загальної теорії механіки суцільних середовищ [1–9].

Припустимо, небезпечна забруднююча речовина (пари залишків нафтопродуктів) разом з повітрям створює двокомпонентну газову систему. Концентрація речовини, що забруднює атмосферу, визначається її щільністю  $\rho_3(\vec{r}, t)$  (кг/м<sup>3</sup>) в двокомпонентній системі. Сумарна щільність  $\rho_\Sigma$  такої двокомпонентної системи дорівнює,

$$\rho_\Sigma(\vec{r}, t) = \rho_3(\vec{r}, t) + \rho_n(\vec{r}, t), \quad (1)$$

де  $\rho_n$  – щільність повітря.

Забруднення атмосфери у різних точках простору у різні моменти часу цілком задається функцією  $\rho_3(\vec{r}, t)$ . Наша задача отримати повну систему рівнянь, вирішуючи яку можна знайти  $\rho_3(\vec{r}, t)$  при заданих початковому розподілі концентрації забруднюючої речовини  $\rho_3(\vec{r}, t = 0)$  та граничних умовах.

У двокомпонентному газі забруднення рухається зі швидкістю  $\vec{v}_3(\vec{r}, t)$ , а повітря – зі швидкістю  $\vec{v}_n(\vec{r}, t)$ . Поряд зі швидкостями  $\vec{v}_3$  та  $\vec{v}_n$  введемо також конвективну (загальну) швидкість  $\vec{v}_\kappa(\vec{r}, t)$  двокомпонентного газу рівністю

$$\rho_\Sigma \vec{v}_\kappa = \rho_3 \vec{v}_3 + \rho_n \vec{v}_n. \quad (2)$$

Якщо двокомпонентна суміш перебуває у спокої, то  $\vec{V}_k = 0$ . Тоді згідно з (2) маємо

$$0 = \rho_3 \vec{v}_{3,d} + \rho_n \vec{v}_{n,d}, \quad (3)$$

де  $\vec{v}_{3,d}$  та  $\vec{v}_{n,d}$  – відповідно швидкості руху забруднюючої речовини та повітря у двокомпонентній системі, яка у цілому перебуває у стані спокою, тому що  $\vec{V}_k = 0$ .

Зміна концентрацій компонент у двокомпонентній системі, яка перебуває у стані спокою, як відомо, називається дифузією. Дифузія обумовлена зустрічним рухом компонент з відповідними швидкостями  $\vec{v}_{3,d}$  та  $\vec{v}_{n,d}$ , які не дорівнюють нулю.

Явище дифузії забруднюючої речовини визначається вектором дифузії

$$\vec{i}_3 = \rho_3 \vec{v}_{3,d}, \quad (4)$$

який, згідно з (4), дає кількість забруднювача, що переноситься дифузією в одиницю часу крізь одиницю поверхні, перпендикулярну вектору  $\vec{v}_{3,d}$ .

Аналогічно вектор дифузії повітря у двокомпонентному газі визначається рівністю

$$\vec{i}_n = \rho_n \vec{v}_{n,d}. \quad (5)$$

Згідно (3), (4), (5) виконується рівняння

$$\vec{i}_3 = -\vec{i}_n. \quad (6)$$

Фізичною причиною дифузії є зустрічний тепловий рух молекул забруднювача та молекул повітря з середніми швидкостями  $\vec{v}_{3,d}$  та  $\vec{v}_{n,d}$ .

Виділимо у швидкостях руху забруднювача  $\vec{v}_3$  та повітря  $\vec{v}_n$  конвективну швидкість руху двокомпонентного газу  $\vec{V}_k$  та швидкості дифузійного руху рівностями,

$$\vec{v}_3 = \vec{V}_k + \vec{v}_{3,d}, \quad (7)$$

$$\vec{v}_n = \vec{V}_k + \vec{v}_{n,d}. \quad (8)$$

Відзначимо, що при цьому визначенні підстановка (7) та (8) у праву частину рівності (2) з урахуванням (1) дає ліву частину рівності (2).

Перейдемо до отримання повної системи рівнянь, яка описує зміну концентрації забруднювача у просторі та часі. Почнемо з закону збереження маси забруднювача. З цією метою розглянемо деякий замкнений об'єм  $V$ , який обмежує замкнена поверхня  $f$ . Маса забруднювача в об'ємі  $V$ , очевидно, дорівнює

$$M_3 = \int_V \rho_3(\vec{r}, t) d^3 r. \quad (9)$$

Зміна маси забруднювача у замкненому об'ємі  $V$  в одиницю часу  $t$  дорівнює

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho_3 d^3 r = - \oint_f \rho_3 \vec{v}_3 d \vec{f} + \int_V Q_3 d^3 r . \quad (10)$$

Тут перший інтеграл по замкненій поверхні  $f$  у правій частині рівняння (10) дає зміну маси забруднювача в об'ємі  $V$  в одиницю часу за рахунок його руху крізь замкнену поверхню  $f$ . Другий інтеграл у правій частині рівняння (10) дає зміну маси забруднювача в об'ємі  $V$  в одиницю часу за рахунок наявності у ньому джерел та викидів забруднювача, що задаються функцією  $Q_3$ .

Джерела зв'язані з зовнішніми викидами забруднювача в атмосферу та можуть бути описані функцією  $Q_{дж}(\vec{r}, t)$ . Функція  $Q_{дж}(\vec{r}, t)$  задає масу забруднювача, яку викидають джерела за одиницю часу в одиницю об'єму атмосферного повітря, який містить точку  $\vec{r}$ .

Викиди, подібно джерелам, можна описати функцією  $Q_{cm}(\vec{r}, t)$ . Функція

$$Q_3(\vec{r}, t) = Q_{дж}(\vec{r}, t) + Q_{cm}(\vec{r}, t) . \quad (11)$$

Виходячи з теореми Остроградського-Гауса, інтеграл по поверхні, який міститься у правій частині рівняння (10), перетворюємо в інтеграл по об'єму.

Окрім цього вважаємо, що об'єм  $V$  не змінюється з часом. Це дозволяє диференціювати по часу підінтегральний вираз у лівій частині рівняння (10). Врешті-решт, отримаємо

$$\int_V \frac{\partial \rho_3}{\partial t} d^3 r = - \int_V \text{div} \rho_3 \vec{v}_3 d^3 r + \int_V Q_3 d^3 r . \quad (12)$$

Враховуючи, що рівність (12) виконується для будь-якого об'єму  $V$ , одержимо

$$\frac{\partial \rho_3}{\partial t} = - \text{div} \rho_3 \vec{v}_3 + Q_3 . \quad (13)$$

З урахуванням рівностей (4) та (7) запишемо рівність (13) у вигляді

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = - \text{div} \rho_3 \vec{V}_\kappa - \text{div} \vec{i}_3 + Q_3 . \quad (14)$$

Закон збереження маси для повітря співпадає з (14) з точністю до позначення

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} = - \text{div} \rho_n \vec{V}_\kappa - \text{div} \vec{i}_n + Q_n . \quad (15)$$

Рух двокомпонентного газу, як цілого, описується рівнянням Нав'є-Стокса

$$\rho_\Sigma \left\{ \frac{\partial \vec{V}_\kappa}{\partial t} + (\vec{V}_\kappa \nabla) \vec{V}_\kappa \right\} = - \nabla P + \eta \Delta \vec{V}_\kappa + \left( \xi + \frac{\eta}{3} \right) \nabla \text{div} \vec{V}_\kappa + \vec{F}_{cm} , \quad (16)$$

де  $\eta$  та  $\xi$  – відповідно коефіцієнти першої та другої в'язкості, які передбачаються заданими,  $P$  – тиск у двокомпонентному газі, а  $\vec{F}_{cm}$  – стороння сила, яка передбачається

заданою (сторонньою силою може бути, наприклад, сила тяжіння).

Закон збереження енергії двокомпонентного газу записується у вигляді

$$\rho_{\Sigma} T \left\{ \frac{\partial S}{\partial t} + (\vec{V}_{\kappa} \nabla) S \right\} = \sigma_{ik} \frac{\partial V_{ki}}{\partial x_{\kappa}} - \operatorname{div} \vec{q} + \mu \operatorname{div} \vec{i}_3, \quad (17)$$

де  $T$  та  $S$  – відповідно температура та ентропія двокомпонентного газу.

Тензор в'язкості  $\sigma_{ik}$ , вектор потоку тепла  $\vec{q}$  та хімічний потенціал  $\mu$  двокомпонентного газу передбачаються заданими.

Вираз для вектора дифузії  $\vec{i}_3$  записується з простих феноменологічних міркувань. Будемо вважати, що в горизонтальній площині, яка співпадає з площиною  $x, y$ , якості атмосфери не залежать від напрямку, але відмінні у вертикальному напрямку, який співпадає з віссю  $z$ . Тоді компоненти вектору дифузії  $\vec{i}_3$  можна записати у вигляді

$$i_{3x} = -D_{\parallel} \rho_{\Sigma} \frac{\partial}{\partial x} \frac{\rho_3}{\rho_{\Sigma}} - K_T \frac{\partial T}{\partial x} - K_P \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (18)$$

$$i_{3y} = -D_{\parallel} \rho_{\Sigma} \frac{\partial}{\partial y} \frac{\rho_3}{\rho_{\Sigma}} - K_T \frac{\partial T}{\partial y} - K_P \frac{\partial P}{\partial y}, \quad (19)$$

$$i_{3z} = -D_{\perp} \rho_{\Sigma} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\rho_3}{\rho_{\Sigma}} - \chi_T \frac{\partial T}{\partial z} - \chi_P \frac{\partial P}{\partial z}. \quad (20)$$

Перші доданки у правих частинах рівностей (18) – (20) описують дифузію, що обумовлена залежністю  $\rho_3$  від  $\vec{r}$ , другі – термодифузію, треті – бародифузію. Коефіцієнти  $D_{\parallel}, D_{\perp}, K_T, \chi_T, K_P, \chi_P$  передбачаються заданими. Коефіцієнти дифузії  $D_{\parallel}$  та  $D_{\perp}$  – позитивні, а коефіцієнти термодифузії  $K_T$  і  $\chi_T$  та коефіцієнти бародифузії  $K_P$  і  $\chi_P$  можуть бути як позитивні, так і негативні.

Аналогічно записується вектор дифузії  $\vec{i}_n$ . При цьому повинно виконуватись рівняння (6).

Система трьох скалярних рівнянь (14), (15), (17) та одного векторного рівняння (16) є повна система рівнянь відносно чотирьох функцій  $\rho_3(\vec{r}, t)$ ,  $\rho_n(\vec{r}, t)$ ,  $P(\vec{r}, t)$ ,  $\vec{V}_{\kappa}(\vec{r}, t)$ .

При цьому ентропія  $S$  та температура  $T$  задаються рівняннями стану, згідно з якими  $S = S(\rho_3, \rho_n, P)$  та  $T = T(\rho_3, \rho_n, P)$ . Рівняння стану визначаються якостями двокомпонентного газу, що розглядається, та передбачаються заданими.

При заданих початкових та граничних умовах рішення системи рівнянь (14) – (17) з урахуванням рівностей (18) – (20) дозволяє знайти концентрацію забруднювача  $\rho_3(\vec{r}, t)$  у будь-якій точці простору та у будь-який момент часу. Зміна концентрації забруднювача в просторі та в часі згідно з системою рівнянь (14) – (17) та рівностей (18) – (20) визначається конвективним переносом забруднювача зі швидкістю  $\vec{V}_{\kappa}$ , а також дифузією, термодифузією та бародифузією.

Загальне рішення такої задачі у теперішній час отримати неможливо.

Розвиток сучасних комп'ютерних технологій дозволяє для кожного конкретного випадку одержати чисельне рішення для функції  $\rho_3(\vec{r}, t)$ . Між тим безумовні переваги мають аналітичні рішення задачі про розповсюдження забруднення, які можна отримати в

умовах наявності низки припущень, що суттєво спрощують рівняння (14) – (20).

Таким чином аналітичні рішення не тільки дають точне рішення задачі при зробленій низці припущень. Крім того, вони дозволяють якісно описати розповсюдження забруднень у досить загальних випадках навіть тоді, коли зроблені припущення не реалізуються. Нижче наводиться низка таких аналітичних рішень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Матеріали впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / за ред. С.С.Куруленка. – К.: ДЕІ Мінприроди України, 2007. – 216 с.

2. Экология города: Учебник. Под общ. ред. Ф.В.Стольберга –К.: Либра, 2000. – 464 с.

3. Захаренко О.В. Підвищення безпеки життєдіяльності об'єктів хімічної промисловості шляхом моделювання заходів по локалізації надзвичайних ситуацій / О.В. Захаренко, М.І. Адаменко, О.А. Клименко // Системи озброєння і військова техніка. – Наук. журнал. - № 2 (18). – Х.: Харків. ун-т Повітряних Сил, 2009. – С. 73-78.

4. Селіванов С.Є. Проблеми забезпечення екологічної безпеки функціонування потенційно небезпечних об'єктів / С.Є. Селіванов, М.І. Адаменко // Збірник наукових праць ХНУ ім. Каразіна. - Х., 2010. – С. 187-194.

5. Адаменко М.І. Зниження масштабів екологічного впливу аварій на потенційно небезпечних об'єктах шляхом їх своєчасного виявлення / М.І. Адаменко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Збірник наукових праць. – Вип. 4 (16). - К.: ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», 2010. - С. 240-243.

6. Адаменко М.І. Дослідження меж екологічного впливу хімічно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище / М.І. Адаменко // Науковий вісник будівництва. – Вип. 35. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С. 6-8.

7. Адаменко Н.И. Классификация чрезвычайных ситуаций по видам ресурсов, применяемых для их ликвидации / Н.И. Адаменко // Науковий вісник будівництва. – Вип.18 – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002. – С. 11-13.

8. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 448 с.

9. Берлянд М.Е. Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха / М.Е. Берлянд - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 163 с.

#### **Purification problems in tanks**

The article examines the adverse ecological impact on the environment of emissions from reservoirs of oil residues during their airing before the repairs or other works, as well as before the changing of the class of petroleum products. Was shown a complex of mathematical calculations for various types of ecological impact of objects of oil and gas complex on the atmosphere, that allows to estimate the limits of spreading the crisis environmental situation. Provides measures which prevents the development of possible accidents involving the release of hazardous substances into the atmosphere and industrial accidents. The result of this work is a devising mechanism and creation of informational model of spreading pollutions in the atmosphere with given initial and boundary conditions, which allows to predict the spreading of pollutant concentration in space and time for almost all possible situations. In addition, to reduce the duration of reservoirs cleaning and reducing the level of fire and explosion hazard process of their ventilation is also necessary to study regularities of turbulent transport of petroleum products vapor and convective mass transfer in the gas space of reservoirs in their venting.