

**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

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

Лісняк Андрій

Анатолійович

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.

Особенности 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

Ключка Ю.П.

Вплив маси небезпечної речовини, як випадкової величини, на наслідки від надзвичайної ситуації 90

Ковалевська Т.М.

Участь прокурора при проведенні досудового слідства по справам про прожежі 93

Кустов М.В., Калугин В.Д.

Электрофизический метод интенсификации осадков над зоной масштабного пожара 96

Островерх О.О.

Аналіз нормативно-правової бази України з питань пожежної безпеки 99

Савельев Д.И., Чиркина М.А., Киреев А.А.

Исследования возможности применения пенообразующих систем в тушении низовых лесных пожаров 102

| | |
|--|-----|
| <i>Савченко О.В., Стецюк Є.І.</i> Використання гелеутворюючих систем для запобігання надзвичайних ситуацій на складах зберігання артилерійських боєприпасів | 105 |
| <i>Chou Young Fat</i> Fire protection and extinguishing for marine applications | 110 |
| СЕКЦІЯ 4. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ПРОМИСЛОВОСТІ | |
| <i>Азаров С.І.; Сидоренко В.Л., Демків А.М.</i> Можливі методи аналізу пожежного ризику | 112 |
| <i>Афанасенко К.А.</i> Обобщенная температурно-временная характеристика прочности и деформативности полимеров в условиях пожара | 115 |
| <i>Гарбуз С.В.</i> Забруднення атмосфери залишками нафтопродуктів під час дегазації резервуарів | 120 |
| <i>Грінченко Є.М.</i> Управління аварійним ризиком при залізничних перевезеннях нафтопродуктів | 125 |
| <i>Гуліда Е.М., Коваль О.М.</i> Оптимізація необхідної номенклатури і кількості протипожежних засобів в приміщеннях цехів промислових об'єктів | 129 |
| <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 | 133 |
| <i>Кулаков О.В., Лісін О.С.</i> Аналіз сучасних методів розрахунку блискавкозахисту | 136 |
| <i>Липовий В.О., Удянський М.М.</i> Спосіб визначення нафтозалишків у вертикальних сталевих резервуарах | 140 |
| <i>Луценко Ю.В., Устич С.В.</i> Исследование влияния температуры и продолжительности процесса газификации полукокса на воспламеняемость получаемых газов | 143 |
| <i>Чуб І.А., Матухно В.В.</i> Оцінка впливу надзвичайної ситуації з вибухом хмари газоповітряної суміші | 146 |
| <i>Михайлюк О.П., Коврегін В.В.</i> Про необхідність удосконалення системи категорювання об'єктів за вибухопожежною та пожежною небезпекою | 149 |
| <i>Олійник В.В.</i> Вплив фактора тиску на забезпечення безпеки виробництв, пов'язаних з переробкою парогазових систем | 152 |

| | |
|--|-----|
| <i>Петухова Е.А., Горносталь С.А.</i> Повышение пожарной безопасности пулеулавливателя | 155 |
| <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 | 158 |
| <i>Роянов О.М.</i> Шляхи підвищення безпеки технологічних процесів на теплоелектроцентралях паро-повітрянодувних станцій підприємств металургії | 163 |
| <i>Собина В.О., Борисова Л.В.</i> Аналіз та прогноз стану безпеки об’єкту обчислювальної техніки в умовах надзвичайних ситуацій | 166 |
| <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 | 171 |
| <i>Тарадуда Д.В.</i> Особливості надзвичайних ситуацій пов’язаних з терористичними актами на потенційно небезпечних об’єктах | 174 |
| <i>Тесленко А.А.</i> Взрывоопасность помещений с природным газом | 177 |
| <i>Чуб І.А., Бודько А.І.</i> Система моніторингу пожежі об’єктів зберігання рослинної сировини | 180 |
| <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 | 183 |
| <i>Луценко Ю.В., Яровой Е.А.</i> Влияние основных технологических факторов подземной газификации углей на воспламеняемость получаемых газов | 188 |
| <i>Луценко Ю.В., Яровой Е.А.</i> Определение состава и области воспламенения газов, образующихся при подземной газификации угля | 193 |
| <i>Vang Po</i> The methods of detecting self-heating of vegetable raw materials for storage: current state and prospects of development | 195 |
| СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ В ПОЖЕЖНІЙ БЕЗПЕЦІ | |
| <i>Абрамов Ю.А., Кальченко Я.Ю.</i> Модели тестирования тепловых пожарных извещателей | 197 |

| | |
|--|-----|
| <i>Абрамов Ю.А., Тищенко Е.А.</i> Частотные характеристики объекта управления систем автоматического тушения пожара | 199 |
| <i>Андронов В. А., Поспелов Б. Б., Рибка С. О.</i> Максимально-диференційний тепловий пожежний сповіщувач з підвищеною швидкістю визначення ознак пожежі | 201 |
| <i>Антошкін О.А.</i> Застосування методу еквівалентних впливів для визначення характеристик чутливих елементів димових оптико-електронних пожежних сповіщувачів | 205 |
| <i>Важинський С. Е., Грищенко Д.В.</i> Оптимізація процесу вимірювання параметрів системи протипожежного водопостачання | 208 |
| <i>Бондаренко С.Н.</i> Результаты экспериментальных исследований чувствительного элемента линейного извещателя пламени | 211 |
| <i>Дерев'янюк О.А.</i> Аналіз технічного рівню автоматичних систем протипожежного захисту резервуарів і пропозиції по впровадженню установки НУЦЗУ-2 | 214 |
| <i>Литвяк А. Н., Мурин М.Н.</i> Аппроксимация параметров распределительных сетей автоматических систем газового пожаротушения диоксидом углерода | 218 |
| <i>Подорожняк А.О., Любченко Н.Ю., Лавров В.П.</i> Обработка мультиспектральных изображений в системе мониторингу пожежної безпеки | 221 |
| <i>Христин В.В., Маляров М.В., Бондаренко С.М.</i> Аналіз залежностей методів виявлення пожежі | 226 |
| <i>Цвиркун С.В., Джулай А.Н.</i> Информационные технологии в пожарно-профилактической деятельности | 229 |
| СЕКЦІЯ 6. ТАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ | |
| <i>Denys Liebiediev, Eric Carlström</i> Three level collaboration; when collaboration elements have an impact on the employees' practical performances | 233 |
| <i>Denys Liebiediev, Amir Khorram-Manesh</i> Ukrainian experience in using maxsim (mass casualty simulation) training | 234 |
| <i>Беляев В.Ю.</i> Использование гис-технологий для нахождения оптимального маршрута доставки сил и средств при локализации природного пожара | 235 |

| | |
|---|-----|
| <i>Виноградов С.А., Соколов Л.М.</i> Аналіз небезпечних та шкідливих чинників аварійно-рятувальних робіт та їх безпека | 237 |
| <i>Дубінін Д.П., Лісняк А.А.</i> Удосконалення математичної моделі вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів для створення протипожежного бар'єру | 240 |
| <i>Катещенок А.В.</i> Аналіз критеріїв збудження вибуху боєприпасів на об'єктах зберігання військових засобів ураження | 243 |
| <i>Лісняк А.А., Дубінін Д.П.</i> Обґрунтування часу слідування оперативно-рятувальних підрозділів до місця пожежі в сільських населених пунктах | 246 |
| <i>Стрелець В.М., Тригуб В.В.</i> Щодо виконання типових операцій ліквідації надзвичайних ситуацій в комплексах засобів індивідуального захисту | 249 |
| <i>Сыровой В.В., Сенчихин Ю.Н. Остапов К.М.</i> Особенности бинарной подачи гелеобразующих составов на пожаротушение | 254 |
| <i>Корытченко К.В., Сакун О.В., Хілько Ю.В.</i> Численное моделирование внутриваллистических процессов в газодетонационной установке метания тушащих веществ | 259 |
| <i>Хлевной О.В., Горбань В.Б., Жезло Н.В.</i> Обґрунтування об'ємно-планувальних рішень тематичної навчальної квест-кімнати | 262 |
| <i>Щербак С. М., Онищенко Д. О.</i> Використання пожежних кран-комплектів для гасіння пожеж у висотних житлових будівлях | 266 |
| СЕКЦІЯ 7. СИЛИ ТА ЗАСОБИ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ | |
| <i>Васильев С.В., Ковальов О.О.</i> Пропозиції щодо можливості високопродуктивного перекачування води основним пожежним автомобілем | 269 |
| <i>Донской Д.В. Ковалёв А.А.</i> Разработка инженерной машины разминирования с воздушной разгрузкой | 273 |
| <i>Закора О.В., Феценко А.Б.</i> Малогабаритна антена портативного радіолокаційного вимірювача товщини льоду | 278 |
| <i>Калиновський А.Я.</i> Аналіз досліджень щодо вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту автомобільної техніки рятувальних підрозділів | 281 |
| <i>Ковалев А.А., Баркалов В.Г.</i> Разработка новой конструкции лесопожарного грунтомета | 285 |

| | |
|--|-----|
| <i>Ларін О.М., Коханенко В.Б., Донський Д.В.</i> Вимоги до конструкції плавзасобів для рятування на водах | 288 |
| <i>Молодика Є.А., Філобок Д.С.</i> Удосконалення способу контролю за експлуатацією пожежно-технічного та аварійно-рятувального оснащення | 292 |
| <i>Неклонський І.М.</i> Оцінювання готовності аварійно-рятувальних підрозділів до виконання завдань за призначенням | 295 |
| <i>Пирогов А.В.</i> Анализ существующих проблем обеспечения безопасности населения при возникновении чрезвычайных ситуаций на территории харьковской области | 299 |
| <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 | 302 |
| <i>Пономаренко Р.В., Стадник Д.О.</i> Порівняльний аналіз захисного одягу та спорядження рятувальника | 305 |
| <i>Рогозін А.С., Боровенська О.О.</i> Визначення чисельності особового складу оперативно-рятувальних підрозділів | 308 |
| <i>Скородумова О.Б. Тарахно Е.В., Крадожон В.А., Потоцкий Е.С.</i> Кремнеземистые огнестойкие эластичные покрытия для защитных костюмов | 311 |
| <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 | 315 |
| <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 | 318 |
| <i>Чернобай Г.А., Назаренко С.Ю.</i> Определение жесткости пожарного рукава диаметром 51 мм | 321 |

СЕКЦІЯ 1. ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИТОК ПОЖЕЖІ

Ю.А. Абрамов, докт. техн. наук, проф., НУГЗУ

КОМПЛЕКС МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ТУШЕНИЯ ПОЖАРА КЛАССА В РАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Система тушения пожара в общем случае представляет собой совокупность объекта управления и управляющего устройства или устройства управления [1]. Поставленная перед такой системой цель – гарантированное обеспечение тушения пожара, может быть выполнена при различной реализации этой системы. Эти различия определяются принципами построения системы, под которыми понимается порядок организации целенаправленных действий всех элементов системы, обеспечивающих гарантированное достижение поставленной цели. В общем случае принцип построения системы тушения пожара предусматривает следующие процедуры:

- получение информации о цели управления, состоянии системы, интенсивности и характере мешающих воздействий;
- обработка полученной информации и формирование сигнала, содержащего сведения о требуемом характере воздействия на объект управления;
- преобразование сигнала в соответствующее воздействие на рабочий процесс объекта управления.

Поставленная цель в формализованном виде описывается целевой функцией, которая применительно к системам тушения пожара класса В распыленной водой имеет вид

$$T_T - T(t) \leq 0, \quad (1)$$

где $T(t)$, T_T - температура поверхности горячей жидкости и температура ее тушения соответственно.

Для описания процессов, имеющих место при тушении пожара класса В распыленной водой, т.е. процессов, протекающих в объекте управления системы тушения пожара, могут использоваться математические модели, принадлежащие классам дифференциальных уравнений в частных производных, передаточных функций или векторных матричных уравнений. В первом случае для описания процесса тушения используется дифференциальное уравнение теплопроводности в подвижной системе координат [2]

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (2)$$

с начальными и граничными условиями

$$\theta(x,0) = 0; \quad \frac{\partial \theta(0,\tau)}{\partial x} = -\frac{raK}{\lambda v(T_K - T_0)} I(t), \quad (3)$$

где $\tau = v^2 a^{-1} t$; $x = va^{-1} z$; $\theta(x,\tau) = (T_K - T)(T_K - T_0)^{-1}$; $T(x,t)$ - температура горючей жидкости; T_K - температура кипения горючей жидкости; T_0 - температура окружающей среды; a, v, λ - коэффициент температуропроводности, линейная скорость выгорания и

теплопроводность жидкости соответственно; r, K, I - теплота испарения, коэффициент использования и интенсивность подачи распыленной воды соответственно.

Для получения математических моделей объекта управления систем тушения пожара класса В распыленной водой, принадлежащих классу передаточных функций, разработаны алгоритмы, обеспечивающие получение таких моделей в виде иррациональных или дробно-рациональных функций комплексного аргумента. Во втором случае возможно представление передаточных функций объекта управления в виде формулы Мейсона

$$W(p) = \frac{raK}{\lambda\nu(T_K - T_0)} \left[\sum_{i=0}^2 c_i p^{i-3} \right] \left[1 + \sum_{j=0}^2 d_j p^{j-3} \right]^{-1}, \quad (4)$$

где c_i, d_j , - параметры.

Векторно-матричное описание процессов в объекте управления возможно в одномерном или многомерном входном воздействии или для развязанных переменных. Такая векторно-матричная математическая модель имеет вид

$$\frac{dx}{dt} = Ax + BI;$$

$$\theta = \frac{raK}{\lambda\nu(T_K - T_0)} Cx. \quad (5)$$

Для случая одномерного входного воздействия матрицы A, B и C имеют вид

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ d_1 & d_2 & d_3 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; C = [c_1 \quad c_2 \quad c_3] \quad (6)$$

Разработанный комплекс математических моделей применительно к процессам тушения пожара класса В распыленной водой открывает новые возможности на пути совершенствования систем тушения таких пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики / Ю.А. Абрамов. – Х.: ХИПБ, 1993. – 288с.
2. Садковой В.П. Упрощенная математическая модель объекта управления системы автоматического пожаротушения / В.П. Садковой, Ю.А. Абрамов // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2007. – Вип. 43. – С. 142-146.

Y.A. Abramov

COMPLEX OF MATHEMATICAL MODELS FOR PROCESSES OF FIRE FIGHTING CLASS B WITH SPRAYED WATER

Was devised complex of mathematical models for processes of fire fighting class B with sprayed water.

МОДЕЛЬ ВОСХОДЯЩИХ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ НАД ГОРЯЩИМ НЕФТЕПРОДУКТОМ

Пожар в обваловании резервуар с нефтепродуктом является одной из самых сложных опасных чрезвычайных ситуаций в резервуарном парке. Основная опасность состоит в распространении пожара на резервуар. Наиболее эффективным способом защиты резервуара является разработка системы автоматического тушения пожара в обваловании резервуара. Построение такой системы требует оценки теплового воздействия пожара на резервуар с нефтепродуктом.

В работе [3] построена математическая модель теплового воздействия пожара на резервуар с нефтепродуктом, учитывающая, в том числе, конвективный теплообмен с восходящими над очагом горения продуктами горения и разогретым воздухом. Требуемые для этого значения скорости воздушного потока и его температуры оценены в [4] на основе теории турбулентных струй [1, 2]. Но полученное решение опирается на понятие оси струи, которая есть у круговой струи или близких к ней по форме. Для струй, у которых невозможно выделить ось, описанный в [4] подход не применим.

Будем полагать границу области разлива односвязной, а восходящий конвективный поток – свободной затопленной турбулентной струей [1], имеющей на уровне разлива вертикальную скорость u_0 и температуру, равную температуре факела.

Рассмотрим сначала распределение скоростей в круговой осесимметричной струе на высоте z от ее фокуса – точки O (рис. 1) [1].

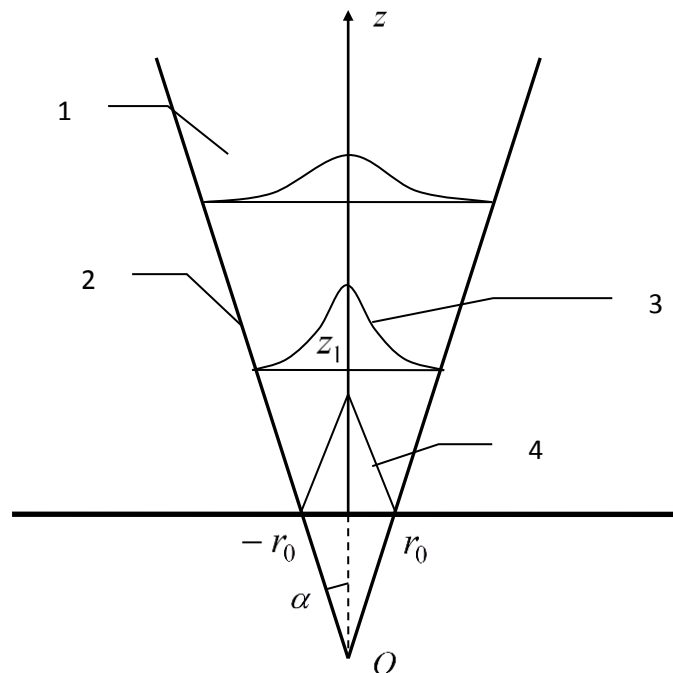


Рис. 1 – Осесимметричная круговая струя: 1 – основной участок струи; 2 – граница струи; 3 – распределение скоростей в струе на высоте z_1 ; 4 – начальный участок струи

$$u(r, z) = u_0(z) f\left(\frac{r}{R(z)}\right), \quad (1)$$

где r – расстояние до оси струи; $u(r, z)$ – вертикальная скорость потока на высоте z и на расстоянии r от оси струи; $u_0(z)$ – скорость потока на оси струи; $R(z)$ – полуширина струи:

$$R(z) = z \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad (2)$$

$\operatorname{tg} \alpha \approx 0,222$ – эмпирически определенный параметр для круговых струй; $f(x)$ – полуэмпирическая функция [2]. На рис. 2 приведены функция $f(x)$ и ее аппроксимация в виде

$$\tilde{f}(x) = \exp(-Ax^2), \quad (3)$$

где $A = 5,46$ – константа, определенная из условия минимума

$$\max_i |f(x_i) - \exp(-Ax_i^2)| \rightarrow \min_A,$$

где $x_i = 0; 0,1; 0,2; \dots 1$. Абсолютная погрешность такой аппроксимации не превосходит 0,046.

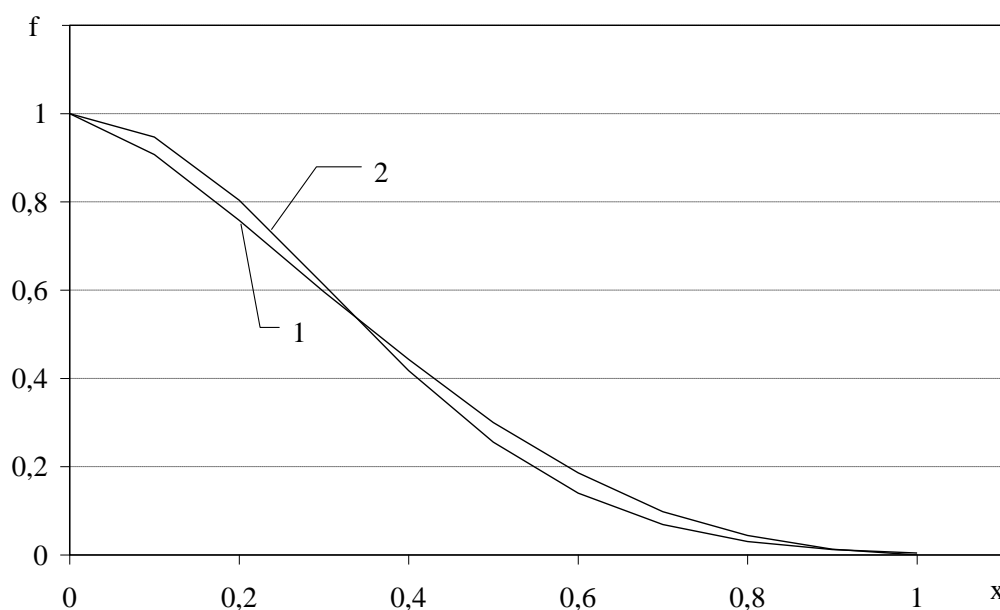


Рис. 2 – Функция распределения скоростей потока осесимметричной струи: 1 – полуэмпирическая функция $f(x)$ [2]; 2 – ее аппроксимация $\tilde{f}(x)$

Объединяя выражения (1)-(3) получим распределение скоростей внутри потока в виде

$$u(r, z) = u_0(z) \exp\left(-B \frac{r^2}{z^2}\right), \quad (4)$$

где $B = A/\operatorname{tg} \alpha \approx 5,46/0,222 = 24,6$.

Определим расход газовой среды через горизонтальное сечение на высоте z :

$$Q(z) = \int_{-\infty - \infty}^{+\infty + \infty} \int u(r, z) dS.$$

Подставляя сюда выражение (4) и интегрируя в полярных координатах, получим

$$\begin{aligned} Q(z) &= u_0(z) \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\infty} r \cdot \exp\left(-B \frac{r^2}{z^2}\right) dr = 2\pi u_0(z) \frac{1}{2} \int_0^{\infty} \exp\left(-B \frac{r^2}{z^2}\right) d(r^2) = \\ &= \pi u_0(z) \left(-\frac{z^2}{B}\right) \exp\left(-B \frac{r^2}{z^2}\right) \Big|_0^{\infty} = \frac{\pi}{B} z^2 u_0(z). \end{aligned}$$

Представим распределение скоростей внутри потока в виде произведения общего расхода через сечение $Q(z)$ и плотности распределения в сечении $p(r, z)$

$$u(r, z) = \left[\frac{\pi}{B} z^2 u_0(z)\right] \times \left[\frac{B}{\pi z^2} \exp\left(-B \frac{r^2}{z^2}\right)\right] = Q(z) p(r, z),$$

где $p(r, z) = \frac{B}{\pi z^2} \exp\left(-B \frac{r^2}{z^2}\right)$. Или, в декартовых координатах:

$$u(x, y, z) = Q(z) p(x, y, z),$$

где $p(x, y, z) = \frac{B}{\pi z^2} \exp\left(-B \frac{x^2 + y^2}{z^2}\right)$; $r^2 = x^2 + y^2$.

Рассмотрим функцию $p(x, y, z)$ и сделаем замену переменных:

$$z^2 = t; \quad 4a = \frac{1}{B}. \quad (5)$$

Тогда функция плотности примет вид

$$p(x, y, t) = \frac{1}{4\pi a t} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{4at}\right),$$

являющийся решением дифференциального уравнения параболического типа [6]

$$\frac{\partial p}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right), \quad -\infty < x < \infty; \quad -\infty < y < \infty; \quad t > 0 \quad (6)$$

с начальным условием

$$p(x, y, 0) = \delta(x)\delta(y),$$

где $\delta(x)$, $\delta(y)$ – δ -функция Лапласа. В рассматриваемом случае начальное условие в

виде δ - функции соответствует точке фокуса струи, в которой плотность распределения скоростей вырождается в δ -функцию.

Решением дифференциального уравнения (6) с произвольным начальным условием $p(x, y, 0) = p_0(x, y)$ является

$$p(x, y, t) = \frac{1}{4\pi at} \iint_{-\infty-\infty}^{\infty} p_0(\xi, \eta) \exp\left[-\frac{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}{4at}\right] d\xi d\eta. \quad (7)$$

Будем полагать, что для произвольной формы горящего разлива Ω функция плотности распределения скоростей восходящего потока определяется выражением (7), где

$$p_0(x, y) = \begin{cases} 1/S_\Omega, & (x, y) \in \Omega, \\ 0, & (x, y) \notin \Omega, \end{cases}$$

где S_Ω – площадь разлива.

Выполняя замену, обратную (5), получим

$$p(x, y, z) = \frac{B}{\pi z^2} \iint_{\Omega} \exp\left[-B \frac{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}{z^2}\right] d\xi d\eta,$$

где z отсчитывается от поверхности разлива.

Определим теперь расход газа $Q(z)$. У поверхности разлива

$$Q(0) = u_0 S_\Omega,$$

где u_0 – начальная скорость газового потока.

Известно [5], что для круговой струи на достаточно большом удалении от сопла его форма не имеет расход растет пропорционально z . Поэтому будем полагать $Q(z)$ линейной функцией:

$$Q(z) = Q_0 + \beta z.$$

В [2] приведена зависимость расхода газа в струе в зависимости от высоты над круговым соплом радиуса r_0 :

$$Q = 2,2 Q_0 \left(\frac{a_0 z}{r_0} + 0,29 \right),$$

где $a_0 = 0,07 \div 0,08$ – коэффициент структуры турбулентной струи. Следовательно,

$$\beta = 2,2 \frac{Q_0 a_0}{r_0} \approx 1,65 \frac{Q_0}{r_0}.$$

Для некруговой струи вместо радиуса r_0 будем использовать эффективный радиус $r_{эф}$

$$r_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{S_{\Omega}}{\pi}}.$$

Тогда,

$$Q(z) = Q_0 \left(1 + 1,65 \sqrt{\frac{\pi}{S_{\Omega}}} z \right) = Q_0 \left(1 + \frac{2,92}{\sqrt{S_{\Omega}}} z \right).$$

Таким образом, распределение скоростей в потоке, восходящем над горячей жидкостью, приближенно можно представить в виде

$$u(x, y, z) = 7,83 Q_0 \left(1 + \frac{2,92}{\sqrt{S_{\Omega}}} z \right) \frac{1}{z^2} \iint_{\Omega} \exp \left[-B \frac{(x-\xi)^2 - (y-\eta)^2}{z^2} \right] d\xi d\eta,$$

где расстояние z отсчитывается от поверхности разлива.

Распределение температур в потоках, восходящих над очагом горения, оценим соотношения подобия полей скоростей и температур:

$$\frac{\Delta T(x_1, y_1, z_1)}{\Delta T(x_2, y_2, z_2)} = \sqrt{\frac{u(x_1, y_1, z_1)}{u(x_2, y_2, z_2)}}.$$

где $\Delta T(x, y, z) = T(x, y, z) - T_0$; T_0 – температура окружающей среды.

Построена модель, описывающая распределение скоростей и температур в воздушном потоке, восходящим над очагом горения нефтепродукта. Модель опирается на теорию свободных турбулентных затопленных струй. Полученные результаты могут быть использованы для оценки теплового воздействия пожара в обваловании на резервуар с нефтепродуктом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1991. – 600 с.
2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – М.: Физматгиз, 1960. – 715 с.
3. Басманов А.Е. Моделирование теплового воздействия пожара на резервуар с нефтепродуктом / А.Е. Басманов, Я.С. Кулик // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. 2013. – №34. – С. 25-29.
4. Басманов А.Е. Оценка параметров воздушного потока, поднимающегося над горящим разливом произвольной формы // А.Е. Басманов, Я.С. Кулик // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. 2013. – №33. – С.17-21.
5. Повх И.Л. Техническая гидромеханика / Л.И. Повх. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
6. Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики / А.Д. Полянин. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.

A.E. Basmanov, DSc, Prof., chief researcher, NUCDU; Y.S. Kulik, lecturer, NUCDU

MODEL ASCENDING CONVECTIVE FLOW OVER A HOT OIL

A model describing the convective upwellings over burning oil spills of any form is build. The model allows calculate velocity and temperature distribution in the flow.

ПРОГНОЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ДИНАМІКИ ЗМІНИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПОДІЙ У ЧАСІ

Одним з найбільш ефективних факторів зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру є створення і запровадження нових інформаційних технологій контролю за критичними параметрами технологічних процесів на об'єктах з небезпечною діяльністю на основі широкого використання автоматизованих і комп'ютерних засобів відповідно до Концепції створення єдиної державної системи запобігання і реагування на аварії, катастрофи та інші надзвичайні ситуації, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 7 липня 1995 р. № 501.

Кожний конкретний об'єкт є індивідуальним набором параметрів та інформаційних додаткових даних. Кожний параметр в інформаційній базі має: своє критичне значення, вище якого він переходить в передаварійну область; кожний з параметрів має і свій поріг аварійності; всі параметри інформаційної бази взаємозалежні, впливаючи один на одного тою чи іншою мірою.

Ступінь впливу параметрів один на одного досить різний і визначає швидкість наростання аварійного процесу. Відслідковуючи ситуацію з повним набором інформаційних даних на екрані монітора в режимі реального часу, важко передбачати розвиток ситуації через наступні причини: непередбачена кількість даних (приблизно від 10 до 500); велика кількість різнотипних об'єктів з різними технологічними процесами; однозначне існування гіпероб'єктів, що припускає особливий, індивідуальний підхід, деталізація інформації технологічних процесів, логічні залежності при зв'язках і впливі параметрів один на одного; знання технологічних процесів на досить серйозному рівні, що неможливо для диспетчера і тим більше для прийняття правильних управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що необхідний ступінь інформованості досягається шляхом створення в найкоротший термін (0,5-3 доби) інформаційних систем різного класу й призначення (інформаційні, інформаційно-пошукові, інформаційно-керуючі), що функціонують на базі сучасних ПЕОМ, локальних мереж ПЕОМ, сучасних засобів зв'язку [1]. Така система повинна забезпечувати ідентифікацію та реєстрацію інформації про предметну галузь, що виникла, її зберігання, безперервне ведення й використання шляхом збору, агрегування, класифікації, переробки та видачі необхідної інформації в зручній для використання формі та з можливістю передачі її каналами зв'язку всім абонентам.

Особливе значення для нормального функціонування зазначених об'єктів має *забезпечення безпеки інформаційної інфраструктури країни при аваріях, катастрофах і стихійних лихах* [3]. Безпека – це комплексний критерій оцінки якості будь-якої сучасної системи, яка характеризує як динаміку системи, так і її технічне втілення.

Ризик можна оцінити тільки для об'єкту, та (або) системи, які підпадають під небезпеку. Тому ризик становить собою усвідомлену небезпеку (загрозу) настання в будь-якій системі негативної події з окресленими у часі та просторі наслідками або існування чи можливість ситуації при якій формуються передумови протидії реалізації задач і функції фірми і забезпеченню її безпеки. Показниками ризику можуть виступати соціальний, економічний, інші збитки та (або) змішаний збиток, повторюваність (імовірність) негативної події, яка становить собою показник небезпеки, комбінована характеристика збитку і повторюваності, тобто середні за одиницю часу втрати.

З урахуванням адаптації раніше розроблених методичних апаратів аналізу ризиків внаслідок надзвичайних ситуацій для об'єктів обчислювальної техніки, показано, що при

управлінні безпекою ООТ слід в оцінку ризику вводити весь спектр небезпек, можливих для досліджуваного ООТ при його роботі [3].

Розглянемо динаміку зміни небезпечних подій у часі.

Якщо розуміти під безпекою ООТ відсутність непропустимого ризику враження об'єкта при виникненні небезпечних подій, для оцінки вводиться функція $S(t)$. Сукупність характеристик небезпечних подій, «зважених» з ймовірностями їх виникнення визначимо як функцію ризику $H(t)$.

Для спрощення «потік» небезпечних подій будемо наближено вважати пуассонівським. Тоді для j -ї компоненти досліджуваного об'єкта можна записати:

$$S_j(t) = \exp\left\{-t \sum_i^n \lambda_i \rho_{ij}\right\}, \quad (1)$$

$$H_j(t) = 1 - \exp\left\{-t \sum_{i=1}^n \lambda_i \rho_{ij}\right\}, \quad (2)$$

де λ_i – інтенсивність небезпечних подій i -го порядку; ρ_{ij} – ймовірність враження подією i -го виду j -ї компоненти досліджуваного об'єкта.

$$\lambda_i(t) = \frac{a_i(t)}{T}, \quad (3)$$

де $a_i(t)$ – математичне очікування числа подій i -го типу за період спостереження T .

Наближено можна вважати, що

$$\rho_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (4)$$

де n_{ij} – число небезпечних подій i -го виду, які призвели до враження j -ї компоненти; n_i – загальне число небезпечних подій i -го виду; n – число джерел небезпеки для даного ООТ.

Тоді сумарні функції безпеки та ризику для всіх компонентів об'єкту будуть такими:

$$S_\Sigma(t) = \prod_{j=1}^k S_j(t) = \exp\left\{-t \sum_{j=1}^k \Lambda_j\right\} \quad (5)$$

$$H_\Sigma(t) = \prod_{j=1}^k H_j(t) = 1 - \exp\left\{-t \sum_{j=1}^k \Lambda_j\right\} \quad (6)$$

де $S_j(t)$, $H_j(t)$ – функції безпеки і ризику для j -го компоненту об'єкта;

$$\Lambda_j = \sum_{i=1}^n \lambda_i \rho_{ij}.$$

Проаналізуємо застосування на практиці наведених формул (1-6).

Для того ж об'єкта обчислювальної техніки ($K = 2$, п.6 прикладу 1) за результатами спостережень обчислені наступні інтенсивності небезпечних подій [3]:

I. виникнення проблеми із технікою $\rho_I(A) = 2,74 \text{ год}^{-1}$

II. перехоплення інформації або НСД через допоміжне обладнання $\rho_{II}(A) = 1,37$ год⁻¹

III. ймовірність лихого задуму $\rho_{III}(A) = 0,8$;

IV. ймовірність виникнення реальної техногенної або стихійної загрози ззовні $\rho_{IV}(A) = 0,5$.

Тобто $n = 10$.

Протягом певного періоду спостережень мали місце:

50 подій I виду, з них 15 призвели до враження апаратури, 20 – до враження програмного забезпечення;

10 подій II виду, з них 3 призвели до враження апаратури, 5 – до враження програмного забезпечення;

5 подій III виду, з них 1 призвела до враження апаратури, 20 – до враження програмного забезпечення;

2 події IV виду, з них 1 призвела до враження апаратури, 1 – до враження програмного забезпечення.

Потрібно.

Визначити часткові та сумарні функції безпеки та ризику.

Для спрощення вважаємо, що:

1. інтенсивності відповідних подій вже обчислені за формулою (3);

2. повний умовний збиток дорівнює кількості всіх комплектів ООТ $Y(A) = 10$;

3. усі події вважаємо незалежними одна від одної;

4. компонент вважається враженим, коли вражено хоча б один із компонентів ООТ або програмного забезпечення.

1. За формулою (4) обчислимо ймовірність враження компонент досліджуемого об'єкту:

для апаратури: $\rho_I^{HARD} = \frac{15}{50} = 0,3$; $\rho_{II}^{HARD} = \frac{3}{10} = 0,3$; $\rho_{III}^{HARD} = \frac{1}{5} = 0,2$; $\rho_{IV}^{HARD} = \frac{1}{2} = 0,5$;

для програмного забезпечення:

$$\rho_I^{SOFT} = \frac{20}{50} = 0,4; \rho_{II}^{SOFT} = \frac{2}{10} = 0,2; \rho_{III}^{SOFT} = \frac{5}{5} = 0; \rho_{IV}^{SOFT} = \frac{1}{2} = 0,5.$$

Користуючись формулами (1) і (2) визначимо функції безпеки ризику для апаратури і програмного забезпечення по кожному із потоку подій:

– функції безпеки для апаратного забезпечення

$$S^{HARD}(t) = \exp\left\{-t \sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{HARD}\right\} = \exp\{-1,643t\}$$

– функція ризику для апаратного забезпечення

$$H^{HARD}(t) = 1 - S^{HARD}(t) = 1 - \exp\left\{-t \sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{HARD}\right\} = 1 - \exp\{-1,643t\}$$

– функції безпеки для програмного забезпечення

$$S^{SOFT}(t) = \exp\left\{-t \sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{SOFT}\right\} = \exp\{-2,42t\}$$

– функція ризику для програмного забезпечення

$$H^{SOFT}(t) = 1 - S^{SOFT}(t) = 1 - \exp\left\{-t \sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{SOFT}\right\} = 1 - \exp\{-2,42t\}$$

1. Сумарні функції безпеки та ризику за формулами (4), (5), (6):

$$S_{\Sigma}(t) = S^{HARD}(t) \cdot S^{SOFT}(t) = \exp\left\{-t \left(\sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{HARD} + \sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{SOFT}\right)\right\} = \exp\{-4,063t\}$$

$$H_{\Sigma}(t) = H^{HARD}(t) \cdot H^{SOFT}(t) = 1 - \exp\left\{-t \left(\sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{HARD} + \sum_{i=1}^4 \lambda_i \rho_i^{SOFT}\right)\right\} = 1 - \exp\{-4,063t\}$$

Отже, ймовірність нештатних ситуацій зростає по експоненті, а стан безпеки ООТ по експоненті спадає.

1. При управлінні безпекою ООТ слід керуватися наступним: в оцінку ризику вводити весь спектр небезпек, можливих для досліджуваного ООТ при його роботі; заходи щодо зниження ризику приймаються на найбільш несприятливих напрямках (рис.1) [3]. При виборі засобів захисту інформації перевагу надавати таким, які при однакових витратах забезпечують найбільше зниження ризику.

2. Крім виконання інформаційних функцій у межах такої системи повинні бути передбачені можливості моделювання та прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій при реалізації альтернативних стратегій управління ними, прогнозу потреби в ресурсах, що необхідні для ліквідації наслідків цих ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Качинський А.Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем / А.Б. Качинський. – К.: ДП НВЦ «Євроатлантикінформ», 2006. – 336 с.
2. Кузьмин И.П. Риск и безопасность с точки зрения системной динамики. Радиационная безопасность и защита АЭС/ И.П. Кузьмин, С.В. Романов – 1991. – Вып. 13. – С. 82-105.
3. Собина В.О. Аналіз та прогноз стану безпеки об'єкту обчислювальної техніки в умовах надзвичайних ситуацій // В.О. Собина, Л.В. Борисова, О.В. Єлізаров. Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук.пр. – Вып. 21. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 89-96. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Sobina.pdf>
4. Рагозин А.Л. Оценка и картографирование опасности и риска от природных и техноприродных процессов / А.Л. Рагозин. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1993. – № 4. – С. 16-41.
5. Могилевский В.Д. Введение в теорию управления безопасностью систем (методика и примеры) / В.Д. Могилевский Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2001. – № 5. – С. 4-22.

V.A. Sobina, Ph.D., L.V. Borisova, Ph.D., National University of Civil Defense of Ukraine

Analysis and forecast of security computing facility in emergency situations.

It is proposed to adapt previously developed methodical risk analysis devices due to emergency facilities computers. When managing OVT safety should be guided by the following: risk assessment to introduce the whole range of dangers possible for the test CET during its operation; risk reduction measures are taken in the most disadvantaged areas.

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИБОРУ ДОБАВОК ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДИМОУТВОРЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЕПОКСИПОЛІМЕРІВ

Горіння та тління полімерних матеріалів супроводжується, як правило, виділенням диму, що значно збільшує небезпеку при пожежах. «Видимий дим», що виділяється при горінні полімерів, складається з рідких частин летючої частини піролізу та твердих речовин (сажа, лусочки або сфери вуглецю, зола, дрібнодисперсні інгредієнти, оксиди, які виділяються в разі горіння елементоорганічних субстратів) [1]. Дисперсна фаза, що має розвинену поверхню, характеризується великою сорбційною здатністю. Велика кількість токсичних продуктів розкладання і горіння (хлороводень, ціанід водню, хлор, фосген, діоксид вуглецю та інші газоподібні і пароподібні продукти) здатні сорбуватись на поверхні дисперсної фази. Так, наприклад, було встановлено, що 1 г твердих часток диму, що виділяється ПВХ-матеріалами при 700°C, несе на собі від 10 до 60 мг хлористого водню [2]. Тому тверда і рідка фаза диму є не тільки світлопоглинаючим середовищем, а й токсичною фазою диму.

Щільний чорний дим, що найчастіше спостерігається при горінні полімерів, складається в основному з мікрокрапель смолистих речовин і частинок вуглецю розміром 0,1 - 10 мкм. Вуглецеві частки мають форму мікросфер або їх агрегатів. Мікросфери, що виникають в полум'ї, зазвичай мають розміри від 10 до 80 нм. Найбільші мікросфери утворюються в результаті термічного розкладання вуглеводнів при порівняно низьких температурах. Число частинок в агрегатах коливається від декількох одиниць до декількох тисяч.

Утворення вуглецевих часток протікає в три етапи [3]:

- реакції в газовій фазі, що призводять до появи «попередників» – сполук, здатних служити зародками вуглецевих часток;
- конденсація вуглецевих зародків і їх коксування;
- укрупнення вуглецевих часток в результаті відкладення продуктів піролізу на поверхні часток або внаслідок спікання цих часток.

На основі аналізу процесів, що відбуваються при розкладанні полімерів і різних низькомолекулярних сполук вуглецю, автори [4] відзначають, що тенденції в загальній спрямованості піролітичних реакцій речовин аналогічні і для конденсованого, і для газофазного стану. Відмінності обумовлені кінетичними закономірностями, пов'язаними з механізмом всього процесу деструкції і його проміжних стадій, температурними та часовими умовами.

Таким чином, при високих швидкостях нагрівання і займання піролізат постачає полум'я полімерів горючими речовинами. У полум'ї при нестачі кисню утворюється твердий вуглець або сажа. Отже, основним фактором, що визначає димоутворення за однакових зовнішніх умов (підведення окисника в полум'я), є характер (склад) піролізу, який утворюється в процесі термічного розкладання [5].

Вищевказані уявлення про димоутворення при горінні полімерів дозволяють зробити припущення про те, що в основу теорії димопригнічення повинні бути покладені процеси, які могли б привести розпад полімеру до утворення молекулярних осколків (фрагментів ланцюга), проміжних продуктів. На практиці зниження димоутворення при горінні полімерних матеріалів досягають, як правило, шляхом введення реакційноспроможних добавок, які переводять реакції розкладання в бік утворення карбонізованого залишку і збіднення піролізу вищезгаданими проміжними продуктами або припиненням газополум'яних реакцій утворення вуглецю.

Для різних полімерів ефективні певні групи речовин [6]. Найбільш поширеним методом зниження димоутворення епоксидних полімерних матеріалів є введення до їх

складу добавок, що інтенсифікують коксоутворення. До добавок цього типу відносяться фосфор, бор, і азотовмісні сполуки; оксиди, солі і комплексні сполуки металів; їх суміші.

Механізм коксоутворення в присутності фосфоровмісних добавок полягає в їх здатності утворювати в процесі термоокиснювальної деструкції кислоти фосфору. Останні служать каталізаторами відщеплення замісників в макромолекулярному ланцюзі та реакцій циклізації, що сприяє утворенню вуглецевого каркасу. Теплоізолюючий шар на поверхні полімеру може бути утворений також з продуктів термічного перетворення самих фосфоровмісних добавок.

Фосфоровмісні речовини, як правило, вводяться до складу композиційних матеріалів на основі епоксидних смол в досить великих кількостях, що призводить до погіршення технологічних і фізико-механічних властивостей таких матеріалів. В цьому відношенні більш перспективно використання в якості коксоутворюючих добавок значно менших кількостей неорганічних сполук металів змінної валентності, наприклад, оксидів і ацетатів таких металів [7], молекулярних комплексів солей металів [8], сполук ванадію різних класів [9]. Сполуки ванадію (V_2O_5 , VCl_3) підвищують термостійкість полімерів ($T_{пр}$ зростає з 170 до 240 ° C), знижують інтенсивність екзоефектів окислення, прискорюють реакції дегідрування і дегідратації, що сприяє коксоутворенню і зменшенню виходу горючих продуктів піролізу, при цьому щільність коксу зростає.

Ефективність димопригнічення стимуляторів коксоутворення може бути підвищена при їх спільному використанні із спіночними агентами – речовинами, що розпадаються при підвищених температурах з виділенням газових продуктів. Для підтвердження запропонованих способів зниження димоутворення епоксиолімерів було проведено ряд досліджень [10].

Об'єкт дослідження – епоксиамінний полімер на основі епоксидного олігомеру ЕД-20. Для зниження горючості і димоутворення використовували амофос – МАФ (основний компонент - $NH_4H_2PO_4$) і оксид міді (II).

Для оцінки димоутворення були проведені випробування відповідно до методики ГОСТ 12.1.044-89, при цьому було визначено коефіцієнт димоутворення D_m в режимі тління і горіння. Випробування проводилися для широко відомої композиції ЕГ (епоксидний олігомер ЕД-20 + затверджувач), а також наповненою антипіреном композиції ЕПГ (ЕД-20 + затверджувач + амофос) і композиції з вмістом антипірену і ініціатору коксоутворення ЕПДГ (ЕД-20 + затверджувач + амофос + оксид міді (II)). У всіх випадках використовували затверджувач амінного типу.

Результати випробування зразків наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Димоутворення досліджуваних епоксиолімерів.

| Епоксиолімер | Коефіцієнт димоутворення, D_m , м ² /кг | |
|--------------|--|-----------------|
| | в режимі горіння | в режимі тління |
| ЕГ | 553 | 1308 |
| ЕПГ | 580 | 1300 |
| ЕПДГ | 480 | 1040 |

Як видно з результатів досліджень, при використанні антипірену коефіцієнти димоутворення не зазнають суттєвих змін. Спостерігається незначне збільшення коефіцієнту димоутворення в режимі горіння, що, може бути пов'язане з розкладанням моноамонійфосфат в умовах теплового впливу:

При спільному використанні антипірену (амофос) і ініціатору коксоутворення у вигляді оксиду міді (II) (композиція ЕПДГ) спостерігається зниження коефіцієнту димоутворення на 15 і 26% в режимі горіння і тління відповідно у порівнянні з ненаповненим епоксиолімером ЕГ. Зниження димоутворення епоксиолімерних композицій в присутності CuO можна пояснити можливим його впливом на зниження

концентрації бензолу в продуктах деструкції. Можна припустити кілька шляхів зменшення концентрації бензолу, основного димоутворювача. Один із шляхів обумовлений адсорбцією бензолу на чистій, неокисненій поверхні міді, з втратою ароматичності бензолу. Інший шлях може бути пов'язаний з каталітичним впливом оксиду міді у вигляді іону Cu^{2+} (у кислому середовищі) на реакцію дегідрополіконденсації бензолу з утворенням поліпарафенілену. Ці реакції ведуть до підвищення коксового залишку й зменшення вмісту бензолу в продуктах горіння й тління.

Таким чином, ґрунтуючись на результатах проведених теоретичних і експериментальних досліджень, можна стверджувати, що найкращим способом зниження димоутворення при горінні епоксиолімерів є спільне використання стимуляторів коксування зі спінуючими агентами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проблемы снижения горючести и дымообразующей способности материалов на основе пластифицированного ПВХ [Хим. пром-сть. Обзор. инф. Сер. Акрилаты и поливинилхлорид] / Д.Х. Кулев, Е.А. Китайгора, Н.И. Головненко, В.Б. Мозжухин. – М.:НИИТЭХИМ, 1986. – 37 с.
2. Ушков В.А. Пожарная опасность и эксплуатационные свойства материалов на основе вторичного ПВХ / В.А. Ушков, В.М. Лалаян, Б.И. Булгаков и др. // Пласт. массы. – 1995. – №9. – С. 53 – 56.
3. Полимерные материалы с пониженной горючестью / [Копылов В.В., Новиков С.Н., Оксентьевич Л.А. и др.]; под ред. А.Н. Праведникова. – М.: Химия, 1986. – 224 с.
4. Асеева Р.М. Горение полимерных материалов / Р.М. Асеева, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1981. – 280 с.
5. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров / Мадорский С.; пер. с англ. – М.: Мир, 1967. – 328 с.
6. Кулев Д.Х. Полимерные материалы с пониженной горючестью и дымообразующей способностью / Д.Х. Кулев // Пласт. массы. – 1985. – № 10. – С. 51-52.
7. Айг Г.Б. Горючесть металлосодержащих эпоксидных материалов / Г.Б. Айг, Н.А. Халтуринский, А.А. Акопян и др. // Армянский химический журнал. – 1983. – Т.36, №5. – С 332-335.
8. Дарбонян Э.Г. Огнестойкие эпоксидные композиции / Э.Г. Дарбонян, М.Г. Мацоян, А.А. Сдамян и др. // Армянский химический журнал. – 1983. – Т.36, №4. – С. 263-269.
9. Снижение пожарной опасности противокоррозионных покрытий / [Козлов А.А., Фомичева Н.А., Малашкин С.Е. и др.] – М.: НИИТЭХИМ, 1989. – 29 с.
10. Влияние металлосодержащих добавок на механизмы снижения дымообразования эпоксиполимерных композиций [Електронний ресурс] / А.Н. Григоренко // Проблемы пожарной безопасности. – 2012. – Выпуск 31. – С. 155–159. – Режим доступа до журн.: http://nuczu.edu.ua/rus/science/y_ppb/archive/v31/

*О.М. Hryhorenko, Ph. D, associate professor,
National University of Civil Defense Ukraine*

THEORETICAL BACKGROUND OF ADDITIVES SELECTION TO REDUCE SMOKE-GENERATION ABILITY OF EPOXY-POLYMER

On the based results of the research approach is proposed selection of additives to reduce smoke-generation ability of epoxy-polymer. The results of theoretical investigations are confirmed by experiment.

ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ГАЗОДИМОВИХ ФАКЕЛІВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Аварія на ЧАЕС стала причиною найбільшої техногенної радіаційної катастрофи в історії людства. Відсутність у перші роки достатніх знань про властивості і поведінку радіоактивних випадінь не дозволяла в повній мірі коректно оцінювати екологічний ризик, особливо в ближній зоні аварії, прогнозувати вплив радіоактивного забруднення на навколишнє природне середовище, а також оптимізувати заходи щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Залишається відкритим питання щодо екологічної небезпеки лісових та лугових пожеж на території зони відчуження, 54 % площі якої вкрито лісом. Незважаючи на значну кількість пожеж, що фіксуються кожен рік, отримані при цьому епізодичні експериментальні результати не дозволяють в достатній мірі описати параметри радіоактивного аерозолу, що при цьому утворюється, а відповідно і оцінювати та прогнозувати радіологічні наслідки пожеж на території зони відчуження.

Забруднення значних територій, в тому числі і лісових масивів, складною радіонуклідною композицією потребує вивчення екологічної обстановки на даних територіях. Результати радіаційно-екологічного моніторингу зони відчуження підтверджують забрудненість практично всіх складових довілля. За рахунок процесів розподілу та міграції радіонуклідів, депонованих після аварії в захороненнях, ландшафтах, замкнених водоймах, окремих об'єктах, іде процес формування вторинних джерел, що робить їх потенційно небезпечними.

Особливістю лісової (торф'яної, лугової) пожежі є безперервне збільшення площі, охопленої пожежею, і зміна теплових характеристик пожежі по площі, так як після активного згоряння лісових горючих матеріалів починається фаза тління.

У реальних умовах початкові умови формування факела змінюються в міру розвитку пожежі, змінюється теплова потужність пожежі та потік плавучості, поперечний вітер, що зносить змінює умови залучення повітря в плавучий факел і формування конвективної колонки.

В розрахункових схемах із застосуванням гауссової моделі нагрітого струменя або факела зазвичай визначають початкову висоту підйому нагрітого струменя і факела та початок переміщують в точку на висоті h_{ϕ} (рис. 1). Однак при лісових радіоактивних пожежах важливо знати розподіл радіоактивних аерозолів і їх випадання поблизу пожежі, а ці характеристики суттєво залежать від перемінної висоти факела [1].

Саме поблизу вогнища пожежі перебувають учасники гасіння пожежі, і тому в прогнозній розрахунковій залежності застосовують змінну висоту факела з підвітряного боку пожежі [1].

Наступною особливістю лісових пожеж є зміна площі горіння, а отже і теплових характеристик лісової (торф'яної, лугової) пожежі в часі. Оскільки теплові характеристики і метеорологічні умови є визначальними для формування факела пожежі, то в розрахунковій моделі лісової пожежі необхідний облік динаміки розвитку даної пожежі [1].

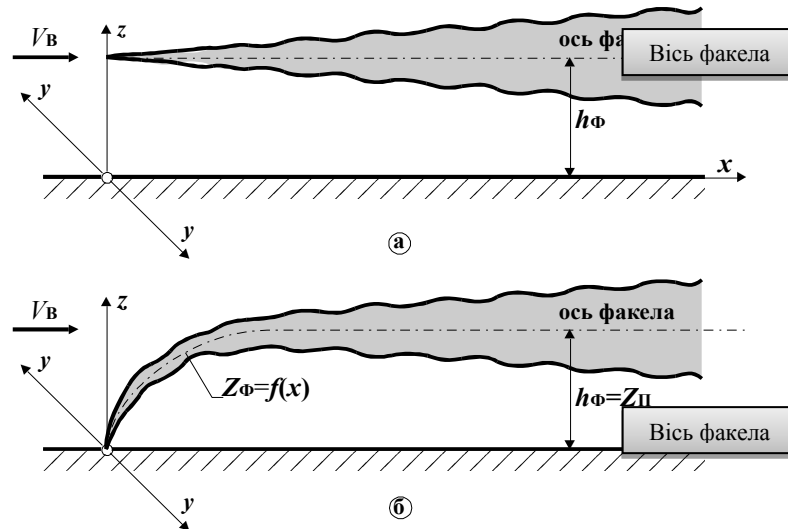


Рис. 1. Схема нагрітого струменя (факела), а - традиційна при постійній висоті осі факела h_ϕ , б - при змінній висоті осі факела $Z_\phi(x)$.

На рис. 2 представлена схема формування газодимового факела при малих і великих за площею лісових (торф'яних, лугових) пожеж. Якщо для малих по площі пожеж зона активного горіння може охоплювати більшу частину площі, то при великих пожежах по периферії зона активного горіння, а в місці виникнення пожежі, де вже встигла вигоріти основна маса лісових горючих матеріалів створюється зона тління, в якій теплова потужність пожежі набагато менше, ніж у зоні активного горіння, що, очевидно, повинно впливати і на формування газодимового факела.

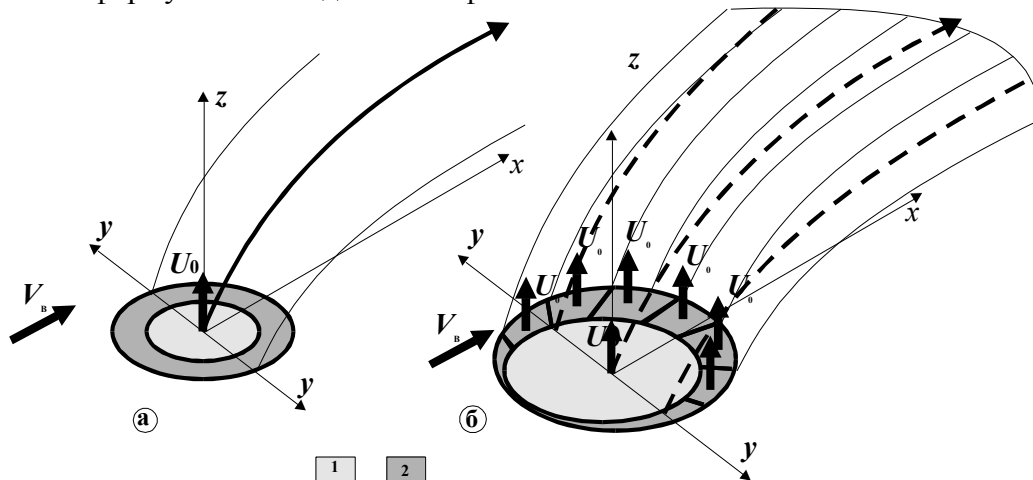


Рис. 2. Схема формування газодимового факела при малих за площею (а), і великих за площею (б) пожежах. 1 - зона активного горіння; 2 - зона тління.

При активному горінні виділяється основна частина теплової енергії, яка і формує плавучий газодимовий факел пожежі із залученням повітря з навколишнього простору і утворенням конвективних потоків або конвективних колонок, що утворюють розширений газодимовий факел. При тлінні, коли температура недопалу і золи істотно нижче температури горіння за рахунок нагрітого повітря, утворюється плавучий факел, але з набагато меншою плавучістю і незначним конвективним залученням повітря з навколишнього простору [2].

Така зміна потоку тепла і, відповідно, потоку плавучості у часі і площі пожежі буде найбільш чітко проявлятися у великих за площею і тривалості пожежах, в яких чітко

можна виділити площу горіння на фронтальній частині пожежі і площу тління в центральній частині пожежі [2].

Лісові пожежі, які регулярно виникають у зонах радіаційного забруднення ЧАЕС нині є найбільш небезпечним природним явищем у лісах, яке є локальною небезпекою власне як для екосистем, так і регіональною для населення та довкілля на значній території. Незважаючи на те, що згідно з існуючими правилами ліси, забруднені радіонуклідами, віднесено за режимом охорони до найбільш небезпечного, пожежі в них відбуваються регулярно, що зумовлено як багатьма антропогенними чинниками, так і самою природою лісових пожеж, які завжди були важливим чинником сукцесій лісу. В той же час, результати наукових досліджень переконливо довели, що перенесення радіонуклідів з димом та золою від радіаційних лісових пожеж, які генерують відкриті джерела випромінювання, є головним шляхом вторинного забруднення з негативними наслідками для населення та довкілля. Таким чином, на значних площах радіаційно-забруднених лісів (зам. – РЗЛ) створилася нова екологічна обстановка, якісно відмінна від незабруднених лісів. Головною особливістю її є підвищена вірогідність лісової пожежі та радіоактивного забруднення чистих територій, що знижує ефективність контрзаходів щодо нерозповсюдження радіонуклідів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій дозволяють зробити висновок, що більша частина наукових публікацій, присвячених РЗЛ висвітлюють радіаційні і радіоекологічні аспекти проблеми. Зокрема, досить детально було вивчено вплив забруднення лісів на формування радіаційної обстановки [2], опромінення лісових рослин, біогеохімічні особливості міграції радіонуклідів у ландшафті, та особливості міграції радіонуклідів у межах лісових екосистем залежно від типу лісу та типу умов місцезростання. В той же час, поза увагою досліджень залишилися питання наукового обґрунтування організації протипожежного захисту лісів, оцінки пожежної безпеки за умовами погоди та пожежної безпеки ділянок лісового фонду. Певні позитивні результати у цьому напрямі досягнуто в Білорусі, де розроблено спеціальні, з урахуванням особливостей забруднення, підходи для охорони лісів від пожеж [3]. В Україні ці питання продовжують залишатися актуальними і потребують подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шеренков И.А., Гаркавый С.Ф. Модель загрязнения земной и водной поверхности техногенными выбросами в атмосферу из точечных источников: Научный вестник строительства. – Вып.12. – Харьков: ХДТУБА-ХОТВ АБУ, 2001. – С. 88–93.
2. Гаркавый С.Ф. Повторное радиоактивное загрязнение территории внаслідок пожеж на торфовищах, забруднених радіонуклідами // Проблеми Чорнобиля. – Вып. 10. – Ч. II. – Чернобыль: МНТЦ «Укриття», 2002. – С.72–75.
3. Булко Н.И. Интегрированная оценка состояния радиоактивно загрязненных лесных участков с целью их реабилитации / Н.И. Булко, М.А. Шабалева, Н.В. Толкачева // Наука о лесе XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию Инсти тута леса НАН Белоруси. — 2010. — С. 409–414.

Kachkar Y. PhD in engineering, associate professor Cherkassy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chornobyl of National University of Civil Defense of Ukraine

THE PROCESS OF FORMING GAZE-SMOKE WILDFIRE

In article the methods of investigations have been formulated, presented the data of model during the controlled burning of forest or meadow ecosystems on prepared sites. The data of scientific publication on radioactive gaze-smoke plumes and repeated radioactivity pollution of territory are summarized. On the base of fulfilled process there are defined the chain of events, the essential factors and their probabilistic or deterministic nature and these results are put basis of the forecasting model.

Н.І. Коровникова, к.х.н., доцент, доцент кафедри, НУЦЗУ

ПОРЯДОК РЕАКЦІЇ ТА ЕНЕРГІЯ АКТИВАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ВОЛОКОН НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗИ

Ризик загорянь і тяжкість наслідків у місцях громадського призначення: в магазинах, лікарнях, готелях, залізничному транспорті, літаках, автомобілях, де широко використовуються целюлозні текстильні матеріали. При цьому стійкість до впливу небезпечних факторів пожежі, а саме впливу дії теплових потоків різної інтенсивності, має велике значення для цих матеріалів. При дії теплового потоку на поверхню волокна відбувається його прогрівання і термічна деструкція [1]. Тому дані щодо термічного розкладання полімерів саме на перших етапах підвищення температури можуть бути використані для спрямованої зміни їхніх властивостей з метою створення пожежобезпечних матеріалів на основі целюлозних волокон [2,3]. Детальне обговорення питань термічної деструкції полімерів на основі різних видів волокон [1,3], а також теоретичні аспекти залежності механізмів розкладання полімерів від їхньої будови проведено авторами Грассі, Мадорським [4,5].

Для того, щоб визначити кінетичні характеристики горіння, ефективність теплозахисту, ефективність вогнезахисних полімерних покриттів і параметри інших процесів, які характеризуються наявністю високих температур і високих теплових потоків, необхідно мати уявлення про кінетичні закономірності процесу піролізу, вплив навколишньої атмосфери, швидкість нагріву поверхні волокна або потужність теплового потоку, структуру полімеру, термохімічні й теплофізичні властивості полімерних матеріалів.

Дана робота продовжує дослідження [6,7] щодо вивчення термічної деструкції целюлозних волокон з метою створення нових целюлозних матеріалів із зниженою горючістю та накопичення експериментальних даних, з подальшим використанням щодо розробки оптимальних засобів зниження горючості полімерів.

Предметом дослідження даної роботи є комплексит ЦГ [8] та його високомолекулярні комплексні сполуки з іонами міді (II) – ВМКС-ЦГ- Cu^{2+} . Комплексит ЦГ представляє собою нерозчинний прищеплений сополімер целюлози і поліакрилонітрилу, який містить елементарні ланки акриламідоксиму й акрилгідроксамової кислоти. Важливими характеристиками волокна ЦГ є вміст азоту та повна обмінна ємність, що визначається статичним методом за 0,1 н розчином NaOH. Аналіз на азот показав, що комплексит ЦГ містить 8,5 % азоту, а повна обмінна ємність його складає 4,0 ммоль/г [9]. ВМКС іонів міді (II) з комплекситом ЦГ - ВМКС-ЦГ- Cu^{2+} отримували обробкою комплекситу ЦГ водним розчином хлориду міді (II) кваліфікації «х.ч.» з вихідною концентрацією металу $1,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Термічні дослідження зразків вищевказаних целюлозних волокон проводили в атмосфері аргону та повітря на дериватографі. Для з'ясування температурного інтервалу, в якому відбувається руйнування функціональних груп у в волокні, зразки нагрівали від 100 до 600°C. Для одного експерименту використовували не менше 5 повітряно-сухих зразків волокон, які витримували в лабораторних умовах при температурі 20°C впродовж 48 годин. Підготовка проб і умови термогравіметричного аналізу описані в [10].

В роботі експериментально отримано криві термогравіметричного аналізу (ТГ) та динамічного термогравіметричного аналізу (ДТГ) термічної обробки волокон в інертному (аргон) та окиснювальному (повітря) середовищах.

Такі кінетичні параметри процесів деструкції досліджених зразків полімерів, як теплота термічної дисоціації ΔH , ккал/моль, кінетичний параметр n - порядок реакції деструкції полімерів та енергія активації E_a були розраховані методом Г.Р. Аллахвердова та Б.Д. Стьопіна [11,12] на основі отриманих нами експериментальних даних ДТГ та ТГ.

За методом, який описаний в роботі [12] знаходили теплоту процесів термічного розкладання досліджених зразків целюлозних волокон. Як і в роботі [13], криву ДТГ розбивали лініями, що паралельні осі ординат (осі втрати ваги зразком) та для кожної заданої температури визначили відповідну їй втрату маси наважки целюлозних волокон.

Під час нагрівання зразків волокон у повітрі термічна деструкція характеризується двома основними ступенями втрати маси в різних температурних інтервалах. Перша ступінь спостерігається при 200-300°C, коли наважки нітрону втрачають від 14 до 30 % маси. Процес на другому ступені здійснюється при більших температурах і закінчується приблизно при 600°C з втратою ваги від 25 до 46 %. При цьому двом стадіям термічної деструкції волокон відповідають дві групи піків на кривих ДТГ.

В атмосфері аргону при нагріванні до 600°C досліджені зразки втрачають до 70 % ваги. На кривих ДТГ виявляється одна група піків в області 250-300°C, а друга група піків, що спостерігається при деструкції в повітрі відсутня. Очевидно цей факт пов'язаний з тим, що в повітрі при температурі вище за 400°C істотну роль відіграють окислювальні процеси за участю кисню. Механізм термодеструкції целюлозних волокон є складним і включає процеси розкладу целюлозного, поліакрилонітрильного залишків і функціональних груп, які введено в макромолекулу.

Утворення координаційного вузлу іонів міді (II) з функціональними групами комплексу ЦГ призводить до зміни характеру деструкції зразків ВМКС-ЦГ-Cu²⁺. Це свідчить з кривих ТГ. Якщо за початок процесів розкладання брати температури, які відповідають точкам перетину прямих [11,12], проведених через ділянки ТГ, то стає очевидним, що у ВМКС-ЦГ-Cu²⁺ під час деструкції в повітрі, ці точки знаходяться при більш низьких температурах, ніж у комплексу ЦГ (табл.1). При цьому на кривій ДТГ температури (табл. 1), що відповідають максимумам швидкості втрати ваги у ВМКС, більш низькі.

Відмінності в характері деструкції комплексу ЦГ на першому ступені підтверджуються розрахованими значеннями n та E . Як видно з табл. 1, у всіх випадках величина E для зразків ВМКС-ЦГ-Cu²⁺ нижче, ніж для зразків ЦГ. Отже введення у комплексит ЦГ міді (II) знижує термічну стійкість зразків целюлозного волокна.

Таблиця 1 Кінетичні параметри процесів деструкції зразків целюлозних волокон

| Полімер | Температурний інтервал °С | % втрати маси на ДТГ | E , ккал/моль | n | ΔH , ккал/моль |
|--------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|------|------------------------|
| повітря | | | | | |
| ЦГ | 295-340 | 22,4 | 30,5 | 0,58 | 20,5 |
| ВМКС-ЦГ-Cu ²⁺ | 290-335 | 19,0 | 27,8 | 1,0 | 22,9 |
| аргон | | | | | |
| ЦГ | 285-335 | 20,0 | 26,2 | 0,6 | 18,7 |
| ВМКС-ЦГ-Cu ²⁺ | 270-330 | 18,6 | 22,9 | 0,5 | 32,9 |

Таким чином, результати даного дослідження свідчать про вплив на характер термічної деструкції зразків целюлозних волокон атмосфери, в якій проводиться розкладання полімерів, та введення іонів міді (II) в комплексит ЦГ у дослідженому інтервалі температур. В роботі експериментально отримані термогравіметричні дані та розраховано порядок реакції, енергію активації процесів термічної деструкції волокон на основі целюлози в діапазоні температур від 100 до 600°C, а також встановлено вплив

основних факторів на процес деструкції комплекситу ЦГ та його комплексів з іонами міді (II).

ЛІТЕРАТУРА

1. Берлин А.А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести / А.А. Берлин // Соровский Образовательный журнал. – 1996. – №4. – С. 16 – 24.
2. Зубкова Н.С. Снижение горючести текстильных материалов – решение экологических и социально-экономических проблем / Н.С. Зубкова, Ю.С. Антонов // Российский хим. Журнал. – 2002. – Т. XLVI, №1. – С. 96 – 103.
3. Перепелкин К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности / К.Е. Перепелкин // Химический журнал. – 2002. – №1. – С. 1 – 18.
4. Грасси Н. Деструкция и стабилизация полимеров / Н. Грасси, Д. Скотт [пер. з англ.]. – М.: Мир, 1988. – 446 с.
5. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров / С. Мадорский [пер. з англ. под ред. С.Р. Рафикова]. – М.: Мир, 1967. – 328 с.
6. Коровникова Н.И. Исследование термического разложения синтетического волокна на основе целлюлозы / Н.И. Коровникова, В.В. Олейник, Л.С. Шостак // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УГЗУ. – 2008. – Вып. 23. – С. 97 – 100.
7. Коровникова Н.І. Дослідження процесів горіння полімерних волокнистих матеріалів / Н.І. Коровникова, В.В. Олійник // Проблеми пожежної безпеки. – Харьков: УГЗУ. – 2008. – Вып. 24. – С. 69 – 74.
8. Владимирова Т.В. Синтез производных целлюлозы, содержащих амидоксимные и гидроксамовокислые группы / Т.В. Владимирова // Известия ВУЗов. Серия химическая. – 1968. – Т.11, № 5. – С.594 – 596.
9. Коровникова Н.И. Протолитические и комплексообразующие свойства волокнистых комплекситов в смесях вода-диоксан: Дис.... канд. хим. наук: 02.00.04 / Н. И. Коровникова. – Харьков: Харьк. нац. ун-т, 2002. – 254 с.
10. Кузнецов Е.В. Практикум по химии и физике полимеров / Е.В. Кузнецов, С.М. Довгун, А.А. Бударина. – М.: Химия, 1977. – 256 с.
11. Аллахвердов Г.Р., Степин Б.Д. О новом варианте определения кинетических характеристик по данным термогравиметрического анализа / Б.Д. Степин, Г.Р. Аллахвердов // Журн. физ. химии. – 1969. – Т. 63, № 9. – С. 2268 – 2272.
12. Степин Б.Д. Определение теплоты термической диссоциации твердого вещества по данным термографического анализа / Б.Д. Степин, Г.Р. Аллахвердов, Г.М. Серебрянникова // Журн. физ. химии. – 1969. – Т. 63, № 10. – С. 2452 – 2456.
13. Коровникова Н.І. Кінетичні параметри термічної деструкції волокна нітрон / Н.І. Коровникова, В.В. Олійник, С.Ю. Гонар // Проблеми пожежної безпеки. – Харьков: НУГЗУ. – 2012. – Вып. 32. – С. 113 – 118.

N.I. Korovnikova, candidate of chemical science, Associate Professor, National University of Civil Defense of Ukraine

KINETIC PARAMETERS OF THE THERMAL DEGRADATION OF THE CELLULOSE FIBERS

The experimentally obtained data thermogravimetric calculated reaction order, the activation energy of thermal degradation of cellulose-based fibers in the temperature range from 100 to 600°C.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОЖАРОТУШЕНИЯ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИМИ СОСТАВАМИ**

Развивая идеи исследований [1] в части тушения пожаров класса «А» гелеобразующими составами (ГОС) с применением установок типа АУТГОС приходится констатировать, что требуемое количество огнетушащего вещества (ОВ), попадающего в очаг, не всегда обеспечивает локализацию и ликвидацию пожара. В связи с этим, при ликвидации возникающих и распространяющихся возгораний, требуется не только увеличивать количество подаваемых на очаг пожара огнетушащих веществ, задействовав по крайней мере два пожарных ствола, но и применять при этом соответствующее тактическое обеспечение. То есть, ко всему прочему, необходимо иметь и квалифицированно использовать научно обоснованные рекомендации о том каким наиболее эффективным образом работать с пожарно-техническим оснащением. В терминах теории принятия решений в пожарном деле это значит – принимать рациональные (оптимальные) решения при тушении пожаров.

В литературе по пожарному делу достаточно полно исследованы вопросы пожаротушения с подачей компактных и раздробленных (распыленных) струй воды в очаг пожара с помощью лафетных и ручных стволов. Разработаны методы и методики моделирования процессов тушения пожаров [2]. Однако вопросы, связанные с дистанционной подачей бинарных потоков ГОС для пожаротушения, исследования модифицированным методом имитационного моделирования движения их составляющих с целью создания тактического обеспечения рассматриваются по нашему мнению впервые. В настоящем исследовании предпринята попытка подойти к решению задач дистанционной подачи ГОС на очаги пожара, обеспечивающей более эффективное пожаротушение.

К числу путей практической реализации системного подхода относятся методы теории планирования и проведения экспериментов, таких как анализ данных многофакторного эксперимента. В наиболее общем виде такие задачи математически формулируются следующим образом [3]:

$$\eta_j = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i), \quad (1)$$
$$i = 1, 2, \dots, k; \quad j = 1, 2, \dots, l;$$

где η_j – исследуемые переменные, зависимые критично от параметров процесса;

$\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i$ – параметры, изменяемые в экспериментах.

Для изучения подобных систем разработаны математические методики, которые получили общее название «планирование эксперимента» или «теории оптимального эксперимента», которые позволяют активно вмешиваться в проводимые опыты. В нашем случае под планированием эксперимента понимается реализация определенного числа опытов и выбор условий их проведения, необходимых для решения стоящих в работе задач.

Предварительная оценка эффективности боевых действий при тушении пожаров с использованием плоскорadiaльных веерных струй гелеобразующих составов (ГОС) уже проводилась модифицированным методом имитационного моделирования пожаротушения на испытательном полигоне НУЦЗУ в условиях, близких к реальным [4]. Цель этой части экспериментальных исследований – проверка адекватности рассматриваемых моделей подачи растворов огнетушащего состава плоскорadiaльными струями на очах для подтверждения положений и выводов, полученных ранее в экспериментально-теоретической части.

Натурный образец ствола-распылителя, подающего раствор подкрашенной воды плоскорадиальными веерными струями, орошающими условный очаг пожара в виде мишени-экрана, был изготовлен таким образом, что в процессе испытаний можно было варьировать некоторые конструктивные параметры его дефлектора, о чем будет идти речь в дальнейшем. При помощи установок АУТГОС и АУТГОС-П через стволы-распылители подавались подкрашенные струи воды, которые дистанционно направлялись на мишень-экран прицельно под соответствующими эйлеровыми углами возвышения и рыскания. Для измерений и регистрации исследуемых параметров и характеристик использовались стандартные приборы и оборудование. Очевидно, что такой подход, связанный с имитацией подачи ГОС на условный очаг пожара плоскорадиальными веерными струями воды, гидродинамические характеристики которой достаточно близки по своим свойствам водным растворам гелеобразующих составляющих, вполне приемлем для исследовательских целей.

На основании известного принципа суперпозиций при изучении баллистики «орошения» стволами-распылителями условного очага пожара струями подкрашенной воды можно воспользоваться данными рассмотрения траекторий движения только одной из составляющих ГОС. То есть, сначала исследовать в плоскости наведения траектории движения водной струи, как это осуществлялось в работе [6,8] при традиционной подаче воды на тушение. Затем, – тоже в двух плоскостях их прицельного движения. После чего совместить материалы исследований, полученные с применением математического аппарата теории планирования экспериментов, считая, что подача ГОС осуществляется по обоим прицельным направлениям одновременно.

На примере исследований работоспособности нового насадка к стандартным стволам-распылителям: ручного типа РС-70 и лафетного – ПЛС-20П (ПЛС-20С) [6,8], в работе обобщены основные особенности применения теории планирования экспериментов в подобных случаях.

Конструкторское решение ствола-распылителя с дефлекторным насадком плоскорадиальных веерных струй водных растворов. На рис. 1 (а, б, в) приведена конструкция устройства нового насадка к стандартному стволу-распылителю РС-70 или ПЛС-20П для создания плоскорадиальных веерных струй согласно патенту [6]. Из рисунков видно, что отличительной чертой модернизированного насадка является использование в его конструкции дополнительно одной или нескольких цилиндрических перегородок со многими отверстиями малого диаметра в качестве водоуспокоителей и для фильтрации потока воды, который распыляется на выходе и создает плоскорадиальную веерную струю.

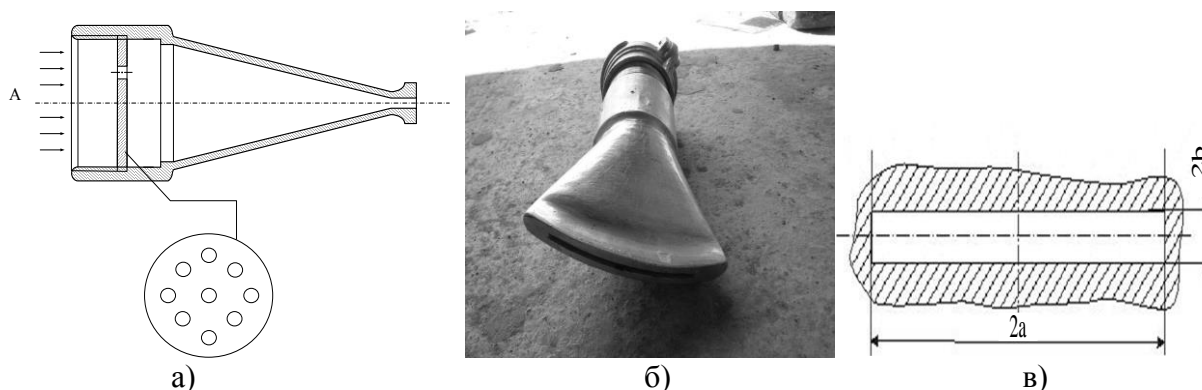


Рисунок 1 – Общий вид насадка-дефлектора для создания веерной струи: а) – вид устройства в разрезе; б) – фото устройства со стороны щелевого проема; в) размеры выходного сечения одного из натуральных образцов ствола-распылителя радиальных веерных струй: $2a = 140$ мм; $2b = 3$ мм

Экспериментально-теоретические исследования параметров подачи одиночной радиальной веерной струи. Из баллистики водных незатопленных струй известно, что для заданных начальных скоростей истечения водных растворов из стволов-распылителей (V_0) траектории движения компактных или раздробленных струй можно аппроксимировать в декартовой системе координат параболой в соответствующих плоскостях наведения их на объект пожаротушения [9,10,11]:

$$z = ytg \alpha - y^2 g(1 + KV_0^2 L_{\max}) / 2V_0^2 \cos \alpha \quad (2)$$

где α – угол возвышения ствола-распылителя водного раствора над горизонтом; K – эмпирический коэффициент, определяемый для данного водного раствора подачей струи на максимальную дальность L_{\max} при $\alpha = 30^\circ$; V_0 – начальная скорость истечения ОС из среза ствола-распылителя; z и y – текущие координаты траектории движения ОС в воздухе; g – ускорение свободного падения.

Среди значений конструктивных параметров (ширина a и высота b) выходного сечения насадка-дефлектора конкурентно способными, с точки зрения экстремальной дальности и ширины «охвата» по фронту пожара, являются параметры a и b , которые приближаются к максимумам при $\alpha = 30^\circ$.

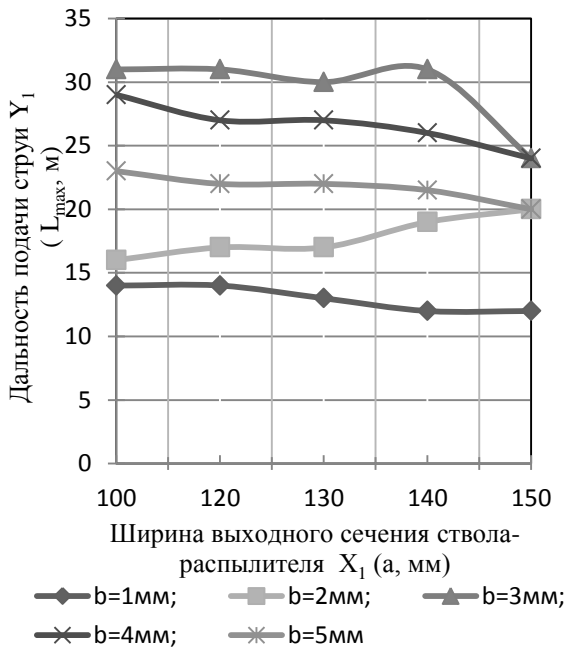


Рисунок 2,а – Семейство зависимостей изменения дальности подачи струи (L_{\max}) от размера a выходного сечения насадка при конкретных X_2 (b мм)

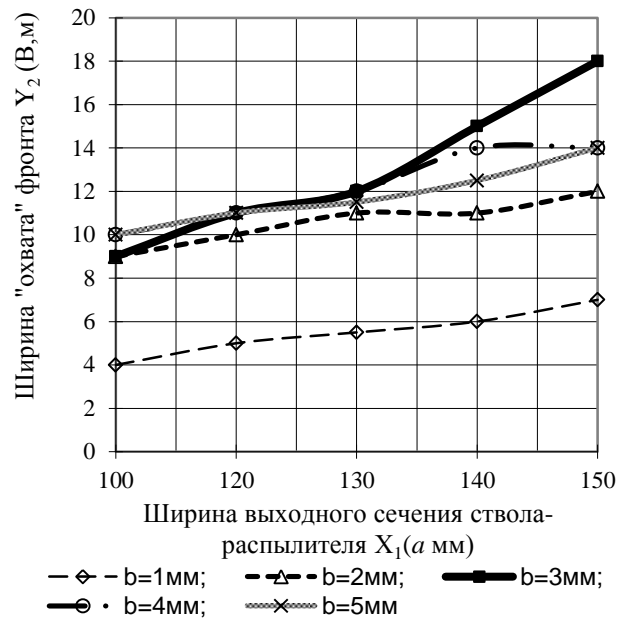


Рисунок 2,б – Семейство зависимостей изменения ширины «охвата» фронта (B) от размера a выходного сечения насадка при конкретных X_2 (b мм)

Уточним главную особенность решаемой задачи. Критериями рациональности параметров варьируемой геометрии насадка-дефлектора в наших исследованиях являются дальность подачи, и ширина плоскорadiaльной веерной струи, которая способна «накрыть» очаг пожара. В этой связи результаты проведенных экспериментов представлены графиками изменений искомым функций Y_1 и Y_2 от варьируемых параметров X_1 и X_2

Из графиков видно, что оба экстремума дальности подачи струй и ширины охвата ими фронта пожара (функции Y_1 и Y_2) достигаются почти одновременно, когда ширина выходного сечения истечения струй находится в диапазоне изменений $a = (130 - 140$ мм)

при высоте сечения $b = 3$ мм. Тогда дальность подачи струй и ширина охвата фронта пожара приближаются к своим максимально возможным значениям $L_{\max} = 33$ м и $B = 15$ м.

Таким образом, результаты экспериментов, полученные в условиях близких к реальности, подтвердили работоспособность устройства для образования плоскорадиальных веерных струй огнетушащих растворов воды. Этот тип стволов-распылителей на наш взгляд можно рекомендовать к применению не только при тушении пожаров на значительных расстояниях открытых площадок хранения лесопиломатериалов, но и в закрытых помещениях зданий и сооружений с соответствующими конструктивными изменениями. А также, – при защите соседних объектов от теплового воздействия опасных факторов пожара.

Выводы. 1. Полученные эмпирические зависимости дальности и ширины фронта подачи плоскорадиальной водяной струи от геометрии прямоугольника выходного сечения истечения воды позволяют установить следующее:

– При увеличении высоты прямоугольника выходного сечения распыления воды (b) на 1% ширина плоскорадиальной водяной струи увеличивается на 0,18% ($b = 1$ мм), и возрастает до 0,53% при $b = 5$ мм. Это свидетельствует о том, что исследуемый ствол-распылитель более чувствителен к относительно большим изменениям значений b ;

– Тоже можно сказать и о том, что при увеличении параметра b выходного сечения на 1% дальность подачи плоскорадиальной водяной струи (L_{\max}) увеличивается на 0,16% ($b = 1$ мм), и до 0,49% при $b = 5$ мм. Это также свидетельствует о том, что характеристика дальности L_{\max} более восприимчива к изменениям значений ширины струи a ;

– Однако ее увеличение на 1% приводит к увеличению ширины фронта плоскорадиальной водяной струи (B) в среднем на 1,09%. Это дает основание считать зависимость параметра B от изменений параметра a линейной функцией с коэффициентом пропорциональности, равным 1;

– При увеличении ширины прямоугольника выходного сечения распыления воды (a) на 1% дальность подачи (L_{\max}) уменьшается в среднем на 0,25%, то есть является обратно пропорциональной зависимостью от параметра a , хотя и слабо коррелируемой.

2. Таким образом, сформулирована и осуществлена постановка задачи линейного двухфакторного (второго порядка) моделирования процессов подачи плоскорадиальных струй на относительно большие расстояния с помощью специально сконструированного насадка к стандартным стволам-распылителям.

3. Проведена их структурная и параметрическая идентификация, осуществлена проверка на адекватность по критерию Фишера и по критерию минимума квадратичного отклонения. Выбранные линейные модели достаточно точно соответствуют результатам экспериментов.

4. Рассчитаны рациональные значения входных параметров, указаны особенности применения разработанной модели, а также определена чувствительность выходных характеристик к изменению входных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев А.А. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара 1а / К.В. Жерноклёв, А.В. Савченко // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УЦЗУ, 2010. – Вып. 28 – С. 74–80.
2. Горбань Ю.И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране / Горбань Ю.И. — М.: Пожнаука, 2013. — 352 с.
3. Адлер Ю.П., Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Грановский Ю.В., Маркова В.В. – М.: Наука, 1971. – 123 с.

4. Анализ процесса подачи и траектории потока струй огнетушащего вещества установкой АУТГОС / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, А.А. Киреев, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности – Харків: НУЦЗУ, 2015. – Вип. 38. – С. 146–155.
5. Шеренков И.А. Веерные свободные водяные струи для теплозащиты при пожарах / И.А. Шеренков, Ю.Ю. Дендаренко // Науковий вісник будівництва. – Харків. ХДТУБА-ХОТВ АБУ, 2002. Вип. 18. – С. 293–297.
6. Пат. 105235 Україна, МПК А 62 С 31/00. Насадок для створення плоско-радіальної водяної завіси / Росоха С.В., Сенчихін Ю.М., Голендер В.А., Остапов К.М., Дендаренко Ю.Ю., заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – №201508629. Заявл. 07.09.2015; Надр. 10.03.2016; Бюл. 5. – 4 с.
7. Решение задачи конструирования пожарного ствола-распылителя / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, К.М. Остапов, Ю.Ю. Дендаренко // Науковий вісник будівництва – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2016. Вип. 83. – С. 228–233.
8. Спосіб дистанційного гасіння пожеж / Голендер В.А., Кіреев О.О., Росоха С.В., Сенчихін Ю.М., Остапов К.М., Ткачов А.Ф. – Заявка на патент України № U 2016 02864 от 22.03.2016 г.
9. Нефедов А.Ф. Планирование эксперимента и моделирование при исследовании эксплуатационных свойств автомобилей / А.Ф. Нефедов, Л.Н. Высочин. – Львов: Вища школа, 1976. – 160 с.
10. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента / Федоров В.В. – М.: Наука, 1971. – 312 с.
11. Тимченко А.А. Основы информатики системного проектирования объектов новой техники / А.А. Тимченко, А.А. Родионов. – К.: Наук. думка, 1991. – 152 с.

К.М. Остапов, NUCPU

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDIES FIRE SALTING BINARY COMPOSITIONS

The purpose of this part of experimental research is to check the adequacy of the models considered filing solutions extinguishing agents (EA) with flat radial on the fire hearth to accept the terms and conclusions of earlier experimental and theoretical studies of extinguishing fires. Although the methods and techniques of modeling processes of extinguishing fires in principle designed, but issues related to the remote supply of binary gelling compositions (GC) for fire extinguishing, study of a modified method of a simulation modeling the movement of their components in order to create a tactical software considered in our opinion for the first time. The present study attempted to approach the remote supply problems of gelling compositions on pockets of fire, providing a more effective fire fighting. To explore these issues developed mathematical techniques that are collectively known as "experimental design" or "optimal experimental theory" that can actively intervene in ongoing experiments. In our case, under the design of experiments refers to the realization of a certain number of trials and the selection of the conditions of their implementation, necessary to meet the challenges in the work tasks. Empirical dependences of range and width of the front feed flat radial water jet on the geometry of the outlet section of the expiry of the water box Formulated and implemented two-factor linear formulation of the problem (second order) simulation flow processes of flat radial jets at a relatively long distance with the help of a specially designed nozzle for standard trunks spray. Designed rational values of the input parameters are specified features of the application of the developed model, as well as to determine the sensitivity to a change in the output characteristics of the input parameters.. Spend their structural and parametric identification, carried out checks on the adequacy of the Fisher criterion and the criterion of minimum deviation. Selected linear model accurately correspond to the results of experiments.

Ю.М. Сенчихін, канд. техн. наук, професор, НУЦЗУ
В.Ю. Сенчихін, ГУ ДСНС України у Харківській області

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ПОЖЕЖІ

Загальні та окремі явища пожежі, що спричиняють травмування, отруєння або загибель людей, а також знищення або ушкодження матеріальних цінностей, називають небезпечними чинниками пожежі (НЧП).

До основних небезпечних чинників пожежі відносять:

відкритий вогонь та іскри;

підвищену температуру навколишнього середовища і предметів;

токсичні продукти горіння;

дим;

знижену концентрацію кисню в повітрі;

другорядні небезпечні чинники пожежі:

падаючі частини будівельних конструкцій, агрегатів, установок;

небезпечні фактори вибуху (ударна хвиля, теплове випромінювання);

електричний струм;

вогнегасні речовини;

отруйні речовини, що можуть потрапити у навколишнє середовище з міст зберігання та ушкодженого устаткування.

Вогонь – надзвичайно небезпечний чинник пожежі, однак випадки його безпосередньої дії на людей досить нечасті. Під час пожежі температура полум'я може досягати 1200...1400 °С і у людей, що знаходяться у зоні пожежі випромінювання полум'я може викликати опіки та больові відчуття. Мінімальна відстань у метрах, на якій людина ще може знаходитись від полум'я приблизно складає $R=1,6H$, де H – середня висота факелу полум'я в метрах [1].

Небезпека температури навколишнього середовища і предметів. Підвищення температури повітря призводить до зміни роботи організму людини. Працездатність особового складу на пожежі різко знижується вже при температурах порядку 35-40 °С. За температуру більше 60 °С в умовах пожежі може наступити втрата свідомості. Підвищення температури шкіри людини до 42-46 °С з'являються больові відчуття, а за температури більше 100 °С – опіки. Припустимий час перебування людей за відносної вологості повітря при різних температурах повітря наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення часу перебування людей у зоні теплового впливу при гасінні пожежі

| Температура повітря, °С | Час перебування людини у зоні теплового впливу, хв | | |
|----------------------------|--|-----------|--------------------|
| | безпечно | допустимо | гранично допустимо |
| 40 | 240/120 | 300/180 | 360/240 |
| 50 | 30/15 | 60/30 | 90/60 |
| 60 | 20/10 | 40/15 | 60/25 |
| 70 | 10/5 | 20/10 | 35/20 |

Примітка. Чисельник позначає час перебування людей при відносній вологості 15...20 %, а знаменник – при 70...75 %.

Теплове випромінювання на пожежі – негативно впливає на працездатність особового складу [1, 2]. Тепловий потік викликає больові відчуття та може призвести до опіків незахищених ділянок шкіри. Критичну густину теплового випромінювання для техніки та особового складу, що викликають больові відчуття, наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Критична густина теплового випромінювання для особового складу та рятувальної техніки

| Час дії | Критична густина теплового випромінювання для особового складу та техніки, кВт/м ² | | |
|---------------------|---|----------------------|-------------------------|
| | без захисту | у спеціальному одязі | для рятувальної техніки |
| короткочасний вплив | 2,8 | 7,5 | – |
| тривалий вплив | 1,05 | 4,2 | 12,5 |

На основі критичних значень густини теплового потоку визначають безпечні відстані для розташування пожежно-рятувальної техніки і розміщення позицій особового складу підрозділів під час гасіння пожежі.

У табл. 1.3 надано класифікацію термічних уражень від дії полум'я за ступенем тяжкості, залежно від розмірів обпаленої площі (S) тіла людини.

Таблиця 1.3 – Класифікація термічних уражень за ступенем тяжкості

| Ступінь тяжкості | Характеристика |
|------------------|--|
| I | Опіки II–IIIА ступенів при S < 10% |
| II | Опіки II–IIIА ступенів при S < 40%, або опіки ШБ–IV ступенів при S < 10% |
| III | Опіки II–IIIА ступенів при S < 40%, або опіки ШБ–IV ступенів при S < 40%. Або опіки IV ступеня при S > 30% |
| IV | Опіки ШБ–IV ступенів при S < 40%, або опіки IV ступеня при S < 30% |

Примітка. Показник (А) – настає неповне омертвіння саме шкіри зі збереженням її паросткових зон, показник (Б) – шкіра уражається на всю глибину.

Токсичні продукти згорання становлять найбільшу загрозу для життя людини, особливо при пожежах в будівлях.

У табл. 1.4 наведено порогові концентрації деяких токсичних продуктів горіння.

Таблиця 1.4 – Порогові концентрації деяких токсичних продуктів горіння

| Речовини | | Концентрація | | | | | |
|------------------|-------------------|---|------|--|------|--|-------|
| | | Смертельна, за умови вдихання протягом 5–10 хв. | | Небезпечна (отруйна), за умови вдихання протягом 0,5–10 год. | | Переносима, за умови вдихання протягом 0,5–10 год. | |
| | | % | мг/л | % | мг/л | % | мг/л |
| Оксид азоту | NO ₂ | 0,05 | 1,0 | 0,01 | 0,2 | 0,005 | 0,1 |
| Оксид вуглецю | CO | 0,5 | 6,0 | 0,2 | 2,4 | 0,1 | 1,2 |
| Вуглекислий газ | CO ₂ | 9,0 | 162 | 5,0 | 90 | 3,0 | 54 |
| Сірчаний газ | SO ₂ | 0,3 | 8,0 | 0,04 | 1,1 | 0,01 | 0,3 |
| Сірководень | H ₂ S | 0,08 | 1,1 | 0,04 | 0,6 | 0,02 | 0,3 |
| Сірковуглець | CS ₂ | 0,2 | 6,0 | 0,1 | 3,0 | 0,05 | 1,5 |
| Синильна кислота | HCN | 0,02 | 0,2 | 0,01 | 0,1 | 0,005 | 0,5 |
| Фосген | COCl ₂ | 0,005 | 0,2 | 0,0025 | 0,1 | 0,0001 | 0,004 |

Токсичність продуктів горіння – здатність продуктів горіння викликати отруєння людей, які знаходяться без індивідуальних засобів захисту органів дихання. Продукти горіння, що здатні викликати втрату свідомості, летальні наслідки, впливають на

центральну нервову та серцево-судинну системи, відносять до отруйних задушливих речовин.

При горінні природних, а особливо штучних речовин та матеріалів утворюється ціанистий водень (синильна кислота); хлористий водень; оксид вуглецю; сірководень; сірчистий газ і т. д.

Дим являє собою велику кількість найдрібніших часточок речовин, що не згоріли і знаходяться у повітрі. Викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, слезотечу). Крім того, у задимлених приміщеннях внаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а часом провести її зовсім не можливо. Так, при значній задимленості приміщення видимість предметів, що освітлюються лампочкою потужністю 20 Вт, складає не більше 2,5 м. Гранічна видимість у диму складає 20 м.

Недостатність кисню спричинена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція оксидування горючих речовин та матеріалів. Небезпечною для життя людини уже вважається ситуація, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14% (норма 21%). При цьому втрачається координація рухів, появляється слабкість, запаморочення, загальмовується свідомість. При концентрації кисню 9–11 % смерть настає через кілька хвилин.

Окрім основних НЧП потрібно враховувати вторинні прояви їх дії.

Вибухи, витікання небезпечних речовин можуть бути спричинені їх нагріванням під час пожежі, розгерметизацією ємкостей та трубопроводів з небезпечними рідинами та газами. Вибухи збільшують площу горіння і можуть призводити до утворення нових вогнищ. Люди, що перебувають поблизу, можуть підпадати під дію вибухової хвилі, діставати ураження уламками.

Вибухова хвиля, що виникає під час вибуху, може спричинити руйнування будівель і технологічних установок, травмування і загибель людей. До травмування і загибелі людей можуть призводити і вторинні явища вибухів, такі як ураження уламками будівельних конструкцій, скла, частинами технологічного обладнання та інше. Прогнозувати безпеку від вибуху під час пожежі можна із використанням даних табл. 1.5–1.6.

Таблиця 1.5 – Ураження органів слуху людини під час вибуху та дії шуму на пожежі

| Вплив ударної хвилі та шуму на органі слуху | Тиск, кПа | Шум, дБ | Відстань, м |
|---|-----------|---------|-------------|
| Тимчасова втрата слуху | 2,0 | 160 | 200 |
| Нижній поріг можливого розриву барабанних перетинок | 34,5 | 185 | 22,5 |
| 50% імовірність розриву барабанних перетинок | 103,0 | 195 | 20,0 |
| 100% імовірність розриву барабанних перетинок | 400,0 | 203 | 7,5 |

Таблиця 1.6 – Безпечна відстань впливу небезпечних чинників при горінні й вибуху балонів зі зрідженим газом

| Найменування фактора | Безпечна відстань, м | | | | |
|------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Об'єм балона з газом, л | | | | |
| | 1 | 5 | 12 | 27 | 50 |
| Ударна хвиля | 35–40 | 55–60 | 70–75 | 80–85 | 90–95 |
| Теплове випромінювання | 6 | 12 | 16 | 20 | 25 |

Руйнування будівельних конструкцій відбувається внаслідок втрати ними несучої здатності під впливом високих температур та вибухів. При цьому люди можуть одержати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж, евакуація може бути просто неможливою, внаслідок завалів евакуаційних виходів та руйнування шляхів евакуації. Наслідки дії вибухової хвилі надано в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Ступінь руйнування будівель від надлишкового тиску вибуху горючих сумішей

| Типи будівель | Ступінь та надлишковий тиск, кПа | | | |
|---|----------------------------------|---------|---------|---------|
| | Слабкі | Середні | Сильні | Повні |
| Цегляні та кам'яні: малоповерхові багатоповерхові | 8–20 | 20–35 | 35–50 | 50–70 |
| | 8– 5 | 15–30 | 30–45 | 45–60 |
| Залізобетонні панельні: малоповерхові багатоповерхові | 10–30 | 30–45 | 45–70 | 70–90 |
| | 8–25 | 25–40 | 40–60 | 60–80 |
| Залізобетонні монолітні: багатоповерхові, підвищеної поверховості | 25–50 | 50–115 | 115–180 | 180–250 |
| | 25 –45 | 45–105 | 105–170 | 170–215 |
| Будівлі зі стінами типу "сандвіч" і крановим обладнанням підйому до 20 т | 10–30 | 30–50 | 50–65 | 65–105 |
| Складські приміщення з металевим каркасом і стінами з листового металу | 5–10 | 10–20 | 20–35 | 35–45 |

Паніка, в основному, спричинюється швидкими змінами психічного стану людини, як правило, депресивного характеру в умовах екстремальної ситуації (пожежі). Більшість людей потрапляють в складні та неординарні умови, якими характеризується пожежа, вперше і не мають відповідної психічної стійкості та достатньої підготовки щодо цього. Коли дія НЧП перевищує межу психофізіологічних можливостей людини, то остання може піддатись паніці. При цьому вона втрачає розсудливість, її дії стають неконтрольованими та неадекватними ситуації, що виникла. Паніка – це жахливе явище, здатне призвести до масової загибелі людей.

Значній небезпеці підвергаються люди від безпосередньої дії полум'я, коли вогнем відрізані шляхи рятування [3]. До серйозних наслідків приводить загоряння одягу на людині, якщо своєчасно не збити полум'я з одягу людина отримує опіки, що призводять до смертельних випадків. Крім того застосування спеціальних ВГР (порошків, газів, ін. сумішей) може призвести до негативного впливу на здоров'я та життя людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ– М: Стройизат, 1987. – 287 с.
2. Пожежна тактика: Підручник / [П.П. Ключ, В.Г. Палюх, А.С. Пустовой та ін.]. – Х.: Основа, 1998. – 592 с. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/722/PT.pdf.
3. ДСТУ ISO 13571:2012 Небезпечні для життя чинники пожежі. Настанови щодо оцінювання часу, необхідного для евакуації, за даними про пожежі (ISO 13571:2007, IDT).

Y.N. Senchykhin, Ph.D., professor, NUCZU
V.Y. Senchykhin, MA SESU in the Kharkov area

ANALYSIS OF DANGEROUS FACTORS OF FIRE

The general and separate phenomena of fire, that cause injuring, poisoning or death of people, and also elimination or damage of material values, name the dangerous factors of fire. Classification of dangerous factors of fire is presented. On the basis of analysis of dangerous factors of fire a reasonable danger of influence of some indexes is on people, personnel of fire-rescue subdivisions and fire-rescue technique during realization of operative actions, building and building in the conditions of fire.

Д.Г. Трегубов, к.т.н., доцент, НУЦЗУ

О.В. Тарахно, к.т.н., доцент, начальник кафедри, НУЦЗУ

К.В. Жернокльов к.т.н., доцент, заступник начальника кафедри, НУЦЗУ

ОЦІНКА РЕАКЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ТА СХИЛЬНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДО САМОЗАЙМАННЯ

Із самозайманням зіштовхуються в різних галузях народного господарства, у їхнє число входять вуглевидобувна й вуглепереробна галузі промисловості, сільське господарство. Ця проблема вимагає безперервного контролю для запобігання виникнення пожеж.

Багато видів вугілля самонагріваються при зберіганні й мають високу пожежовибухонебезпеку, що ускладнює його видобуток, переробку, транспортування, використання [1]. До 7 % видобутку бурого вугілля втрачається в результаті самозаймання, а атмосферу забруднюють продукти розкладання та неповного згоряння [2]. Виникнення й розвиток горіння при самозайманні відбувається в результаті екзотермічних процесів у скупченні твердого пористого матеріалу. За наявності умов для накопичення тепла відбувається самонагрівання матеріалу, що приводить до інтенсифікації його низькотемпературного окиснення аж до виникнення горіння. Прогнозування можливості самозаймання являє собою важливе завдання.

Основним процесом при самонагріванні є взаємодія кисню з матеріалом твердої речовини та газоподібними продуктами його розкладання. Тому оцінку схильності твердих матеріалів до самозаймання проводять за активністю речовини за киснем з визначенням калориметричних, гравіметричних, термічних або волюмометричних показників [1, 3]. У ряді методик визначають ступінь поглинання й перетворення кисню [1]. Однак однакова кількість кисню, що прореагував, не означає рівноцінності теплових ефектів. Калориметрія теплових ефектів вимірює різницю температур [4] або компенсовану кількість енергії між досліджуваною та еталонною пробами [5] за зовнішнього нагріву, при цьому неможливо швидко компенсувати екзо- та ендотермічні ефекти, вимірювання температури є інерційним; дослідження подрібненого і стиснутого матеріалу змінює його властивості. За сучасною методикою досліди проводять в чарунках різного об'єму за різних температур до самозаймання, але не більше певного часу [6]. Після серії послідовних дослідів визначають константи залежності температури середовища та часу індукції до самозаймання від питомої поверхні зберігання речовини.

Нами запропоновано принцип вимірювання теплових ефектів методом компенсації відносно еталонного графіку нагріву еталонного матеріалу [7, 8] в умовах електроконтактного нагріву зернистої струмопровідної еталонної частини проби; реєструються температури, за яких виникає та інтенсифікується тепловиділення. Це дає змогу вимірювати властивості вихідного матеріалу без зміни його структурних особливостей, вводити енергію безпосередньо у вимірюваний зразок, визначати критичні температури для речовини.

Зернистий матеріал (7–10 мм) об'ємом 400 дм³ завантажують у реакційну камеру (рис.1) - термостійкий не струмопровідний барабан з об'ємом 500 см³. Для стабілізації нагріву робочого об'єму, контакту часток вимірюваного матеріалу з повітрям та електроконтактного режиму реакційна камера обертається зі швидкістю 8 об.хв.⁻¹ Нагрів здійснюється зі швидкістю: для диференційних показників – 5 °С·хв⁻¹, для інтегральних – 15°С·хв⁻¹. Температура вимірювання обмежується значенням початку окиснення електродів (для коксу – 600 °С). Напругу подають на нерухомі графітові електроди 4 через трубчатий шинопровід, крізь який в реактор можливо подавати повітря з витратою 6 л·хв⁻¹ (дослід з надлишком повітря) повітря. Реєструють кількість споживаної електроенергії (рис. 2), тепловий ефект у робочому об'ємі та критичні температури досліду, які відповідають появі теплових ефектів.

Робочий об'єм барабану заповнюють на 80 % сумішшю еталонного струмопровідного та вимірюваного матеріалів у співвідношенні $350 \text{ дм}^3:50 \text{ дм}^3$ з розміром часток 7 – 10 мм, що дозволяє зберегти вихідні властивості матеріалу; завантаження з однаковим об'ємом забезпечують однакову кількість часток, контактів між ними та площу реакційної поверхні. Обертання барабану поновлює перехідні електричні контакти, що стабілізує електричний нагрів.

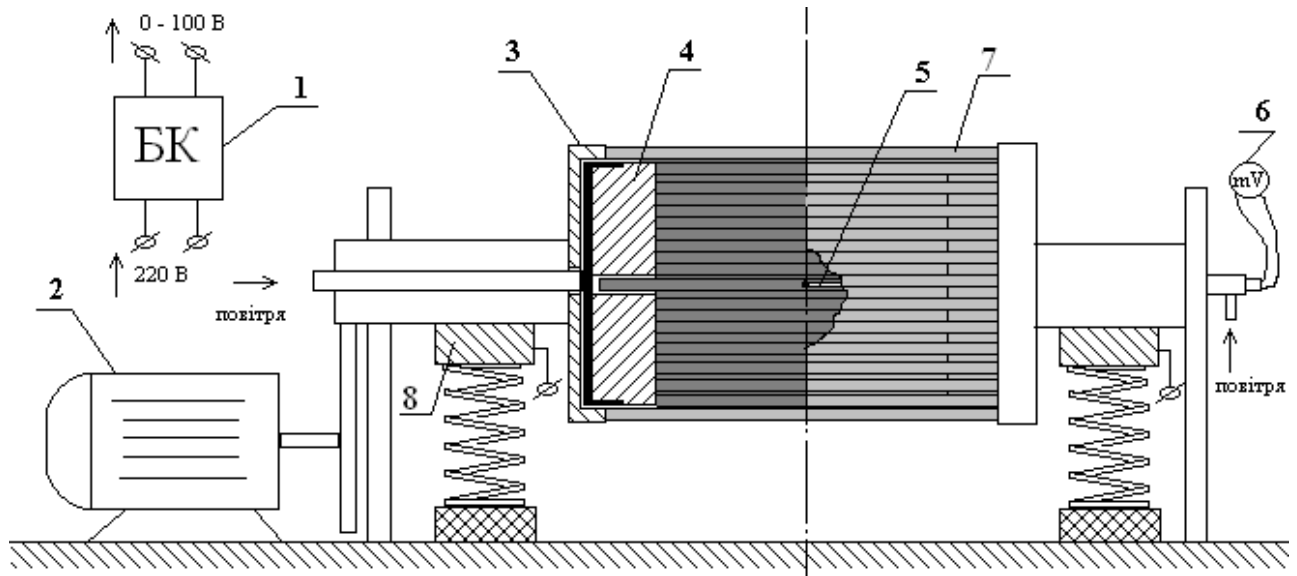


Рис.1. Схема установки для оцінки схильності твердих речовин до самозаймання

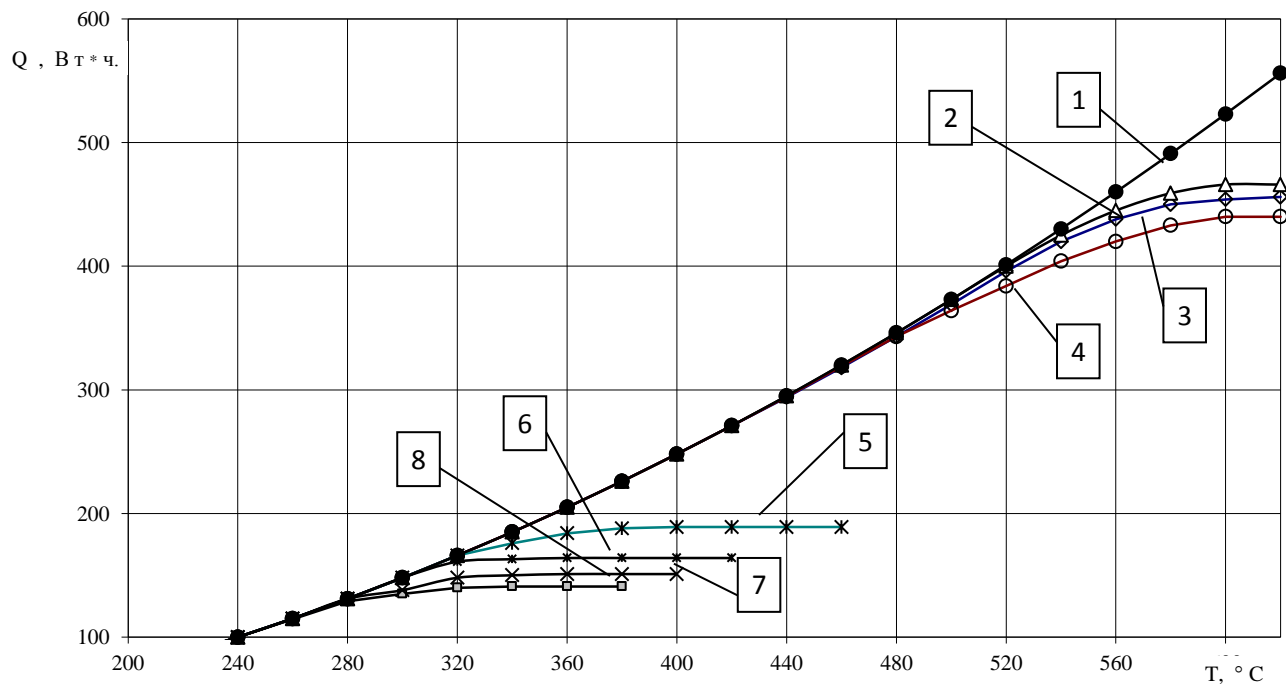


Рис.2. Залежність споживаної енергії від температури: 1 – графіт, 2, 6, 7– окиснений антрацит, вугілля СС та Ж; 3 – напівкокс, 4 – антрацит, 5 – деревина

Еталонний матеріал (рухомий електрод) обирають струмопровідним з подібними теплофізичними характеристиками до вимірюваної речовини та не здатним до фізико-хімічних перетворень в умовах дослідів (металургійний кокс з малою реакційною

здатністю). При визначенні схильності твердих вуглеводнів до самозаймання кокс імітує наявність інертного твердого вуглецевого залишку, який утворюється при розкладанні таких речовин.

Для аналізу отриманих термограм визначають вихідні та кінцеві маси проби. Кінцеву масу досліджуваної речовини у змішаних дослідках визначають за адитивністю внесків. Визначають час нагріву – чим він менший, тим більша схильність матеріалу до самозаймання. Визначають кількість компенсованого енергоспоживання на відміну від еталонної залежності на одиницю маси проби. Інтегральна залежність (рис. 2) показує зростання сумарного енергоспоживання від температури, температуру самонагрівання $t_{сн}$ та температуру займання речовини; дозволяє оцінити реакційну здатність та схильність речовини до самонагрівання.

За $t_{сн}$ приймають температуру, за якої безповоротно зменшується енергоспоживання у досліді відносно еталонної залежності; за температуру займання - за якої проба у реакційній камері протягом 1 хв. підтримує або збільшує власну температуру без продовження нагріву.

Перша графічна похідна (рис. 3) показує збільшення або зменшення енергоспоживання від температури, визначає температуру самонагрівання.

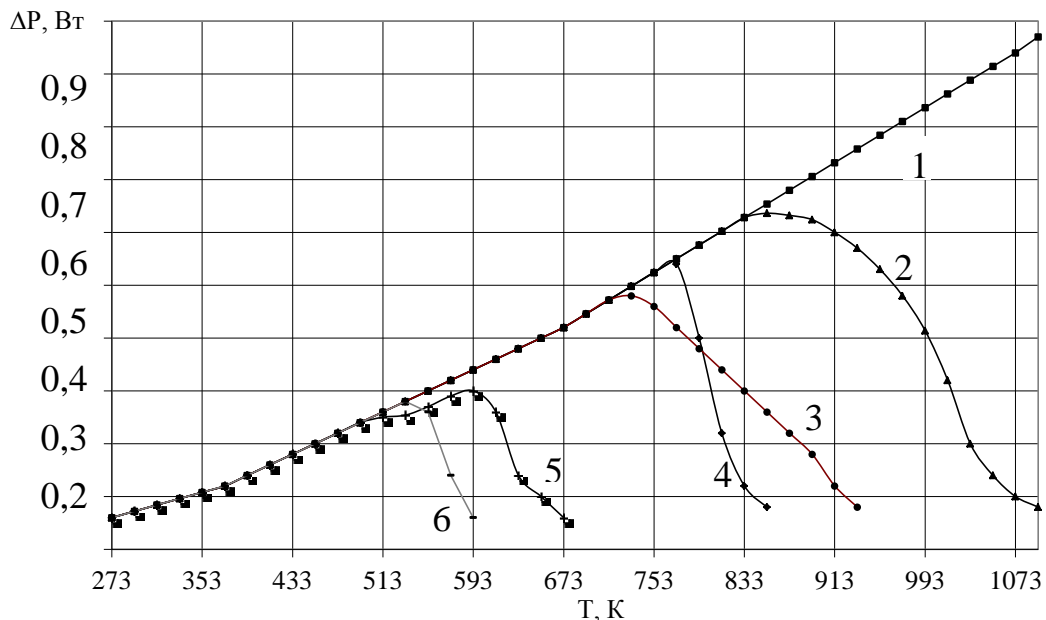


Рис. 3 - Залежність зростання споживаної енергії від температури для речовин: 1 – графіт; 2 – промисловий кокс; 3 – лаборат. кокс; 4 – антрацит; 5 – деревина; 6 – вугілля СС.

Друга графічна похідна (рис. 4) – додатково показує наявність у досліджуваному об'ємі екзо- та ендотермічних ефектів та відповідні їм температури. Інтегрально- та диференційно-термічні залежності розраховують за адитивністю внесків еталонного та досліджуваного матеріалів у сумарний тепловий ефект. Аналіз отриманих термограм, див. табл. 1, дозволяє отримати показники схильності речовин до самонагрівання, визначити реакційну та теплотворну здатність речовини в умовах досліджу.

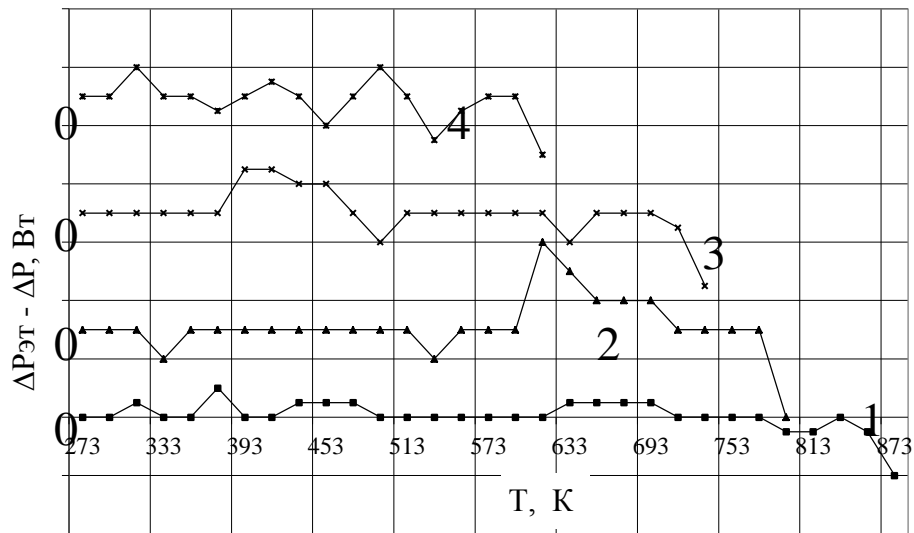


Рис. 4 - Відмінність динаміки зростання споживаної енергії від еталонної залежності: 1 – промисловий кокс; 2 – антрацит; 3 – лабораторний кокс; 4 – напівкокс.

Таблиця 1. Результати випробувань вуглецевих матеріалів

| Матеріал | Питома уявна витрата енергії в досліді, кДж·кг ⁻¹ | Температура початку тепловиділення, К | Температура займання, К | ΔТ до займання, К |
|-----------|--|---------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Деревина | 15840 | 533 | 653 | 120 |
| Вугілля | 4540 | 573 | 613 | 40 |
| Напівкокс | 15480 | 603 | 713 | 110 |
| Антрацит | 11300 | 793 | 853 | 63 |
| Кокс мет. | 25560 | 873 | 1093 | 220 |

Проведений аналіз показав, що температура початку тепловиділення (температура самонагрівання) $t_{тв}$ корелює з температурою фактичного самонагрівання речовини, а різниця температур займання та початку тепловиділення в досліді Δt – з часом індукції до самозаймання $\tau_{інд}$. Розрахунок фактичної температури самонагрівання $t_{фс}$ речовини (за якої починається самонагрівання матеріалу за даних умов зберігання) проводиться за формулою:

$$t_{фс} = K_1 t_{тв} (1 + \lg(K_2 S_{пит})), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

де $S_{пит}$ – питома поверхня тепловіддачі осередку зберігання, м⁻¹;
 K_1 – коефіцієнт пропорційності $t_{тв}$ фактичній температурі самонагрівання;
 K_2 – коефіцієнт інтенсивності тепловтрат від проби.

Розрахунок часу індукції до самозаймання враховує питому уявну енергію Q_d , витрачену на проведення досліді, температуру самонагрівання $t_{фс}$ розраховану для фактичних умов зберігання та необхідний додатковий нагрів матеріалу для виникнення його займання:

$$\tau_{інд} = (10^{-2} Q_d K_3 / t_{фс})^{(\Delta t \cdot K_3 / t_{фс})^{2,35}}, \text{ год}, \quad (2)$$

де Q_d – питома уявна витрата енергії, кДж·кг⁻¹, оберненопропорційна схильності до самозаймання; розраховують на одиницю маси досліджуваної речовини;

K_3 – коефіцієнт гальмування розвитку самонагрівання в процесі самозаймання;

Δt – показує швидкість наростання процесів тепловиділення при самозайманні, °С.

За методикою Таубкіна для тирси соснової, що знаходиться у барабані з діаметром $d = 0,08$ м, довжиною $l = 0,1$ м, питомою поверхнею $S_{\text{пит}} = 70 \text{ м}^{-1}$, фактична температура самонагрівання – $t_{\text{фс}} = 181,6$ °С, час індукції до самозаймання $\tau_{\text{інд}} = 2,42$ год, за запропонованою методикою $t_{\text{ф}} = 170,1$ °С, $\tau_{\text{інд}} = 4,0$ год. Для контейнера кубічної форми з ребром 1 м $S_{\text{пит}} = 6 \text{ м}^{-1}$: $t_{\text{фс}} = 106$ °С, $\tau_{\text{інд}} = 658,6$ год; за запропонованою методикою $t_{\text{фс}} = 106,2$ °С, $\tau_{\text{інд}} = 671,2$ год.

За методикою Таубкіна для активованого вугілля за зазначених вище умов: фактична температура самонагрівання $t_{\text{фс}} = 169,9$ °С, час індукції до самозаймання $\tau_{\text{інд}} = 0,88$ год.; за запропонованою методикою: $t_{\text{фс}} = 183,2$ °С, $\tau_{\text{інд}} = 1,48$ год. Для контейнера кубічної форми з ребром 1 м та $S_{\text{пит}} = 6 \text{ м}^{-1}$ – $t_{\text{фс}} = 83,5$ °С, $\tau_{\text{інд}} = 5,5$ год, за запропонованою методикою $106,4$ °С, $4,05$ год. Похибку можна пояснити не ідентичністю зразків деревини та активованого вугілля при визначенні коефіцієнтів в дослідах Таубкіна та за запропонованою методикою. Визначено: для деревини $K_1 = 0,23$, $K_2 = 1$, $K_3 = 2$, для активованого вугілля $K_1 = 0,3$, $K_2 = 0,5$, $K_3 = 4$.

Таким чином, розроблена методика дозволяє прогнозувати умови теплового самозаймання з точністю близькою до методики Таубкіна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Саранчук В.И. Окисление и самовозгорание твердого топлива / Саранчук В.И., Русчев Д., Семенов В.К.] – К.: Наукова думка. 1994. – 264 с.
2. Амельчугов С.П. Особенности теплофизических процессов при добыче, хранении, использ. бурого угля: автореф. дис. д.т.н.: спец. 01.04.14 / С.П.Амельчугов. – Кр.: 2002. - 30 с.
3. Саранчук В.И. Тепловые эффекты процесса пиролиза углей / Саранчук В.И., Ошовский В.В., Горюшин В.Ф., Никитенко Ю.В. // Углекимический журнал. – 2002. - № 5-6. – с. 15-19.
4. Уэндландт У. Термические методы анализа / Уэндландт У. - М.: Мир. - 1978. – 526 с.
5. Patent 3263484 United States, МПК7 G 01 N 25/20. Differential microcalorimeter / E. S. Watson et al; заяв. и патентообладатель Perkin-Elmer, US.; заявл. 04.04.1962; опубл. 01.08.1966.
6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, номенклатура показателей и методы их определения : ГОСТ 12.1.044-89. - [Дата введения 01.01.91]. – М.: ГКС СССР, 1989. – 146 с.
7. Пат. 98931 Україна, МПК7 G01N 25/20. Спосіб оцінки схильності зернистих матеріалів до самонагрівання / Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Жернокльов К.В., Оржиховський Д.С.; заявник та патентовласник НУЦЗУ - u 2014 13114; заявл. 08.12.2014 ; опубл. 12.05.2015, Бюл. №9.
8. Трегубов Д.Г. Застосування методу термічного випробування матеріалів у камері / Трегубов Д.Г. // Проблеми пож. безпеки. - Харків: НУГЗУ. - Вып. 34. - 2013. - С. 161-166. Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol34/tregubov.pdf>.

D.G. Tregubov, Ph.D, Associate Professor; O.V.Tarahno, Ph.D.; K.V. Zhernoklov, Ph.D., Associate Professor, National University of civil protection of Ukraine

EVALUATION OF MATERIALS REACTION ABILITY AND PREDISPOSITION TO SPONTANEOUS COMBUSTION

The state of the question of calorimetry and thermogravimetric methods of analysis of solids and the possibility of their use in the field of fire safety is considered. The structural features developed the thermal testing of materials is substantiated. The possibility of using the heating time to control temperature, as rapid rate of physical and chemical properties of materials is demonstrated.

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ ЗОНИ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ОБУМОВЛЕНОЇ РОЗЛИВОМ НАФТИ ТА ЇЇ ГОРІННЯМ

При розробці ситуаційних моделей найбільш небезпечних розливів нафти та їх наслідків для персоналу, населення і навколишнього середовища прилеглої території необхідно визначати межі зони надзвичайної ситуації, обумовленої аварійним розливом нафти і нафтопродуктів (НС АРН). В даний час межа зони НС АРН визначається як зовнішній контур нафтової плями. Однак дана процедура повинна здійснюватися з урахуванням всіх несприятливих факторів, що мають місце при розливах нафти і нафтопродуктів. Для цього пропонується використовувати існуючі підходи урахування теплового впливу при горінні.

Визначимо межі зони НС АРН, обумовлені горінням нафтопродукту.

При розливах нафтопродуктів з низькою температурою спалаху можливе займання розлитого нафтової плями на поверхні води або на береговій лінії. Для оцінки кордону зони НС виконується розрахунок можливого сценарію розливу нафтопродукту (дизельного палива) з подальшим загорянням. При цьому враховується, що мазут згорає тоді, коли його вологість не перевищує 0,7%. Це дозволяє вважати загоряння мазуту на поверхні води подією малоімовірною і не розглядати її при проведенні розрахунків.

В якості вражаючого фактора для людей, зайнятих в операції з ліквідації гасіння пожежі, розглядається теплове випромінювання розлитого нафтопродукту, що горить.

Виділяються дві зони:

- **зона горіння** – частина простору, в якій утворюється полум'я з нафтопродуктів, що горять;

- **зона теплового впливу** – частина простору, що примикає до зони горіння, в якій відбувається займання або зміна стану матеріалів, конструкцій, що надає вражаючу дію на людей.

У зоні горіння, яка збігається з площею розлиття нафтопродуктів, відбувається згорання матеріалів, у атмосферне повітря викидаються токсичні продукти горіння. Зона теплового впливу обмежується дальністю, яка залежить від порогового рівня теплового випромінювання.

Як приклад в табл. 1 наводяться порогові рівні теплового випромінювання, визначені для загоряння розлитого дизельного палива в кількості 1178 м³ на поверхні води.

Таблиця 1. Дані результатів визначення межі зони НС АРН при горінні нафтопродуктів

| | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Відстань від границі розливу | 25 | 45 | 65 | 85 | 105 | 125 | 145 | 165 | 185 |
| Інтенсивність теплового випромінювання q , кВт/м ² | 6,57 | 5,00 | 4,00 | 3,28 | 2,72 | 2,27 | 1,92 | 1,62 | 1,38 |

Інтенсивність теплового випромінювання пожежі розливу ЛЗР I_{II} , кВт м² визначається за формулою [1]

$$I_{II} = E_1 F_{\alpha} \Psi \quad (1)$$

де E_1 – середня поверхнева щільність теплового потоку випромінювання полум'я, кВт м²;

F_{α} – кутовий коефіцієнт випромінювання полум'я;

Ψ – коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу.

а). Значення середньої поверхневої щільності теплового потоку випромінювання полум'я E_I приймається на основі експериментальних даних. Для деяких нафтопродуктів значення E_I наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Середня поверхнева щільність теплового потоку випромінювання полум'я в залежності від ефективного діаметра d_n осередку пожежі

| Речовина | E_I , кВт м ² | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | $d_n = 10$ м | $d_n = 20$ м | $d_n = 30$ м | $d_n = 40$ м | $d_n = 50$ м |
| Бензин | 60 | 47 | 35 | 28 | 25 |
| Дизельне паливо | 40 | 32 | 25 | 21 | 18 |
| Нафта | 25 | 19 | 15 | 12 | 10 |

Ефективний діаметр осередку пожежі розраховується за формулою

$$d_n = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$$

де F – площа розливу, м².

б). Кутовий коефіцієнт випромінювання полум'я F_α визначається за формулою [1]

$$F_\alpha = \sqrt{F_B^2 + F_\Gamma^2}, \quad (2)$$

де F_B F_Γ – фактори опроміненості для вертикальної та горизонтальної площадок відповідно

$$F_B = \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{S} \arctg\left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}}\right) - \frac{h}{S} \left[\arctg\left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}}\right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}}\right) \right] \right\},$$

$$F_\Gamma = \frac{1}{\pi} \left[\frac{\left(B + \frac{1}{S}\right)}{\sqrt{B^2 - 1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}}\right) - \frac{\left(A - \frac{1}{S}\right)}{\sqrt{A^2 - 1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}}\right) \right].$$

Параметри A , B , S та h визначаються наступним чином:

$$A = \frac{h^2 + S^2 + 1}{2S}, \quad B = \frac{S^2 + 1}{2S}, \quad S = \frac{2r}{d}, \quad h = \frac{2H}{d},$$

де r – відстань від геометричного центру проливу до об'єкта, що опромінюється, м;
 H – висота полум'я, м.

Висота полум'я може бути визначена за формулою [1]

$$H = 42d \left(\frac{M_v}{\rho_B \sqrt{gd}} \right)^{0.61},$$

де M_v – питома масова швидкість вигорання речовини у розливі, кг м⁻² с⁻¹;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9.81 \text{ м с}^{-2}$;

$\rho_{\text{в}}$ – щільність повітря, $\rho_{\text{в}} = 1.21 \text{ кг м}^{-3}$.

в). Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання пожежі проливу крізь атмосферу Ψ визначається за формулою [1]:

$$\Psi = \exp[-7 \cdot 10^{-4}(r - 0.5d)]. \quad (3)$$

Вихідні дані для розрахунку (дизельне паливо) і результати розрахунку за формулами (1) - (3) наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Вихідні дані для розрахунків та результати розрахунків

| Параметри | Позначення | Одиниця вимірювання | Значення параметра |
|---|------------|------------------------------------|--------------------|
| Діаметр зони розливу | d | м | 440 |
| Площа зони розливу | S | м^2 | 152486 |
| Радіус зони розливу | R | м | 220 |
| Середньоповерхнева щільність теплового випромінювання полум'я | E_f | кВт/м^2 | 18 |
| Питома масова швидкість вигорання нафтопродуктів | m | $\text{кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$ | 0,04 |
| Висота полум'я | H | м | 180,91 |

Відповідно до прийнятих даних і результатів розрахунків тепловий вплив від пожежі розливу нафтопродукту (дизельного палива) на поверхні водного об'єкту має наступні значення:

- до 65 м – опіки різного ступеня тяжкості;
- від 65 до 185 м – безпечно для людей в брезентовому одязі;
- далі 185 м – без негативних наслідків протягом тривалого періоду часу.

Таким чином, визначення меж зон НС АРН при загорянні нафти чи нафтопродуктів на поверхні водних об'єктах дозволяють вирішувати задачі прогнозування негативних наслідків аварійних ситуацій, а також враховувати негативні фактори пожежі нафти і нафтопродуктів при плануванні аварійно - рятувальних операцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будівель та зовнішніх установок з вибухопожежної та пожежної небезпеці. – Київ, 2007. – 38 с.

I.A. Chub, doctor of the technical sciences, professor, National civil defense university of Ukraine

DEFINITIONS OF THE ZONE OF AN EMERGENCY, CAUSED BY SPILLS OF OIL AND ITS COMBUSTION

The method of calculating the impact of oil fires that spread on the surface water body is considered. The method used to determine the boundaries of zones negative impact of spilled oil on the fire personnel and the population of nearby areas.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ТОЛЩИН СЛОЕВ ДВУХСЛОЙНОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО ЭКРАНА

Для эвакуации пострадавших пожарно-спасательные подразделения оснащены соответствующими средствами спасения. Главным недостатком имеющихся средств эвакуации является отсутствие огнезащитного покрытия, которое способно снизить уровень влияния на тело пострадавшего такого опасного фактора пожара, как тепловой поток от открытого пламени. Сложившаяся ситуация делает актуальными исследования защитного действия теплоизоляционных накидок, предназначенных для защиты пострадавшего от влияния высокотемпературных источников энергии.

На начальной стадии исследования проблемы в работе [1] было рассмотрено защитное действие однослойного защитного покрытия, действующего как термически тонкий оптически непрозрачный экран. Время защитного действия такого экрана, определяемое как время его нагрева до опасной температуры, пропорционально толщине. Увеличение времени нагрева за счет увеличения толщины ограничено соответствующим ростом веса экрана. В качестве решения проблемы увеличения времени огнезащиты в работе [2] было обосновано применение двухслойного экрана. Было показано, что двухслойный экран, суммарная толщина которого не превышает толщины аналогичного однослойного экрана, может в разы увеличить время огнезащитного действия.

В связи с тем, что во время теплозащиты внешний слой экрана нагревается значительно сильнее внутреннего слоя, существует две критические температуры - температура потери защитных свойств внешним слоем и температура внутреннего слоя, при котором он опасен для защищаемого объекта. Именно подбор оптимального соотношения толщин слоев двухслойного экрана, обеспечивающий максимальное время огнезащиты при фиксированной суммарной толщине слоев и ограничениях на температуры внутреннего и внешнего слоя, является задачей данной работы

В работе используется математическая модель [2] нагревания защитного покрытия, представляющего собой экран, состоящий из двух оптически непрозрачных термически тонких слоев, разделенных газовой (воздушной) прослойкой. Схема расположения экрана изображена на рисунке 1, на котором объектам соответствуют индексы: «*f*» - пламя; «1» - горячий слой; «2» - холодный слой; «*w*» - защищаемая поверхность. Используемые величины обозначены символами: «*T*» - абсолютная температура, К; «*h*» - толщина слоя, м; «*x*» - расстояние от слоя экрана до ближайшей экранируемой поверхности, м; «*ρ*» - плотность материала экрана, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$; «*c_p*» - удельная массовая изобарная теплоемкость экранного слоя, $\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$; «*ε*» - степень черноты (относительная излучательная способность) поверхностей. Предполагается, что суммарная толщина слоев h_s является постоянной величиной, то есть $h_1 + h_2 = h_s = \text{const}$.

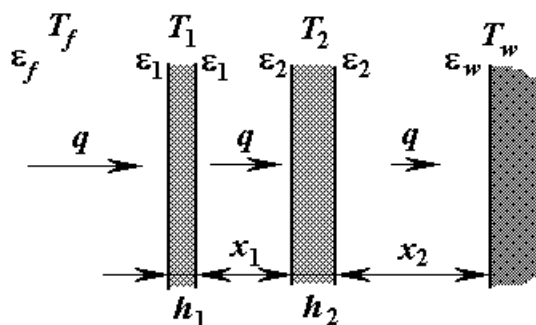


Рис. 1 – Схема задачи термической защиты тела при помощи двухслойного экрана

Как и в работе [2] предполагается, что безопасность сохраняется, если удельный результирующий поток тепла от нагретого экрана к телу пострадавшего не превышает соответствующего критического значения q_{cr} ($q_{cr} \approx 1200 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$). Данный критерий накладывает требование на температуру t_2 ($^{\circ}\text{C}$) внутреннего слоя экрана: иначе говоря, критерий безопасности имеет вид:

$$t_2 \leq t_{cr,2} \quad (1)$$

где $t_{cr,2}$ – критическое значение температуры внутреннего слоя экрана, соответствующее критическому значению q_{cr} . В работе [1] показано, что в зависимости от значений степеней черноты объектов и расстояний между ними, величина $t_{cr,2}$ лежит в диапазоне от 130 до 280°C .

Для обеспечения безопасности кроме условия (1) необходимо выполнять условие

$$t_1 \leq t_{cr,1}, \quad (2)$$

где $t_{cr,1}$ – максимальная температура, до достижения которой материал внешнего слоя экрана сохраняет защитные свойства.

Сразу отметим, что вплоть до наступления неприемлемой ситуации изменение температуры поверхности защищаемого тела является незначительным. В связи с этим данную температуру принимаем постоянной (приблизительно равной $T_w \approx 40+273, \text{ K}$).

Удельные тепловые потоки (q) между слоями экрана и от экрана к защищаемой поверхности имеют две составляющие – радиационную (q_r) и конвективную (q_c):

$$q = q_r + q_c, \quad (3)$$

Вклад радиационной составляющей в поток можно оценить соотношением [3]

$$q_r(T', T'', \varepsilon', \varepsilon'') = (\varepsilon'^{-1} + \varepsilon''^{-1} - 1)^{-1} \cdot \sigma \cdot [T'^4 - T''^4], \quad (4)$$

где ε' , T' и ε'' , T'' – соответственно, степени черноты, абсолютные температуры горячей и холодной поверхностей теплообмена; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$ – константа излучения абсолютно чёрного тела.

Конвективный теплоперенос вызван свободной конвекцией воздуха в зазоре между накидкой и телом потерпевшего. Адекватную оценку величины соответствующего удельного теплового потока дает выражение (смотри [3]):

$$q_c(T', T'', x) = \varepsilon_{con} \cdot \frac{\lambda_a}{x} \cdot (T' - T''), \quad (5)$$

где x – характерное расстояние (толщина зазора) между поверхностями теплообмена, м; λ_a – коэффициент теплопроводности воздуха, $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; индекс «а» здесь и далее указывает на то, что соответствующая характеристика воздуха определяется при его средней температуре $T_a = \frac{T' + T''}{2}$.

Число подобия ε_{con} отображает обусловленное конвекцией воздуха возрастание теплопереноса. Величина ε_{con} определяется из критериального уравнения

$$\varepsilon_{con} = 0.18 \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})_a^{0.25}, \quad (6)$$

в котором выражение в скобках представляет собой произведение критериев Грасгофа (Gr) и Прандтля (Pr):

$$(\text{Gr} \cdot \text{Pr})_a = \frac{g \cdot (T' - T'') \cdot x^3}{T_a \cdot \nu_a^2} \cdot \text{Pr}_a,$$

где $g = 9,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ – ускорение свободного падения; ν_a – коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Удельный тепловой поток от пламени на поверхность экрана можно оценить выражением (4) с соответствующими параметрами.

Для определения времен нагрева слоев экрана исследуется система уравнений теплового баланса, являющаяся системой обыкновенных дифференциальных уравнений относительно времени τ :

$$\rho_1 \cdot c_{p1} \cdot h_1 \cdot \frac{dT_1}{d\tau} = q_r(T_f, T_1, \varepsilon_f, \varepsilon_1) - q_r(T_1, T_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2) - q_c(T_1, T_2, x_1), \quad (7)$$

$$\rho_2 \cdot c_{p2} \cdot h_2 \cdot \frac{dT_2}{d\tau} = q_r(T_1, T_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2) + q_c(T_1, T_2, x_1) - q_r(T_2, T_w, \varepsilon_2, \varepsilon_w) - q_c(T_2, T_w, x_2), \quad (8)$$

все параметры которой описаны выше.

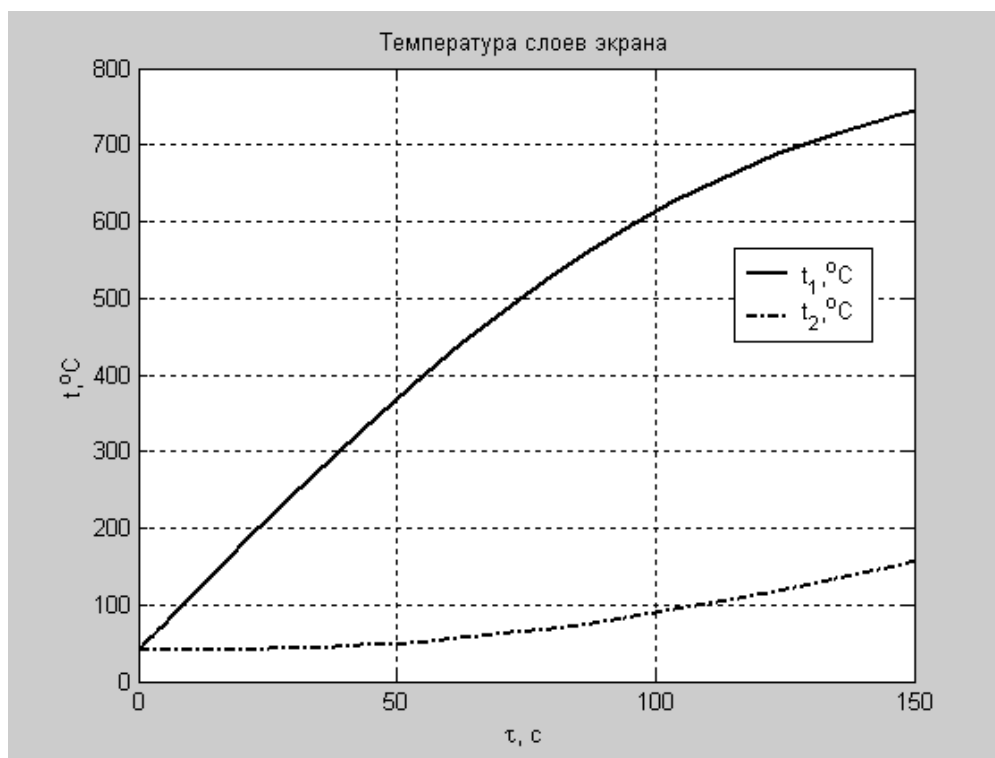


Рис. 2 – Графики зависимости температур (t_1 и t_2) слоев двухслойного экрана от времени теплового воздействия τ .

Система уравнений (7), (8), описывающая защитное действие двухслойного экрана, решались численно с использованием среды Matlab. Начальным условием к ней бралось равенство начальных значений температур слоев температуре защищаемой поверхности: $T_1(0)=T_w$; $T_2(0)=T_w$.

Данная система Результаты одного из типичных вариантов представлены на рисунке 2. В демонстрируемом варианте принято, что $h_2 = 3 \cdot 10^{-3}$ м, $h_s = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $x_1 = 0.01$ м, $x_2 = 0.05$ м, $\varepsilon_f = 0.8$, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_s = 0.2$, $\varepsilon_w = 0.9$, $T_f = 1000 + 273$ К, $T_w = 40 + 273$ К, $\lambda_a = 0.8$ Вт·м⁻¹·К⁻¹.

Временем защитного действия является время в течении которого одновременно выполняются оба условия (1) и (2). В связи с этим длительность интервала огнезащиты равна

$$\tau_{cr,tot} = \min[\tau_{cr,1}(h_1), \tau_{cr,2}(h_2)] - \quad (9)$$

минимальному из времен нагрева слоёв экрана до соответствующих критических температур. В соответствии с условиями (1) и (2) времена $\tau_{cr,1}$ и $\tau_{cr,2}$ являются решениями уравнений

$$t_1(\tau_{cr,1}) = t_{cr,1} \quad (10)$$

и

$$t_2(\tau_{cr,2}) = t_{cr,2}. \quad (11)$$

При фиксации суммарной толщины слоёв ($h_1 + h_2 = h_s = \text{const}$) времена $\tau_{cr,1}$ и $\tau_{cr,2}$, а вместе с ними и время (9) становятся функциями толщины одного (например, внутреннего) слоя. Характерный вид таких зависимостей при разных значениях температур и значениях параметров, взятых из примера рисунка 2, представлен на рисунке 3.

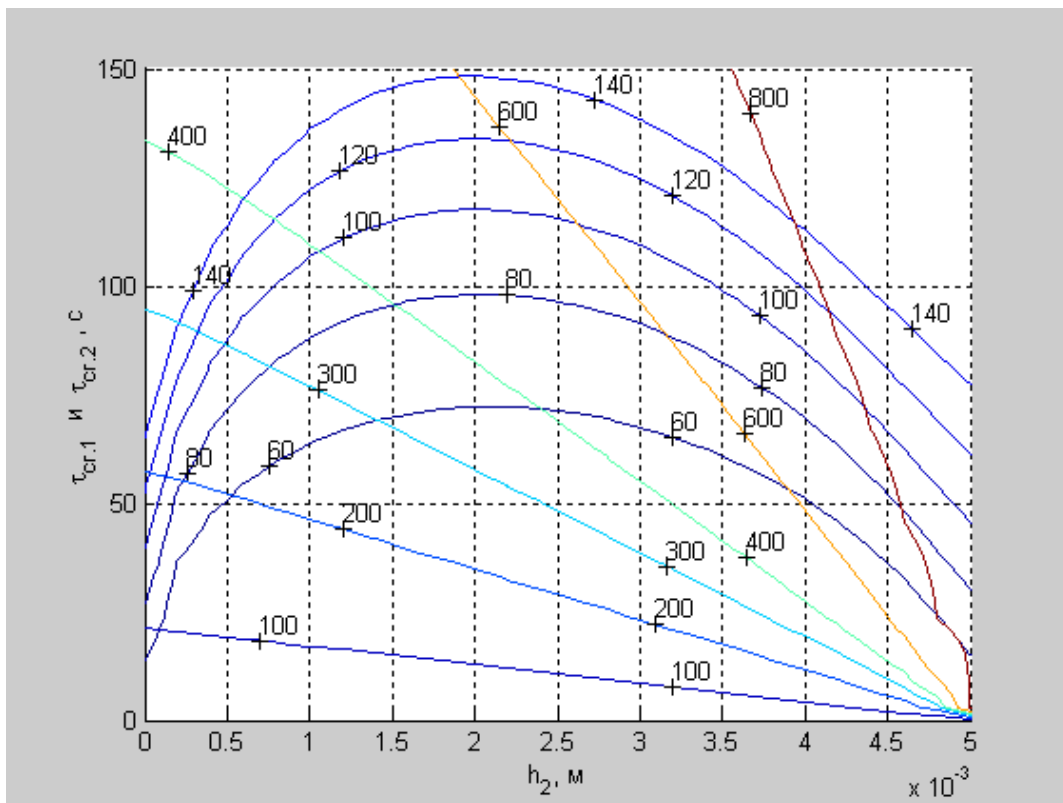


Рис. 3 – Графики зависимости критических времен от толщины внутреннего слоя при разных значениях критических температур. Временам $\tau_{cr,2}$ отвечает набор дуг, временам $\tau_{cr,1}$ соответствуют линии, веером выходящие из правого нижнего угла. Нанесенные линии являются изотермами (соответствующие значения температур по шкале Цельсия проставлены рядом с крестиками).

При поиске h_2^* , толщины внутреннего слоя экрана, реализующего максимальное время огнезащиты (9) при заданных критических температурах $t_{cr.1}$ и $t_{cr.2}$, существенными оказываются два значения толщины внутреннего слоя экрана. Первой является толщина $h_2^{(2)}$, реализующая максимальное значение времени $\tau_{cr.2}$. (к примеру, при $t_{cr.2}=100^\circ\text{C}$ (согласно рисунку 3) $h_2^{(2)} \approx 2.0$ мм и $\tau_{cr.2} \approx 120$ с). Второй важной толщиной является $h_2^{(1-2)}$, при которой совпадают времена защитного времени внешнего и внутреннего слоев экрана. Эта величина является корнем уравнения

$$\tau_{cr.1}(h_s - h_2^{(1-2)}) = \tau_{cr.2}(h_2^{(1-2)}). \quad (12)$$

На рисунке 3 этой точке соответствует пересечение линий $\tau_{cr.1}(h_s - h_2)$ и $\tau_{cr.2}(h_2)$ (к примеру, при $t_{cr.2}=100^\circ\text{C}$ и $t_{cr.1}=600^\circ\text{C}$ (согласно рисунку 3) $h_2^{(1-2)} \approx 2.6$ мм и $\tau_{cr.1} = \tau_{cr.2} \approx 115$ с, а при $t_{cr.2}=100^\circ\text{C}$ и $t_{cr.1}=300^\circ\text{C}$ $h_2^{(1-2)} \approx 0.5$ мм и $\tau_{cr.1} = \tau_{cr.2} \approx 85$ с).

Как следует из структуры зависимостей $\tau_{cr.1}$ и $\tau_{cr.2}$ от толщины внутреннего слоя h_2 , представленных на рисунке 3, при заданных величинах критических температур $t_{cr.1}$ и $t_{cr.2}$ максимальное время огнезащиты (9) реализуется при минимальной из толщин $h_2^{(2)}$ и $h_2^{(1-2)}$:

$$h_2^* = \min(h_2^{(1-2)}, h_2^{(2)}). \quad (13)$$

а соответствующее максимально время равно $\tau_{cr.tot}(h_2^*)$.

К примеру, при $t_{cr.2}=100^\circ\text{C}$ и $t_{cr.1}=600^\circ\text{C}$ (согласно рисунку 3) $h_2^* = h_2^{(2)} \approx 2.0$ мм и $\tau_{cr.tot} \approx 120$ с, а при $t_{cr.2}=100^\circ\text{C}$ и $t_{cr.1}=300^\circ\text{C}$ получается $h_2^* = h_2^{(1-2)} \approx 0.5$ мм и $\tau_{cr.tot} \approx 85$ с.

Отметим, что действительным параметром, определяющим время изменения температуры слоя экрана, является не его толщина, теплоемкость единицы площади, равная $\rho \cdot c_p \cdot h$. Это обстоятельство необходимо учитывать, если решать задачу подбора оптимальных толщин слоев, состоящих из разных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршанов А.Я. Создание условий для защиты пострадавшего от опасных факторов пожара / А.Я. Шаршанов, Р.В. Пономаренко, И.А. Поляков // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. - Вып. 36. – Харьков: НУГЗУ, 2014. – С. 192-199.
2. Шаршанов А.Я. Моделирование действия двухслойного огнезащитного экрана. / А.Я. Шаршанов // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. - Вып. 37. – Харьков: НУГЗУ, 2015. – С. 235-240.
3. Исаченко В.П. Теплопередача: Учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп./В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел./ – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

A.Ya. Sharshanov, candidate of physico-mathematical sciences, associate professor, National university of civil protection of Ukraine

THE CHOICE OF THE OPTIMAL RATIO OF THE THICKNESS OF THE LAYERS OF TWO-LAYER FIRE RESISTANT SCREEN

Solved the problem of finding the optimum ratio of the thicknesses of layers two-layer fire-resistant of the screen. Selection ensures maximum fire protection at a fixed total thickness of the layers and the restrictions on the temperature of the inner and outer layer.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ДВУХСЛОЙНОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО ЭКРАНА

Для эвакуации пострадавших пожарно-спасательные подразделения оснащены соответствующими средствами спасения. Главным недостатком имеющихся средств эвакуации является отсутствие огнезащитного покрытия, которое способно снизить уровень влияния на тело пострадавшего такого опасного фактора пожара, как тепловой поток от открытого пламени. Сложившаяся ситуация делает актуальными исследования защитного действия теплоизоляционных накидок, предназначенных для защиты пострадавшего от влияния высокотемпературных источников энергии.

Для решения задачи в недавней работе [1] было рассмотрено защитное действие однослойного защитного покрытия, действующего как оптически непрозрачный экран. Время защитного действия такого экрана определяется временем его нагрева до опасного уровня температуры t_{cr} . Увеличение времени нагрева этого экрана за счет увеличения его толщины ограничено тем обстоятельством, что рост толщины экрана увеличивает его вес, что является отрицательным фактором. В качестве решения проблемы предлагается применение двухслойного экрана.

В работе исследуется математическая модель нагревания защитного покрытия, представляющего собой экран, состоящий из двух оптически непрозрачных, но термически тонких слоев, разделенных газовой (воздушной) прослойкой. Определяется время нагревания экранирующих слоев под действием пламени до критических значений температуры. Схема расположения экрана изображена на рисунке 1, на котором объектам соответствуют индексы: «f» - пламя; «1» - горячий слой; «2» - холодный слой; «w» - защищаемая поверхность. Используемые величины обозначены символами: «T» - абсолютная температура, К; «h» - толщина слоя, м; «x» - расстояние от слоя экрана до ближайшей экранируемой поверхности, м; «ρ» - плотность материала экрана, кг·м⁻³; «c_p» - удельная массовая изобарная теплоемкость экранного слоя, Дж·кг⁻¹·К⁻¹; «ε» - степень черноты (относительная излучательная способность) поверхностей. Предполагается, что суммарная толщина слоев h_s является постоянной величиной, то есть $h_1 + h_2 = h_s = \text{const}$.

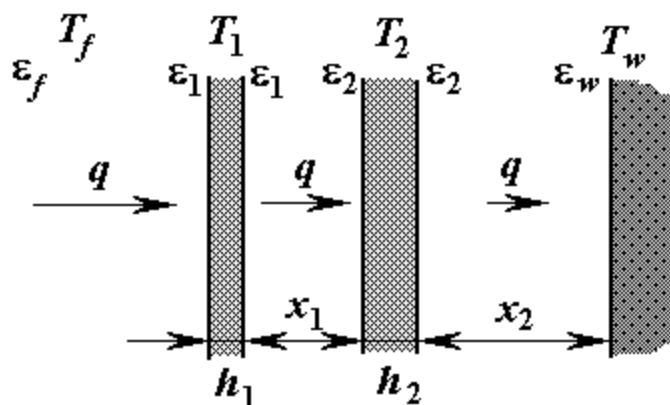


Рис. 1 – Схема задачи термической защиты тела при помощи двухслойного экрана

Как и в работе [1] предполагается, что безопасность сохраняется, если удельный результирующий поток тепла от нагретшегося экрана к телу пострадавшего не превышает соответствующего критического значения q_{cr} ($q_{cr} \approx 1200 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$). Данный критерий

накладывает требование на температуру t_2 ($^{\circ}\text{C}$) внутреннего слоя экрана: иначе говоря, критерий безопасности имеет вид:

$$t_2 \leq t_{cr.2} \quad (1)$$

где $t_{cr.2}$ – критическое значение температуры внутреннего слоя экрана, соответствующее критическому значению q_{cr} . В работе [1] показано, что в зависимости от значений степеней черноты объектов и расстояний между ними, величина $t_{cr.2}$ лежит в диапазоне от 130 до 280 $^{\circ}\text{C}$.

Сразу отметим, что вплоть до наступления неприемлемой ситуации изменение температуры поверхности защищаемого тела является незначительным. В связи с этим будем считать эту температуру постоянной (приблизительно равной $T_w \approx 40+273$, К).

Удельные тепловые потоки (q) между слоями экрана и от экрана к защищаемой поверхности имеют две составляющие – радиационную (q_r) и конвективную (q_c):

$$q = q_r + q_c, \quad (2)$$

Вклад радиационной составляющей в поток можно оценить соотношением [2]

$$q_r(T', T'', \varepsilon', \varepsilon'') = (\varepsilon'^{-1} + \varepsilon''^{-1} - 1)^{-1} \cdot \sigma \cdot [T'^4 - T''^4], \quad (3)$$

где ε' , T' и ε'' , T'' – соответственно, степени черноты, абсолютные температуры горячей и холодной поверхностей теплообмена; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт·м $^{-2}$ ·К $^{-4}$ – константа излучения абсолютно чёрного тела.

Конвективный теплоперенос вызван свободной конвекцией воздуха в зазоре между накидкой и телом потерпевшего. Адекватную оценку величины соответствующего удельного теплового потока дает выражение (смотри [2]):

$$q_c(T', T'', x) = \varepsilon_{con} \cdot \frac{\lambda_a}{x} \cdot (T' - T''), \quad (4)$$

где x – характерное расстояние (толщина зазора) между поверхностями теплообмена, м; λ_a – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт·м $^{-1}$ ·К $^{-1}$; индекс « a » здесь и далее указывает на то, что соответствующая характеристика воздуха определяется при его средней температуре $T_a = \frac{T' + T''}{2}$.

Число подобия ε_{con} отображает обусловленное конвекцией воздуха возрастание теплопереноса. Величина ε_{con} определяется из критериального уравнения

$$\varepsilon_{con} = 0.18 \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})_a^{0.25}, \quad (5)$$

в котором выражение в скобках представляет собой произведение критериев Грасгофа (Gr) и Прандтля (Pr):

$$(\text{Gr} \cdot \text{Pr})_a = \frac{g \cdot (T' - T'') \cdot x^3}{T_a \cdot \nu_a^2} \cdot \text{Pr}_a,$$

где $g = 9,8$ м·с $^{-2}$ – ускорение свободного падения; ν_a – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м 2 ·с $^{-1}$.

Отметим, что приведенные значения множителя и степени в критериальном уравнении (5) подразумевает выполнение ограничения

$$10^3 < (Gr \cdot Pr)_a < 10^{10}.$$

Удельный тепловой поток от пламени на поверхность экрана можно оценить выражением (3) с соответствующими параметрами.

Для определения времени защитного действия экрана (времени нагрева её внутреннего слоя до температуры $T_{cr} = t_{cr} + 273$, К) рассматривается систему уравнений теплового баланса, являющаяся системой обыкновенных дифференциальных уравнений относительно времени τ :

$$\rho_1 \cdot c_{p1} \cdot h_1 \cdot \frac{dT_1}{d\tau} = q_r(T_f, T_1, \varepsilon_f, \varepsilon_1) - q_r(T_1, T_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2) - q_c(T_1, T_2, x_1), \quad (6)$$

$$\rho_2 \cdot c_{p2} \cdot h_2 \cdot \frac{dT_2}{d\tau} = q_r(T_1, T_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2) + q_c(T_1, T_2, x_1) - q_r(T_2, T_w, \varepsilon_2, \varepsilon_w) - q_c(T_2, T_w, x_2), \quad (7)$$

все параметры которой описаны выше.

Отметим, что в случае однослойного экрана система (6), (7) заменяется на уравнение

$$\rho_s \cdot c_{ps} \cdot h_s \cdot \frac{dT_s}{d\tau} = q_r(T_f, T_s, \varepsilon_f, \varepsilon_s) - q_r(T_s, T_w, \varepsilon_s, \varepsilon_w) - q_c(T_s, T_w, x_s), \quad (8)$$

где индексом «s» помечены соответствующие характеристики однослойного экрана.

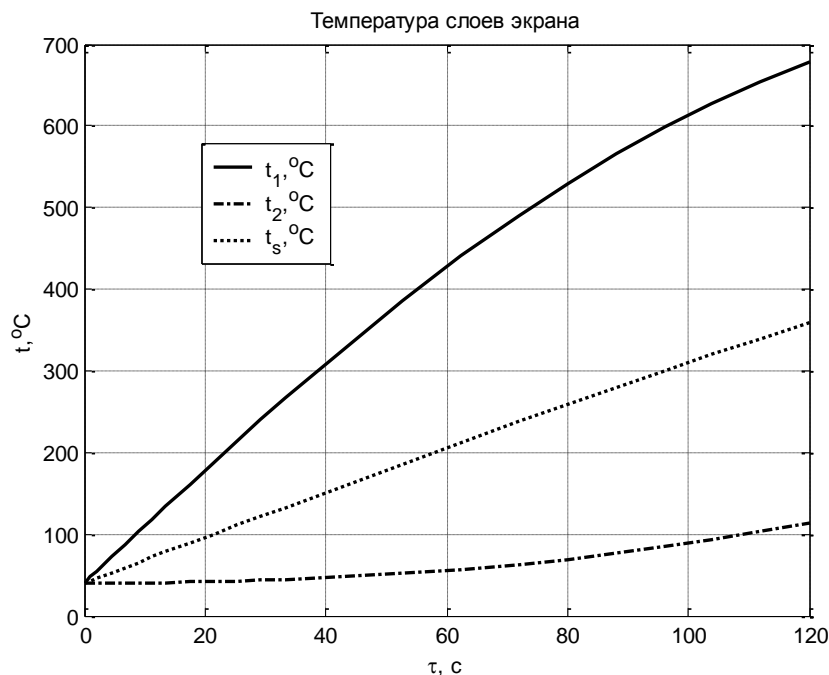


Рис. 2 – Графики зависимости температур (t_1 и t_2) слоев двухслойного экрана от времени теплового воздействия τ . Точками изображен график временной зависимости температуры (t_s) однослойного экрана, имеющего толщину $h_s = h_1 + h_2$

Система уравнений (6), (7) является математической моделью, описывающей защитное действие двухслойного экрана. В качестве начального условия к ней бралось

равенство начальных значений температур слоев температуре защищаемой поверхности: $T_1(0)=T_w$; $T_2(0)=T_w$.

Данная система, а также не зависящее от нее уравнение (8), решались численно с использованием среды Matlab. Результаты одного из типичных вариантов представлены на рисунке 2. В демонстрируемом варианте принято, что $\rho_1 = \rho_2 = \rho_s = 1 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, $c_{p1} = c_{p2} = c_{ps} = 2 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$, $h_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $h_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $h_s = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $x_1 = 0.01 \text{ м}$, $x_2 = 0.05 \text{ м}$, $\varepsilon_f = 0.8$, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_s = 0.2$, $\varepsilon_w = 0.9$, $T_f = 1000 + 273 \text{ К}$, $T_w = 40 + 273 \text{ К}$, $\lambda_a = 0.8 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$, $\text{Pr}_a = 0.69$.

Сравнение температурных кривых $t_2(\tau)$ и $t_s(\tau)$ рисунка 2 показывает, что двухслойный экран может в разы увеличивать время защитного действия. В тоже время кривая $t_1(\tau)$ показывает, что для этого материал внешнего слоя экрана должен выдерживать температуру в несколько сотен градусов Цельсия. Отсюда следует, что при определении времени защитного действия двухслойного экрана необходимо кроме условия (1) отслеживать выполнение условия

$$t_1 \leq t_{cr,1}, \quad (9)$$

где $t_{cr,1}$ - максимальная температура, до достижения которой материал внешнего слоя экрана сохраняет защитные свойства.

Изменение соотношения толщин слоев экрана (при неизменности величины $(h_1 + h_2)$) противоположным образом влияет на изменение защитных времен, определяемых соотношениями (1) и (9). Данное обстоятельство указывает на необходимость решать задачу по оптимизации толщин слоев экрана, что может являться темой дальнейших исследований.

Выводы. Построена математическая модель для расчета защитного действия двухслойного теплоизоляционного экрана, предназначенного для защиты от теплового излучения пожара. Рассмотрение показало, что двухслойный экран более эффективен, чем однослойный экран, имеющий толщину слоя, равную сумме толщин слоев двухслойного экрана.

Выяснилось, что решение задачи об определении максимального времени защитного действия двухслойного экрана требует отслеживания ограничения на температуру обоих слоев. Это обстоятельство указывает на существование оптимального соотношения толщин слоев экрана, определение которого можно провести в дальнейших работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршанов А.Я. Создание условий для защиты пострадавшего от опасных факторов пожара / А.Я. Шаршанов, Р.В. Пономаренко, И.А. Поляков // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. - Вып. 36. - Харьков: НУГЗУ, 2014. - С. 192-199.
2. Исаченко В.П. Теплопередача: Учебник для вузов - 4-е изд., перераб. и доп./В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел./ - М.: Энергоиздат, 1981. - 416 с.

A.Ya. Sharshanov, candidate of physico-mathematical sciences, associate professor, National university of civil protection of Ukraine; A.V. Zvarichuk, cadet, National university of civil protection of Ukraine

SIMULATION OF TWO-LAYER FLAME RETARDANT SCREEN

A mathematical model for the calculation of the protective effect of the two-layer fire-retardant screen was created. Shows their increased efficiency dual-layer shielding compared with a single layer.

THE FIRE AND RESCUE SERVICES IN MALAYSIA

The fire and rescue services in Malaysia started in 1883 with the establishment of the Selangor state fire and rescue volunteers squad headed by H.F.Bellamy with 15 crews. In 1946 after the World War II, the Malayan Union Fire Services (MUS) was formed with Flight Lt. W.J Gerumandi being appointed as the Director of Malayan Union Fire Services. MUS was based in Kuala Lumpur.

Through the Federation of Malaya's agreement, the fire and rescue service was handed over to the state governments. The service was then integrated as a federal-level department on 1 January 1976, reporting to the Ministry of Housing and Local Government. On 15 May 1981, the department was renamed as the Malaysian Fire Services Department. Then, on 8 January 1997, the Cabinet has agreed to change the logo or insignia, flag and name of the Malaysian Fire Services Department to be known as the Malaysian Fire and Rescue Department, which are officially announced and launched in a ceremony held in Genting Highlands Fire and Rescue Station, Pahang on 21 February 1997, by The Honourable Malaysian Prime Minister of that time, Dr. Mahathir Mohamad-the fourth Malaysian Prime Minister.

Fire Statistics in Malaysia

| YEAR | No of Calls | Deaths | Injured | Estimated loss (MYR million) |
|-------|-------------|--------|---------|------------------------------|
| 2000 | 15445 | 61 | 42 | 553.01 |
| 2001 | 15419 | 62 | 81 | 584.22 |
| 2002 | 25726 | 46 | 76 | 603.02 |
| 2003 | 18290 | 100 | 68 | 502.40 |
| 2004 | 22779 | 65 | 107 | 614.70 |
| 2005 | 31138 | 70 | 115 | 794.66 |
| 2006 | 18913 | 71 | 86 | 760.70 |
| 2007 | 20225 | 80 | 67 | 865.29 |
| TOTAL | 167935 | 555 | 642 | 5278.00 |

In 2011, the Government adopted the Melaka Declaration on Disaster Risk Reduction which encapsulates Malaysia's direction on disaster risk reduction in line with the priority areas of the HFA. The Melaka Declaration also provides guiding principles for the Malaysia Action Plan for Disaster Risk Reduction (MyDRR) which serves to integrate disaster risk reduction and climate change adaptation, engage communities, and build resilience at the local level [1].

Malaysia's National Platform for Disaster Risk Reduction was formalized in 2013 and this process involved expanding the array of stakeholders involved to include policy-makers and practitioners from governments, universities, nongovernmental organizations, as well as representatives from the private sector to take ownership of disaster risk reduction initiatives in the country. I am proud to report that this effort is now yielding outstanding results in terms of marshalling science and technology for disaster management in Malaysia.

This 'Science to Action Initiative' aims to nurture networking among researchers, academics, government agencies, and the private sector in order to strengthen implementation of a multi-stakeholder local level solutions, where initial focus is on floods.

The setting up of the Scientific Expert Panel on Disaster Risk Reduction will serve as the primary platform for the application of science towards disaster management.

References

1. http://www.preventionweb.net/files/globalplatform/ministerial_statementmalaysia_finalre.pdf

СЕКЦИЯ 2. ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

*М.И. Баранов, доктор технических наук, главный научный сотрудник
НИПКИ "Молния" Национального технического университета "Харьковский
политехнический институт",*

С.В. Рудаков, кандидат технических наук, доцент,

Национальный университет гражданской защиты Украины

И.С. Рычик, магистр, Национальный университет гражданской защиты Украины

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ СТОЙКОСТЬ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЛНИИ

Для надежной противопожарной защиты от прямого (косвенного) удара молнии электроэнергетических объектов (ЭЭО) и их инженерных сетей является обоснованный выбор кабельно-проводниковой продукции, устанавливаемой в их первичные и вторичные электрические цепи и отвечающей жестким условиям молниестойкости. Согласно требованиям действующих международных и национальных стандартов [1-6] при коротком ударе молнии в проводах и кабелях силовых цепей ЭЭО могут протекать импульсные токи положительной полярности амплитудой I_{mL} , имеющие аperiodическую временную форму $\tau_f/\tau_p=10$ мкс/350 мкс, где τ_f , τ_p – соответственно длительность фронта между уровнями $(0,1-0,9)I_{mL}$ и длительность импульса тока на уровне $0,5I_{mL}$. В [1-6] приведены нормированные амплитудно-временные параметры (АВП) и допуски на них для указанного аperiodического импульса тока молнии, соответствующие I–IV уровням защиты от молнии ЭЭО и их инженерных коммуникаций. При этом, для низшего IV уровня защиты от молнии ЭЭО набор АВП характеризуется следующими нормированными количественными значениями [1-7]: $\tau_p=350$ мкс (с допуском $\pm 10\%$); $I_{mL}=100$ кА (с допуском $\pm 10\%$); удельная энергия (интеграл действия тока молнии) $J_L=2,5 \cdot 10^6$ А²·с (с допуском $\pm 35\%$); протекший заряд $q_L=\pm 50$ Кл (с допуском $\pm 20\%$). Что касается численного значения τ_f , то оно при допуске $\pm 20\%$ носит согласно [1-7] второстепенный характер и может находиться в диапазоне $10 \text{ мкс} \leq \tau_f \leq 15 \text{ мкс}$. В этой связи проведение на высоковольтном оборудовании экспериментальных исследований по определению противопожарной и электротермической молниестойкости кабельно-проводниковой продукции ЭЭО является актуальной научно-технической задачей.

Рассмотрим провода и кабели с медными (алюминиевыми) жилами (экранами), поливинилхлоридной (ПВХ) и полиэтиленовой (ПЭТ) изоляцией. Для их электротермических испытаний на молниестойкость и пожаровзрывобезопасность используем прямолинейные опытные образцы (ОО) данных проводов (кабелей) длиной 0,5 м, жестко закрепляемые в силовоточной разрядной цепи генератора импульсного тока молнии (ГИТМ). В качестве ГИТМ выбираем созданный в 2014 г. в НИПКИ “Молния” НТУ “ХПИ” мощный высоковольтный генератор типа ГИТМ-10/350 [7].

Максимальное значение плотности тока в медной жиле ОО рассматриваемого кабеля составляло примерно $\delta_{m1} \approx I_{mL}/S_1 \approx 8,9$ кА/мм². Найденное в медной жиле радиочастотного кабеля марки РК Д2-3,5/9 с ПЭТ изоляцией для этого случая ($I_{mL} \approx 85,6$ кА; $J_L \approx 2 \cdot 10^6$ А²·с) расчетным путем с учетом [14] амплитудное значение предельно допустимой плотности δ_{m1d} импульса тока 15/335 мкс искусственной молнии из соотношения $\delta_{m1d} \approx 1,353 \cdot 10^8 \cdot I_{mL}/(J_L)^{1/2}$ оказывается примерно равным $\delta_{m1d} \approx 8,2$ кА/мм². Известно, что при такой усредненной плотности δ_{m1d} импульсного тока в медной жиле указанного кабеля предельно допустимая кратковременная температура θ_{1k} ее нагрева не будет превышать 120 °С [15,16]. Из полученных нами приближенных данных следует, что расчетное значение плотности тока $\delta_{m1d} \approx 8,2$ кА/мм² отличается от ее опытного значения $\delta_{m1d} \approx 8,9$ кА/мм² примерно на 8 %.

На рис. 1 показан рабочий стол генератора типа ГИТМ-10/350 с закрепленной на его

электродах расщепленной круглой медной жилой сечением $S_1 \approx 3,2 \text{ мм}^2$ ОО радиочастотного коаксиального кабеля марки РК 50-7-11 со сплошной ПЭТ изоляцией.

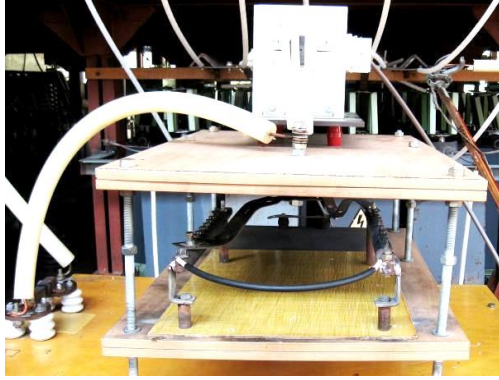


Рис. 1. Внешний вид генератора типа ГИТМ-10/350 с жестко закрепленной на его массивных стальных электродах расщепленной круглой медной жилой сечением $S_1 \approx 3,2 \text{ мм}^2$ ОО радиочастотного коаксиального кабеля марки РК 50-7-11

На рис. 2 представлена начальная стадия электрического взрыва (ЭВ) медной жилы сечением $S_1 \approx 3,2 \text{ мм}^2$ испытываемого в разрядной цепи генератора типа ГИТМ-10/350 ОО радиочастотного коаксиального кабеля марки РК 50-7-11 со сплошной ПЭТ изоляцией длиной 0,5 м. Обследование исследуемого ОО после его электротермического испытания указывает на полную сублимацию его меди из внутренней области поясной ПЭТ изоляции цилиндрической конфигурации радиочастотного коаксиального кабеля марки РК 50-7-11.



Рис. 2. Начальная стадия ЭВ медной жилы сечением $S_1 \approx 3,2 \text{ мм}^2$ ОО радиочастотного коаксиального кабеля марки РК 50-7-11 со сплошной ПЭТ изоляцией длиной 0,5 м в сильноточной разрядной цепи генератора типа ГИТМ-10/350

Усредненное амплитудное значение плотности импульсного тока в электрически взрывающейся медной жиле составляло при этом $\delta_{m1} \approx I_{mL}/S_1 \approx 25,9 \text{ кА/мм}^2$. Расчетная оценка для данного электротермического случая ($I_{mL} \approx 82,9 \text{ кА}$; $J_L \approx 1,76 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$) максимального значения критической плотности импульса тока 17/310 мкс искусственной молнии по соотношению $\delta_{m1k} \approx 4,416 \cdot 10^8 \cdot I_{mL}/(J_L)^{1/2}$ [15] указывает на то, что $\delta_{m1k} \approx 27,6 \text{ кА/мм}^2$. Можно заключить, что для медной жилы кабеля марки РК 50-7-11 расчетное значение плотности тока $\delta_{m1k} \approx 27,6 \text{ кА/мм}^2$ от ее опытного значения $\delta_{m1k} \approx 25,9 \text{ кА/мм}^2$ отличается примерно на 6 %.

На рис. 3 запечатлен момент подготовки к электротермическим испытаниям в сильноточной разрядной цепи генератора типа ГИТМ-10/350 ОО провода марки ПНП 2x2,5 с ПВХ изоляцией длиной 0,5 м, содержащего две параллельно подключенные к массивным стальным электродам рабочего стола используемого высоковольтного источника импульсного тока сплошные круглые медные жилы сечением $S_1 \approx 5 \text{ мм}^2$.

На рис. 4 приведен внешний вид провода марки ПНП 2x2,5 с ПВХ изоляцией, испытавший воздействие на его две параллельно включенные в разрядную цепь генератора типа ГИТМ-10/350 сплошные круглые медные жилы общим сечением $S_1 \approx 5 \text{ мм}^2$

апериодического импульса тока 17/335 мкс искусственной молнии амплитудой $I_{mL} \approx 83,8$ кА.



Рис. 3. Внешний вид рабочего стола генератора типа ГИТМ-10/350 с жестко закрепленными на его массивных стальных электродах сплошными круглыми медными жилами общим сечением $S_1 \approx 5$ мм² ОО провода марки ПНП 2х2,5 с ПВХ изоляцией длиной 0,5 м до воздействия на них апериодического импульса тока 15/335 мкс искусственной молнии амплитудой около $I_{mL} \approx 85,6$ кА ($U_{31,3} \approx 16,5$ кВ; $U_{34} \approx 4,2$ кВ)

Усредненное амплитудное значение плотности большого импульсного тока в медных жилах исследуемого провода в этом случае было равным около $\delta_{m1} \approx I_{mL}/S_1 \approx 16,8$ кА/мм².



Рис. 4. Внешний вид фрагмента ОО провода марки ПНП 2х2,5 с ПВХ изоляцией

Медные жилы данного провода выдержали оказанное на них сильное электротермическое и электродинамическое воздействие, а его ПВХ изоляция – нет. В этом случае имело место локальное разрушение его ПВХ изоляции из-за ее перегрева от протекающего по медным жилам рассматриваемого провода апериодического импульса 17/335 мкс тока искусственной молнии амплитудой $I_{mL} \approx 83,8$ кА. На значительный нагрев ПВХ изоляции при этом виде испытаний указывает также то, что усредненное максимальное значение плотности импульсного тока $\delta_{m1} \approx 16,8$ кА/мм² в медных жилах провода марки ПНП 2х2,5 примерно в 1,8 раза превышало расчетное амплитудное значение предельно допустимой в них плотности используемого импульса тока, равное $\delta_{m1d} \approx 1,506 \cdot 10^8 \cdot I_{mL}/(J_L)^{1/2} \approx 9,1$ кА/мм² [14]. Кроме того, оценка температуры θ_1 импульсного джоулева нагрева протекающим импульсом 17/335 мкс тока медных жил указанного провода по расчетному соотношению (2) из [14] показывает, что она составляла около $\theta_1 \approx 912$ °С. Разумеется, что такое значение θ_1 значительно превышает предельно допустимую кратковременную температуру θ_{1k} нагрева проводов (кабелей) с ПВХ изоляцией, составляющую примерно 150 °С [14]. Эти данные косвенно подтверждают достоверность экспериментально найденного нами максимального значения предельно допустимой плотности импульса 15/335 мкс тока искусственной линейной молнии в медных токоведущих частях проводов (кабелей) с ПЭТ и ПВХ изоляцией, численно составляющего примерно $\delta_{m1d} \approx 9$ кА/мм².

На рис. 5 показана начальная стадия ЭВ испытываемой в силовоточной разрядной цепи генератора типа ГИТМ-10/350 [7] алюминиевой жилы сечением $S_1 \approx 6$ мм² ОО

провода марки АППВнг2х6 с ПВХ изоляцией длиной 0,5 м ($I_{mL} \approx 83,8$ кА; $\delta_{mk} \approx 14$ кА/мм²).

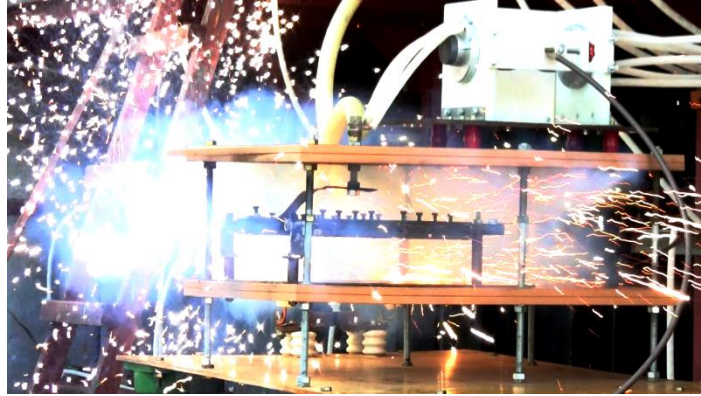


Рис. 5. Начальная стадия ЭВ сплошной круглой алюминиевой жилы сечением $S_1 \approx 6$ мм² ОО провода марки АППВнг2х6 с ПВХ изоляцией длиной 0,5 м в сильноточной разрядной цепи генератора типа ГИТМ-10/350

Расчетная оценка максимального значения критической плотности импульса тока 17/265 мкс искусственной линейной молнии для алюминиевой жилы провода марки АППВнг2х6 с ПВХ изоляцией по приближенному соотношению $\delta_{mk} \approx 2,863 \cdot 10^8 \cdot I_{mL} / (J_L)^{1/2}$ [14] свидетельствует о том, что в данном электротермическом случае оно численно составляет около 19 кА/мм². Полученное опытным путем для алюминиевой жилы значение $\delta_{mk} \approx 14$ кА/мм² отличается от указанного расчетного значения $\delta_{mk} \approx 19$ кА/мм² примерно на 26 %. Выполненный в дальнейшем эксперимент на генераторе типа ГИТМ-10/350 с ОО провода марки АППВнг2х6 с ПВХ изоляцией длиной 0,5 м и его двумя параллельно подключенными к электродам разрядной цепи указанного сильноточного генератора импульсного тока искусственной молнии алюминиевыми жилами общим сечением $S_1 \approx 12$ мм² показал, что испытываемый провод при этом практически выдержал оказанное на него сильное электротермическое и электродинамическое воздействие.

Выводы.

1. Экспериментально установлено, что при решении актуальных прикладных задач пожаровзрывобезопасности электрических цепей к короткому удару грозových разрядов в соответствии с требованиями действующих международных и национальных стандартов необходимо исходить из того, что предельно допустимая плотность импульса 15/335 мкс тока молнии в медных токоведущих частях их проводов (кабелей) с ПЭТ и ПВХ изоляцией численно составляет около $\delta_{md} \approx 9$ кА/мм², а в алюминиевых токоведущих частях их проводов (кабелей) с ПВХ изоляцией – около $\delta_{md} \approx 6$ кА/мм².

2. Из экспериментальных исследований на пожаровзрывобезопасность образцов кабельно-проводниковой продукции ЭЭО на уникальном высоковольтном генераторе импульсов тока искусственной молнии типа ГИТМ-10/350 следует, что критическая плотность ее импульса 15/335 мкс тока в медных токоведущих частях их проводов (кабелей) с ПЭТ и ПВХ изоляцией составляет примерно $\delta_{mk} \approx 26$ кА/мм², а в алюминиевых токоведущих частях их проводов (кабелей) с ПВХ изоляцией – примерно $\delta_{mk} \approx 14$ кА/мм². При достижении в медных (алюминиевых) жилах (экранах) проводов и кабелей электрических цепей ЭЭО таких плотностей указанного импульса тока молнии последние будут подвергаться ЭВ и выходу из строя.

3. Найденные опытные значения плотностей δ_{md} и δ_{mk} нормированного согласно требований действующих международных и национальных стандартов импульса 15/335 мкс тока искусственной молнии в медных и алюминиевых токоведущих частях кабельно-проводниковой продукции электрических цепей ЭЭО будут при соответствующем выборе и установке с их учетом подобной продукции в силовых цепях ЭЭО способствовать повышению уровня их функциональной и противопожарной безопасности в условиях активной грозовой деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 62305-1: 2010 “Protection against lightning.– Part 1: General principles”.– Geneva, Publ. IEC, 2010.
2. IEC 62305-2: 2010 “Protection against lightning.– Part 2: Risk management”.– Geneva, Publ. IEC, 2010.
3. IEC 62305-3: 2010 “Protection against lightning.– Part 3: Physical damage to structures and life hazard”.– Geneva, Publ. IEC, 2010.
4. IEC 62305-4: 2010 “Protection against lightning.– Part 4: Electrical and electronic systems within structures”.– Geneva, Publ. IEC, 2010.
5. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р МЭК 62305-1– 2010. “Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1: Общие принципы”.– М.: Стандартинформ, 2011.– 46 с.
6. Deutsche Norm DIN EN 50164-1: 2008 (VDE 0185-2001). Blitzschutzbauteile.–Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile.– Berlin, Buchverlag DS, 2008.– 16 s.
7. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Кравченко В.И., Рудаков С.В. Мощный высоковольтный генератор аperiodических импульсов тока искусственной молнии с нормированными по международному стандарту IEC 62305-1-2010 амплитудно-временными параметрами // *Електротехніка і електромеханіка*.– 2015.– №1.– С.51–56.
8. Берзан В.П., Геликман Б.Ю., Гураевский М.Н., Ермуратский В.В., Кучинский Г.С., Мезенин О.Л., Назаров Н.И., Перегудова Е.Н., Рудь В.И., Садовников А.И., Смирнов Б.К., Степина К.И. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки: Справочник / Под ред. Г.С. Кучинского.– М.: Энергоатомиздат, 1987.– 656 с.
9. Дашук П.Н., Зайенц С.Л., Комельков В.С., Кучинский Г.С., Николаевская Н.Н., Шкуропат П.И., Шнеерсон Г.А. Техника больших импульсных токов и магнитных полей / Под ред. В.С. Комелькова.– М.: Атомиздат, 1970.– 472 с.
10. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Кравченко В.И., Недзельский О.С., Дныщенко В.Н. Генератор тока искусственной молнии для натуральных испытаний технических объектов // *Приборы и техника эксперимента*.– 2008.– №3.– С.81–85.
11. Баранов М.И. Выбор и установка защитных высоковольтных керамических резисторов в зарядно-разрядных цепях мощных емкостных накопителей энергии // *Вісник НТУ “ХПІ”*. Збірник наукових праць. Серія: “Техніка та електрофізика високих напруг”.– Харків: НТУ “ХПІ”, 2014.– №50 (1092).– С.13–20.
12. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Недзельский О.С., Пличко А.В., Понуждаева Е.Г. Высоковольтный управляемый сильноточный искровой разрядник с графитовыми электродами РВГУ-50 // *Вісник НТУ “ХПІ”*. Збірник наукових праць. Серія: “Техніка та електрофізика високих напруг”.– Харків: НТУ “ХПІ”, 2014.– № 50 (1092).– С.28–37.
13. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Под ред. Н.И. Белоруссова.– М.: Энергоатомиздат, 1988.– 536 с.
14. Баранов М.И., Кравченко В.И. Электротермическая стойкость проводов и кабелей летательного аппарата к поражающему действию импульсного тока молнии // *Электричество*.– 2013.– №10.– С.7–13.

*S.V. Rudakov, Ph. D, associate professor, National University of Civil Defense Ukraine
M.I. Baranov, professor, Research & Design Institute “Molniya” National Technical University
“Kharkiv Polytechnic Institute”*

FIRE RESISTANCE CABLE PRODUCTS WHEN EXPOSED TO LIGHTNING

Experimental researches of electro-thermal resistibility of cable-explorer products, applied in the power electric circuits of objects of industrial electroenergy, to action on its copper and aluminium parts bearings a current rationed on the international standard of IEC 62305-1-2010 aperiodic impulse 10/350 μ s of current of artificial lightning.

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ЧЕРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ НА ПОКАЗАНИЯ ТЕПЛОВИЗОРА

На сегодняшнем этапе при разведке чрезвычайных ситуаций в основном, используется визуальный метод. Однако, в некоторых случаях, например, на начальном этапе или в процессе развития пожара, источник можно определять исходя из длин волн, которые невидимы для человеческого глаза, с помощью тепловизора.

Учитывая все преимущества тепловизоров не сегодняшний день одной из проблем является отсутствие методик по применению данных устройств, рекомендаций к тактическим действиям, математического аппарата для анализа пожара на основе изображений в инфракрасном диапазоне и т.д.

Применение тепловизоров при определении температуры наружных поверхностей, а именно стен зданий, жилых домов в случае пожара может усугубляться по ряду таких причин:

- неизвестные особенности конструкции стены (применение различных материалов для утепления);
- неравномерное распределение температуры по высоте помещения при пожаре в нем.

Существует ряд работ, посвященных изучению температурного режима пожара в помещении [2-5].

В [3] получена математическая модель для определения температуры в любой точке закрытого помещения при пожаре (рис. 1)

$$T_i = T_{tg} \frac{C_t \cdot G^{0,28} \cdot \tau_{sg}^{0,218} \cdot Z^{1,116+0,105 \ln(z)} \cdot S_n^{0,24}}{x^{0,479}}, \quad (1)$$

где T_{tg} – температура горения, °C; G — пожарная нагрузка в помещении, кг/м²; τ_{sg} – время свободного горения, мин.; Z – высота, на которой определяется температура, м; S_n – площадь пожара, м²; x – расстояние, на котором определяется температура, м; C_t – коэффициент пропорциональности, $C_t = 0,0172 \text{ мин}^{0,218} \cdot \text{кг}^{0,28} \cdot \text{м}^{-0,557}$.

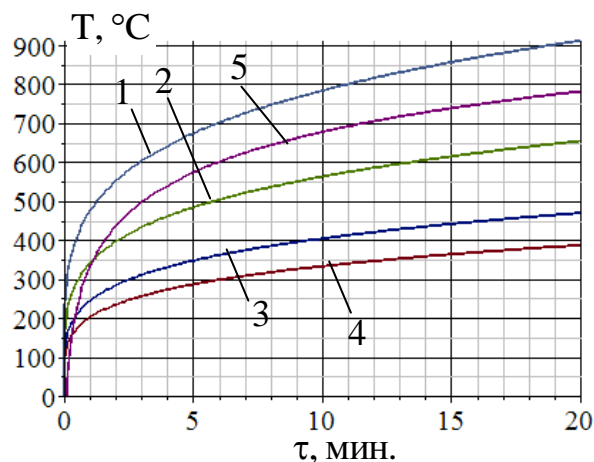


Рис. 1. – Зависимость температуры в локальной точке помещения при $Z=2,5$ м.: 1 – $x=0,25$ м.; 2 – $x=0,5$ м.; 3 – $x=1$ м.; 4 – $x=1,5$ м.; 5 – «стандартная температурная кривая»

В [4] локальное значение температуры среды в помещении при пожаре для любого момента времени τ определялось в соответствии

$$T_{x,y,\tau} = T_{m,\tau} \left(0,8 + \frac{0,2y}{0,5H} \right) \cdot \left(1,33 - \frac{x}{2x + 0,5 \cdot \ell} \right), \quad (2)$$

где $T_{m,\tau}$ – среднеобъемная температура в помещении; H, L – высота и длина помещения; x, y – расстояние от границы горения и от пола.

При анализе пожаров, проведении исследований на огнестойкость и т.д. зачастую оперируют стандартным температурным режимом при пожаре. Тогда зависимость среднеобъемной температуры можно записать в виде [5]

$$T = 345 \cdot \lg(8 \cdot \tau + 1) + T_0, \quad (3)$$

где T_0 – начальная температура в помещении; τ – длительность пожара в мин.

В работах [2, 6] распределение температур предлагается в виде

$$T = \frac{T_{cp}}{1 + a(1 - 2z/H)}, \quad (4)$$

где $a = f(T_m)$ – экспериментальный безразмерный коэффициент.

В [7] представлены результаты численного эксперимента по развитию пожара в зрительном зале кинотеатра с использованием полевой (дифференциальной) математической модели расчета теплообмена. Анализ показывает, что градиенты температуры по толщине нагретого припотолочного газовоздушного слоя являются существенными.

Целью работы является построение модели воздействия опасных факторов чрезвычайной ситуации на величину температуры на внешней стенке с учетом неравномерности распределения температуры в помещении.

Неоднородность температурного поля в помещении приводит к тому, что распределение температуры в стенке здания, с которой контактируют опасные факторы ЧС (продукты сгорания) также является неоднородным (рис. 2).

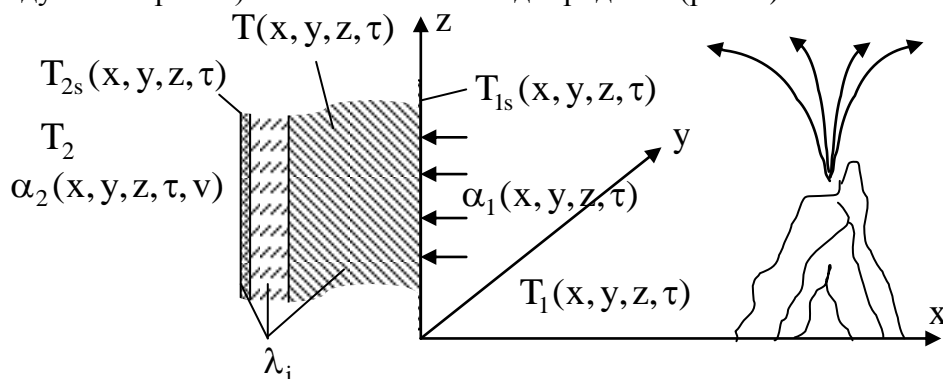


Рис. 2. Схема помещения и пожара в нем: $T_1(x, y, z, \tau)$, T_2 – температура внутри помещения и внешней среды; $T_{1s}(x, y, z, \tau)$, $T_{2s}(x, y, z, \tau)$ – температура внутренней и внешней поверхности стены; $\alpha_1(x, y, z, \tau)$, $\alpha_2(x, y, z, \tau)$ – коэффициент теплоотдачи у внутренней и внешней поверхности стены; λ_i – коэффициенты теплопроводности конструкции стены, утеплителя, отделочного материала ($i=1..n$)

В случае возникновения пожара, происходит изменение температуры внутри помещения, что влечет за собой изменение параметров стены согласно выражению

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_{st} \cdot \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right], \quad (5)$$

где a_{st} – коэффициент температуропроводности стены.

Для построения математической модели приняты граничные условия третьего рода на внешней и на внутренней поверхности стены

$$\lambda_{st2} \frac{T_{2s}(x_2, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_2 \cdot (T_{2s}(x_2, y, z, \tau) - T_2); \quad (6)$$

$$\lambda_{st1} \frac{T_{1s}(x_1, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_1 \cdot (T_1(x_1, y, z, \tau) - T_{1s}(x_1, y, z, \tau)) \quad (7)$$

Начальные условия можно записать в следующем виде

$$T(x, 0) \Big|_{x \in [x_1; x_2]} = f(x, T_{0vs}, T_0, \lambda_i), \quad (8)$$

$$T_1(x_1, 0) = T_0, \quad (9)$$

$$T_2(x_2, 0) = T_{0vs}. \quad (10)$$

Анализ зависимостей (1), (2) и (4) показывает, что результаты расчетов по данным моделям могут иметь отклонения более 100% (рис. 3).

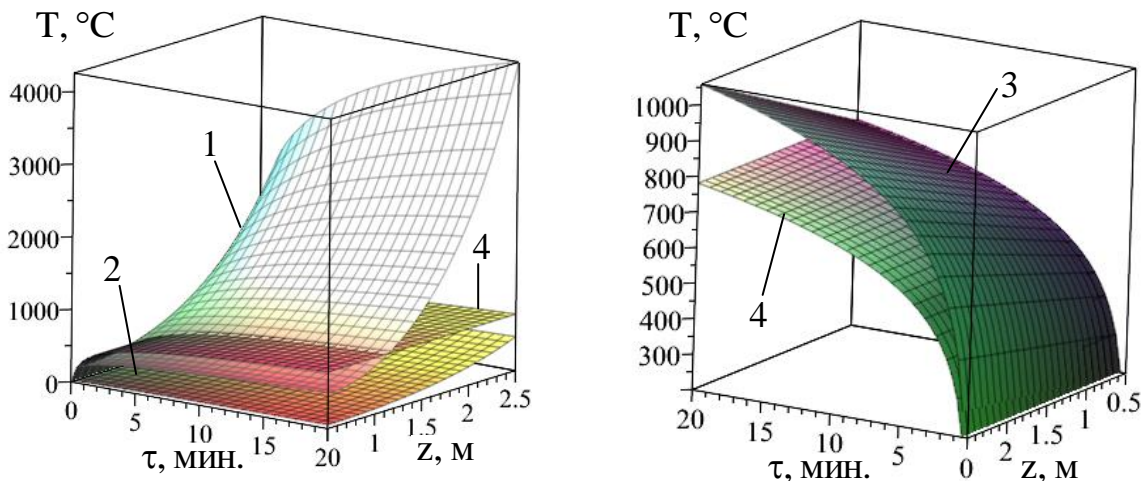


Рис. 3. – Зависимость температуры в помещении от высоты точки измерения и времени: 1- $x=0,01$ м (1); 2 – $x=1$ м (1); 3 – $x=1$ м (2); 4 – стандартная температурный режим при пожаре

Следует также отметить различный характер изменения температуры с ростом z (степенной и линейный).

Таким образом, систему уравнений для определения температуры на внешней стенке с учетом неравномерности распределения температуры в помещении можно представить в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial T}{\partial \tau} = a_{st} \cdot \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right]; \\ \lambda_{st2} \frac{T_{2s}(x_2, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_2 \cdot (T_{2s}(x_2, y, z, \tau) - T_2); \\ \lambda_{st1} \frac{T_{1s}(x_1, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_1 \cdot (T_1(x_1, y, z, \tau) - T_{1s}(x_1, y, z, \tau)); \\ T(x, 0) \Big|_{x \in [x_1; x_2]} = f(x, T_{0vs}, T_0, \lambda_i); \\ T_1(x_1, 0) = T_0; \quad T_2(x_2, 0) = T_{0vs}; \\ \alpha_1 = 1,66 \left(T_1(x, y, z, \tau) - T_{1s}(x_1, y, z, \tau) \right)^{1/3}; \\ \alpha_2 = 5,07 v^{0,656} + 3,25 e^{-1,91v}; \\ T_1(x, y, z, \tau) = \varphi(x, y, z, \tau), \end{array} \right. \quad (11)$$

где $\varphi(x, y, z, \tau)$ – модель, описывающая изменение температуры в помещении.

Выводы. Получена математическая модель воздействия опасных факторов чрезвычайной ситуации на величину температуры на внешней стенке с учетом неравномерности распределения температуры в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключка Ю.П. Анализ применения тепловизоров при тушении пожаров / Ю.П. Ключка, Х.Ш. Гасанов, Н.В. Крынская // Проблемы пожарной безопасности. - 2014. - Вып. 36. - С. 109-116. - Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/kluchka.pdf>.
2. Астапенко, В. М. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В. М. Астапенко, Ю. А. Кошмаров, И. С. Молчадский, А. Н. Шевляков; под ред. Ю. А. Кошмарова. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с.
3. Гулида Эдуард Николаевич, Ренкас Артур Андреевич Модель пожара в закрытом помещении на основе полного факторного эксперимента // Вестник ВИ ГПС МЧС России . 2013. №4 (9). С.78-81.
4. А.А. Кузьмин, Н.Н. Романов. Теплотехника. / Под ред. В.С. Артамонова. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2011. – 33 с.
5. Рябова І.Б. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі/ І.Б. Рябова, І.В. Сайчук, А.Я. Шаршанов// Навчальний посібник. – Харків, АПБУ, 2002. – С.352.
6. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. - 118 с.
8. Пузач С.В., Нгуен Тхань Хай, Лебедченко О.С. Неоднородность температурного поля в припотолочном газозвоздушном слое при пожаре в помещении // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 5 (21). – 2008. – С. 1–9.

Kh.Sh. Hasanov

The impact of uneven distribution of hazards emergency room on the testimony of the thermal imager

The models for the distribution of temperature in the room in case of fire. A mathematical model of the effect of hazards on the value of the emergency temperature in the outer wall based on the unevenness of temperature distribution in the room.

МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА

Изложена методика предварительной оценки огнезащитной способности покрытий для стальных конструкций расчетно-экспериментальным методом в условиях огневого воздействия при температурном режиме углеводородного пожара

Для оценки огнезащитной способности покрытий для стальных конструкций существует стандартизированная методика [1], согласно которой испытания образцов проводят в условиях стандартного температурного режима пожара. Однако, эта методика не учитывает поведение стальных конструкций при их испытаниях в условиях других температурных режимов, например режиме углеводородного пожара. На сегодняшний день в Украине внедряются европейские стандарты и открытым остается вопрос определения огнезащитной способности покрытий для альтернативных режимов, например режима углеводородного пожара. Температурный режим углеводородного пожара относится к более жестким режимам, чем режим стандартного пожара. Этот режим предназначен для представления воздействий пожаров углеводородных пожарных нагрузок и его используют при оценке огнестойкости строительных конструкций, применяют преимущественно на объектах нефтяной промышленности, температура горения которых возрастает значительно быстрее и имеет большие значения, чем при горении любых других строительных и отделочных материалов. Температурный режим углеводородного пожара применяют для оценки огнестойкости несущих конструкций на объектах повышенной пожароопасности – железнодорожных и автомобильных тоннелях, оборудовании по добыче, переработке и транспортировке газа, нефти и нефтепродуктов и т.д. Поэтому актуальной в настоящее время является разработка методики оценки огнезащитной способности покрытий для стальных конструкций в условиях их испытаний при температурном режиме углеводородного пожара.

Целью данной работы была разработка методики предварительной оценки огнезащитной способности покрытий для стальных конструкций в условиях температурного режима углеводородного пожара, которая позволяет определять значение минимальной толщины покрытий в зависимости от продолжительности огневого воздействия и критической температуры стали по результатам испытаний образцов уменьшенных размеров.

Предварительная оценка огнезащитной способности покрытий является одним из этапов определения этой способности для покрытий стальных конструкций и предшествует проведению испытаний на огнестойкость образцов стальных конструкций (балок и колонн) установленных в стандарте [1] размеров. Разработка такой методики оценки, учитывающей специфику работы стальных конструкций в условиях углеводородного пожара, возможно за счет использования расчетно-экспериментального метода, который позволяет по результатам испытаний, используя математические и физические модели, оценивать огнезащитную способность покрытий и огнестойкость стальных конструкций. Следует отметить, что данный метод хорошо зарекомендовал себя в работах таких ученых, как Круковский П.Г., Харченко И.А., Новак С.В., Цвиркун С.В., Поздеев С.В., Качкар Е.В., Довбыш А.В., Ковалев А.И., Якименко Е.Ф. и др.

В работе предложена методика предварительной оценки огнезащитной способности покрытий стальных конструкций в условиях температурного режима углеводородного пожара, имеет следующие этапы:

1. Проведение экспериментов по определению температуры с необогреваемой поверхности стальной пластины с огнезащитным покрытием в условиях огневого воздействия по температурному режиму углеводородного пожара.

2. Определение теплофизических характеристик огнезащитных покрытий путем решения обратной задачи теплопроводности.

3. Определение характеристики огнезащитной способности огнезащитного покрытия – зависимости минимальной толщины покрытия от толщины стальной пластины, продолжительности огневого воздействия и значения критической температуры стали, путем решения прямых задач теплопроводности.

Согласно первого пункта методики проводят эксперименты по определению промежутка времени от начала температурного воздействия за температурным режимом углеводородного пожара на стальную пластину с нанесенным средством огнезащиты до повышения ее температуры до критической.

Согласно второго пункта методики по экспериментальным данным измерения температуры стальных пластин и температуры в печи путем решения ОЗТ определяют теплофизические характеристики огнезащитных покрытий. При этом применяют математическую модель, построенную для принятой физической модели теплового состояния в системе «огнезащитное покрытие - стальная пластина - теплоизоляция».

Согласно третьего пункта методики, используя математическую модель теплового состояния в системе «огнезащитное покрытие - стальная пластина» (без слоя теплоизоляции), решением серии ПЗТ определяют зависимость минимальной толщины покрытия от толщины стальной пластины, нормированной продолжительности огневого воздействия и критической температуры стали.

Проведена апробация данной методики при оценке огнезащитной способности вспучивающегося покрытия на водной основе «Amotherm Steel Wb».

Было спланировано и проведено эксперименты в условиях огневого воздействия по температурному режиму углеводородного пожара и при стандартном температурном режиме (для сравнения времени достижения критической температуры стали). Эксперименты проводили с применением металлических пластин из стали Ст. 3 размерами 500 мм × 500 мм × 5 мм. Огнезащитное вещество наносили механизированным способом с применением агрегата безвоздушного распыления в соответствии с [2]. Средняя толщина покрытия составила 0,42 мм. Эксперименты проводили при температуре воздуха 20 °С, относительной влажности воздуха 48% и давлении 743 мм рт. ст.

Сравнивая время прогрева стальной пластины с огнезащитным покрытием «Amotherm Steel Wb» при огневом воздействии при температурном режиме углеводородного пожара и при стандартном температурном режиме, следует, что при толщине покрытия 0,42 мм, время, за которое стальная пластина толщиной 5 мм прогревается до критической температуры 500 °С при стандартном температурном режиме в 1,9 раз больше, чем при температурном режиме углеводородного пожара (рис. 1).

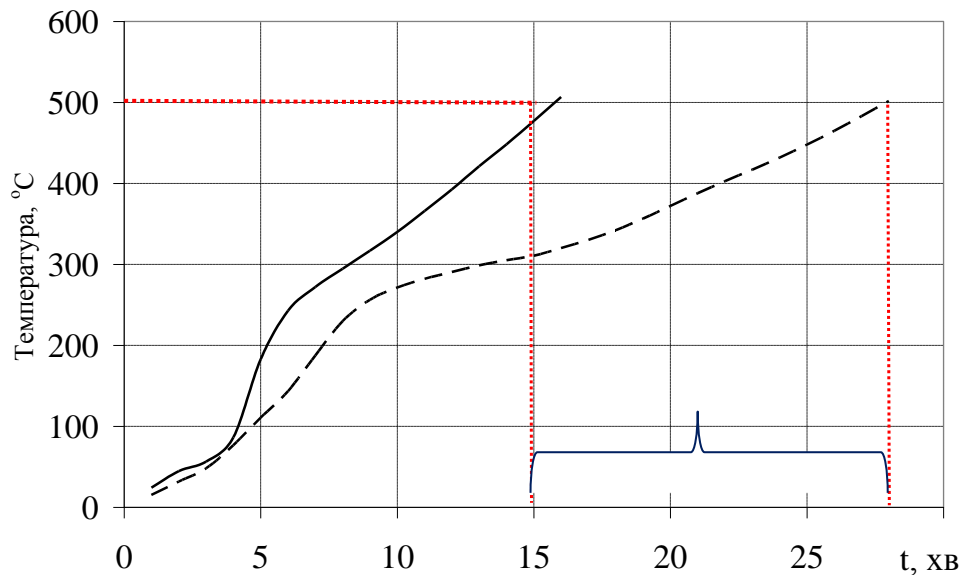


Рис.1. Зависимость температуры с необогреваемой поверхности стальной пластины от времени огневого воздействия при различных температурных режимах пожара: сплошная кривая - при стандартном температурном режиме пожара; пунктирная кривая - при температурном режиме углеводородного пожара.

Выводы. Разработано методику предварительной оценки огнезащитной способности покрытий для стальных конструкций расчетно-экспериментальным методом в условиях огневого воздействия при температурном режиме углеводородного пожара. Данная методика основана на экспериментальном определении температуры стальной пластины с огнезащитным покрытием в условиях огневого воздействия, решении обратных и прямых задач теплопроводности для определения теплофизических характеристик огнезащитных покрытий и зависимости минимальной толщины покрытия от толщины стальной пластины, продолжительности огневого воздействия и значения критической температуры стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (EN 13381-4:2002, NEQ) : ДСТУ Б В 1.1-17:2007. – [Чинний від 2008-01-01] – К.: Укрархбудінформ, 2009. – XIV, 105 с. – (Національний стандарт України).
2. Регламент робіт з вогнезахисту для вогнезахисної речовини «Amotherm Steel Wb», що спучується, для сталевих конструкцій / ДІТБ України, 2012. – № 95/1/36946711. – 29 с.

*A. Kovalev, PhD in technical sciences, senior researcher
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of NUCD of Ukraine*

THE METHODOLOGY OF PRELIMINARY EVALUATION OF FIRE-RETARDANT CAPACITY OF STEEL STRUCTURES COATINGS IN THE TEMPERATURE MODE OF HYDROCARBON FIRE

The methodology of a preliminary assessment of fire retardant ability of coatings for steel structures using computational and experimental method in conditions of fire exposure at temperature of hydrocarbon fire

*О.В. Корнієнко, М.І. Копильний, УкрНДІЦЗ,
О.Д. Гудович, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., доцент ІДУЦЗ
М.В. Білошицький, канд. хім. наук, ст. наук. співроб., доцент ІДУЦЗ*

ПРОМІЖНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКУ ПРИДАТНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ (ПРОСОЧЕНЬ) ДЛЯ ДЕРЕВИНИ

Згідно з вимогами нормативних документів [1-2] на кожний вогнезахисний засіб повинен розроблятися регламент робіт з вогнезахисту, в якому необхідно зазначити строк придатності вогнезахисного покриття або просочення, та має бути надана інформація щодо періодичності їх заміни і відновлення залежно від умов експлуатації. За строк придатності вогнезахисного покриття (просочення), згідно з [2], приймають проміжок часу, упродовж якого вогнезахисний засіб після його застосування здатний забезпечити вогнезахист.

Об'єктом досліджень у даній роботі були вогнезахисні речовини «БС-13», «АЛАНА», «ЕКОСЕПТ 450-1», «Неомид 450-1», «ФЕНИКС ДБ» та «Термодон-ТОП», предметом дослідження - вплив терміну зберігання в неопалювальних приміщеннях зразків деревини, виготовлених і оброблених згідно з вимогами нормативних документів, на змінення ефективності їхнього вогнезахисту.

Питання з визначення строку придатності вогнезахисних покриттів та просочень для деревини досліджувались у роботах [3,4]. Зокрема, в [3] було встановлено, що в процесі експлуатації під впливом зміни кліматичних факторів (температури, вологості, сонячного опромінення) виникає часткова або повна втрата вогнезахисної ефективності деревини внаслідок природного старіння, відшарування, розтріскування та руйнування шарів вогнезахисних покриттів; дифузії і висолювання речовин антипіренів з середини деревини на її поверхню.

В роботі [4] наведено дані експериментальних досліджень щодо зміни ефективності вогнезахисту, обробленої деякими засобами для деревини, що зберігались протягом року у неопалювальних приміщеннях. Отримані результати свідчать про необхідність проведення таких досліджень з метою визначення строку збереження якості вогнезахисту вогнезахисної деревини і встановлення його реального терміну експлуатації залежно від умов експлуатації

Представлений матеріал даних експериментальних досліджень є продовженням досліджень, описаних у [4]. За основу проведених досліджень було взято метод з визначення строку експлуатування вогнезахисної деревини, наведений в [5]. Сутність методу полягає у закладанні зразків вогнезахисної деревини у неопалювальних приміщеннях строком до десяти років і періодичному перевірці групи вогнезахисної ефективності на контрольних зразках за «прискореним» методом згідно з [6]. Вважається, що вогнезахисна деревина витримала випробування з визначення здатності зберігати свої властивості упродовж передбаченого строку експлуатування, якщо середнє значення втрати маси трьох зразків не перевищує значень, що регламентовані [6].

Результати випробувань з визначення групи вогнезахисної ефективності для зразків деревини, оброблених вогнезахисними речовинами «БС-13», «АЛАНА», «ЕКОСЕПТ 450-1», «Неомид 450-1», «ФЕНИКС ДБ» та «Термодон-ТОП», які зберігалися протягом одного року у складських неопалювальних приміщеннях, наведено у таблиці.

У результаті проведених досліджень встановлено, що ефективність вогнезахисту зразків деревини, оброблених речовинами «БС-13», «АЛАНА», «ЕКОСЕПТ 450-1», «Неомид 450-1», «ФЕНИКС ДБ» та «Термодон-ТОП» у спосіб та з витратами, наведеними у таблиці, які зберігалися протягом одного року у неопалювальному приміщенні, знаходиться у межах, регламентованих нормативним документом [6].

Таблиця – Результати випробувань з визначення групи вогнезахисної ефективності досліджених вогнезахисних речовин залежно від терміну зберігання

| Назва Вогнезахисної речовини для дерев'яних елементів горищних покриттів | Спосіб вогнеза- хисного оброблян ня | Середня витрата вогнеза- хисного засобу | Група вогнезахисної ефективності вогнезахисного засобу (середнє значення втрати маси зразків , %) | | Примітка (про зміни якості вогнезахисту) |
|---|--|--|--|---------------------------|---|
| | | | на момент закладання | Через 1 рік зберігання | |
| Просочувальні вогнезахисні речовини | | | | | |
| Просочувальна вогнезахисна речовина «БС-13 | Глибоке вогнезахисн е просочення | 494,1 кг/м ³ (в перера- хунку на суху речовину - 74,1 кг/м ³) | I (7,4) | I (7,6) | Забезпечується початкове значення групи вогнезахисної ефективності протягом одного року |
| Просочувальна вогнебіозахисна речовина «АЛАНА» для | Поверхнєве вогнезахисн е просочення (пензлем за два рази) | 249,6 г/м ² (в перера- хунку на суху речовину - 174,7 г/м ²) | I (6,6) | I (6,8) | |
| Просочувальна вогнебіозахисна речовина «ЕСОСЕПТ 450- 1» | Поверхнєве вогнезахисн е просочення (пензлем за два рази) | 300,1 г/м ² (в перера- хунку на суху речовину - 193,1 г/м ²) | I (7,1) | I (7,2) | |
| Просочувальна вогнезахисна речовина «Неомид 450-1» | Поверхнєве вогнезахисн е просочення (пензлем за два рази) | 249,7 г/м ² (в перера- хунку на суху речовину - 187,2 г/м ²) | I (2,8) | I (5,7) | |
| Просочувальна вогнезахисна речовина «ДСФ-ГП» для дерев'яних елементів горищних покриттів | Глибоке вогнезахисн е просочення (автоклавне просочення) | 622,8 кг/м ³ (в перера- хунку на суху речовину - 130,8 кг/м ³) | I (6,6) | I (6,6) | |
| Просочувальна вогнезахисна речовина «Тутан Professional4F Вогнебіозахист» | Глибоке вогнезахисн е просочення (гаряча- холодна ванна) | 184,4кг/м ³ (в перера- хунку на суху речовину - 46,1 кг/м ³) | I (7,3) | I (8,0) | |

| Вогнезахисні речовини, які на поверхні об'єкта вогнезахисту утворюють вогнезахисний покрив | | | | | |
|--|---|--|------------|------------|---|
| Вогнезахисна речовина «ФЕНИКС ДБ», що спучується | Поверхнєве вогнезахисне оброблення (пензлем у два шари) | 260,1 г/м ² (в перерахунку на суху речовину - 176,8 г/м ²) | I (5,3) | I (5,4) | Забезпечується початкове значення групи вогнезахисної ефективності протягом одного року |
| Суміш для вогнебіозахисного та теплоізоляційного покриття «Термодон-ТОП» для дерев'яних елементів горищних покриттів | Поверхнєве вогнезахисне оброблення (пензлем у два шари) | 825 г/м ² (в перерахунку на суху речовину - 371,2 г/м ²) | I (2,4) | I (2,4) | |

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва [Текст]. – Введ. 2003-05-01. – Київ: Державний комітет України з будівництва та архітектури; К: Видавництво «Лібра», 2003 – 11с.
2. НАПБ Б.01.012-2007 Правила з вогнезахисту – Введ. 2007-07-24. – К: Офіційний вісник України від 06.08.2007, 2007.
3. Баженов С.В. Прогнозирование срока службы огнезащитных покрытий. Проблемы и пути решения [Текст] / С.В. Баженов// Пожарная безопасность. – 2005. – № 5 – С. 97–102.
4. Гудович О.Д. Дослідження ефективності вогнезахисту деревини [Текст] / О.Д. Гудович, О.В. Корнієнко // Матеріали 14-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників. ІДУЦЗ МНС України, Київ., - 2012. – С.143-145.
5. ДСТУ 4479:2005 Речовини вогнезахисні водорозчинні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробувань [Текст]. – Введ. 2006-10-01. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2006 – 17с.
6. ГОСТ 16363-98 Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств [Текст]. – На замену ГОСТ 16363-76; введ. 2000-09-01.– К.: Госстандарт Украины, 2000 – 14с.

INTERIM RESULTS OF STUDIES TO DETERMINE OF SHELF LIFE FIRE PROTECTION COATING (IMPREGNATION) FOR WOOD

Research to preserve the effectiveness of fire protection of fire-protected wood, depending on the conditions and lifetime in unheated premises for one year has been done. As a result of firing tests of samples of fire-protected wood, the group of fire-protected efficiency remains within the limits specified by the regulations.

*О.В. Миргород, кандидат технічних наук, доцент,
Національний університет цивільного захисту України,
Г.М. Шабанова, доктор технічних наук, професор,
А.М. Корогодська, доктор технічних наук,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

РОЗРОБКА СКЛАДІВ ЦЕМЕНТІВ І БЕТОНІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВОГNETРИВКИХ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Застосування в будівництві бетонних і залізобетонних конструкцій з різною термостійкістю та засобів її підвищення ще на стадії проектування має велике значення, оскільки забезпечує підвищення ефективності капітального будівництва, економію матеріалів і витрат праці, скорочення втрат від пожежі. Бетонні та залізобетонні конструкції під час пожежі піддаються високотемпературному нагріву різної інтенсивності та тривалості, в результаті чого знижується їх несуча здатність [1]. Поведінка залізобетону як композиційного матеріалу насамперед визначається поведінкою бетону, оскільки саме в ньому при нагріві протікають складні теплофізичні та механічні процеси [1-2].

Обстеження будівель і споруд, що постраждали від пожежі, підтверджує економічну доцільність експлуатації конструкцій після відбудови [2-4]. При цьому враховують зміни експлуатаційних характеристик конструкцій, кількісна оцінка яких потребує знань про зміну фізико-механічних властивостей бетону і арматури, особливостях їх сумісної роботи в умовах високотемпературного нагріву. Сумісна робота бетону і сталеві арматури в залізобетонних конструкціях визначається появою сил зчеплення, що забезпечують деформаційні, фізико-механічні і реологічні властивості матеріалів в залізобетонних елементах під навантаженням.

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженими вогнетривкими матеріалами є глиноземистий та високоглиноземистий цемент, які, однак, не відповідають високим потребам, що висуваються до матеріалів за вогнетривкістю [5].

Оцінка міцності і деформативності зчеплення арматури з бетоном і їх вплив на граничні стани конструкцій в умовах нагріву, включаючи пряму вогневу дію, визначає можливість подальшої експлуатації залізобетонних конструкцій після пожежі.

У зв'язку з тим, що ціна на будівельні матеріали щоденно зростає, виробникам та споживачам такої продукції доводиться іноді використовувати альтернативні матеріали.

До одного з видів таких матеріалів відносяться вогнестійкі в'язучі на основі металургійних відходів, а саме доменних гранульованих шлаків.

На основі доменних гранульованих шлаків виготовляються два види в'язучих матеріалів: шлакопортландцемент та шлаколужні, причому шлаколужні в'язучі більш перспективні, оскільки в них міститься близько 90% шлаку. Шлаколужні в'язучі та бетони за своїми властивостями є прогресивними та ефективними матеріалами сьогодення та майбутнього. На шлаколужних в'язучих отримують майже всі види бетонів від важких до легких на різних заповнювачах.

Тому, метою даної роботи є розробка складів вогнетривких шлаколужних в'язучих матеріалів з використанням гранульованого доменного шлаку ВАТ «Алчевський металургійний комбінат» в якості матеріалів для реконструкції будівель і споруд різноманітних галузей.

Металургійні шлаки – техногенний продукт виробництва сталі та кольорових металів. Доменний шлак, активний «учасник» та продукт виробництва чавуну, утворюється при його виплавці в процесі взаємодії сировинних компонентів – руди, коксу та флюсів (вапняки, доломіти та ін.).

Вивантажені з домни розплави шлаків твердіють в залежності від ряду факторів, в основному від хімічного складу та швидкості охолодження. Перехід з вогняно-рідкого в твердий стан не супроводжується розпадом на окремі фази, хоча при подальшому зберіганні шлаки можуть проявляти до цього схильність. В залежності від способу охолодження шлаки підрозділяються на довго- та швидкоохолоджені.

При вірному визначенні режимів тверднення, виборі лужного компоненту та відповідних добавок практично на всіх доменних гранульованих шлаків можливо вирішити задачу отримання шлаколузних в'язучих матеріалів активністю більше 50 МПа. [3] і вогнестійкістю 450-650 °С.

Сумісно з лабораторією в'язучих матеріалів кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП» було вирішено задачу розробки вогнестійких шлаколузних в'язучих матеріалів. В якості сировини використовувались наступні матеріали: гранульований шлак ВАТ «Алчевський металургійний комбінат»; портландцемент ПЦ 1-500-Н ВАТ «Балцем»; глина Новорайського родовища марки ДН-0. У якості лужного затворювача використовували: розчин NaOH з масовою концентрацією 14%, сода Na₂CO₃ з густиною розчину 1,3 г/см³, а також вводили для порівняння соду по сухому у вихідну речовину у кількості 11 г.

Модуль основності шлаку складає $M_o = 1,125$, тобто шлак відноситься до основних, модуль активності $M_A = 0,1816$, коефіцієнт якості 1,51. За коефіцієнтом якості даний шлак відноситься до другого сорту та може бути використаний для отримання вогнетривкого шлаколузного в'язучого матеріалу за лужним способом активізації [3].

Для встановлення фазового складу був проведений рентгенофазовий аналіз гранульованого шлаку та встановлено, що значна частина шлаку знаходиться у рентгеноаморфному (склоподібному) стані. Це пояснюється тим, що при грануляції рідкий сплав шлаку не встигає закристалізуватися і твердне у скло. Бредігіт, окерманіт, геленіт і кальцит у скловидному стані проявляють в'язучі властивості з утворенням гідросилікатів та гідрогеленіту. Такі фази будуть забезпечувати міцність затверділого шлаколузного в'язучого матеріалу. У якості базового було обрано наступний склад шлаколузного в'язучого матеріалу: шлак гранульований – 91 %, глина – 6 %, портландцемент – 3 %. За результатами проведених рентгенівських досліджень встановлено, що у складі розроблених композицій, затворених різними лужними розчинами присутні майже однакові фази – кварц, кальцит та солі натрію. Однак композиція базового складу має у своєму складі фази, характерні для затверділого портландцементу – портландіт, тоберморіт та авфіліт. Тому при зміні кількісного складу композиції повинна проявляти більшу міцність, ніж отримана у результаті досліджень.

Розроблений оптимальний склад шлаколузного в'язучого на основі відходів вітчизняної промисловості є швидкоотжуваним та з мінімальною кількістю висолів. Теплофізичні характеристики визначено в розрахунках температурних полів в розрізі конструкції. Показники міцності, що досягають від 170 до 345 МПа, і деформативні властивості матеріалів дозволяють знайти несучу здатність в нагрітому стані [2, 4]. Так, вогнетривкість розроблених матеріалів досягає 1700 °С, тоді як звичайний портландцемент, який найчастіше використовується, має вогнетривкість 1500-1600 °С.

Одержаний матеріал на основі шлаку має високі фізико-механічні і хімічні властивості при нормальних і високих температурах.

У якості заповнювача для вогнетривких бетонів може бути використаний широкий спектр матеріалів, нами було обрано електроплавлений корунд через матричну спорідненість до складу цементу.

Для отримання бетону зразки готували методом напівсухого пресування із бетонної суміші з вологістю 7 % . Пресовий тиск складав 100 МПа. Співвідношення цемент : заповнювач обране 1 : 3.

Основні фізико-механічні властивості отриманого бетону наступні: пористість – 11,4 %, межа міцності при стиску у віці 1 доби - 9 МПа, 3 доби – 40,2 МПа, 7 діб – 52,4 МПа, 28 діб – 56,5 МПа.

Аналіз отриманих результатів дозволив встановити, що отриманий бетон є високоміцним, щільним матеріалом, придатним для реконструкції будівель та створення монолітних конструкцій.

Встановлено, що найбільший ступінь розміцнення спостерігається до 800 °С, що відповідає видаленню вологи із гідратованого цементу. Понад 1000 °С починається спікання матеріалу з отриманням щільної керамічної структури.

Встановлена можливість підвищення вогнетривких та фізико-механічних властивостей бетонних та залізобетонних конструкцій за рахунок введення алюмінатів барію та вогнестійких шлаколузних матеріалів, що є придатними для використання в якості додатків або реставрації бетонних і залізобетонних конструкцій після пожежі, що допоможе знизити на 10 % прогорання під час високотемпературних впливів і, як наслідок, – виникнення пожежної ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Некрасов К.Д. Рекомендации по защите бетонных и железобетонных конструкций от хрупкого разрушения при пожаре. / К.Д. Некрасов, В.В. Жуков, В. Ф. Гуляева – М.: Стройиздат, 2003. – 21 с. – (Труды / Стройиздат, вып. 1).
2. ДБН В.1.1 – 7 – 2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України [Затверджені наказом Держбуду України від 03.12. 2002 року № 88 та введені в дію з 01.05.2003 року, на заміну СНиП 2.01.02-85*] – Державні будівельні норми України. – К.: 2003. – 45 с.
3. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1998.
4. Методические рекомендации по классификации дефектов и повреждений в несущих железобетонных конструкциях промышленных зданий.- Промстрой – НИИпрект, НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1999.
5. Мельник М.Т. Огнеупорные цементы / Мельник М.Т., Илюха Н.Г., Шаповалова Н.Н. – К.: Вища школа, 1984. – 121 с.

*O.V. Mirgorod, Ph. D, associate professor,
National University of Civil Defense Ukraine,
G.M. Shabanova, doctor of technical sciences, professor,
A.M. Korogodska, doctor of technical sciences,
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»*

FORMULATION DEVELOPMENT OF CEMENT AND CONCRETE OPTIMIZING REFRACTORY AND PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES CONCRETE STRUCTURES

The possibility of increasing the refractory and physical and mechanical properties of concrete and concrete structures by introducing aluminate barium and fireproof shlakoluzhnyh materials that are suitable for use as an application or restoration of concrete and reinforced concrete constructions after the fire that will reduce by 10% burning during high impacts and as a consequence - of the fire situation.

I.В. Рудешко

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національний університет цивільного захисту України*

ОСОБЛИВОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ МАШИННИХ ЗАЛІВ АЕС

Пожежна безпека є однією з головних складових забезпечення всієї системи безпеки атомних електростанцій.

Основними особливостями пожежної небезпеки АЕС є:

- надзвичайна вразливість атомного реактору під час пожежі;
- розкладання під дією води речовин і матеріалів, які використовують в атомній енергетиці, що призводить не тільки до посилення горіння, але й до катастрофічних екологічних наслідків.

Одним із найбільш небезпечних вузлів АЕС є машинні зали, де в мастильних системах турбоагрегатів використовуються горючі мастила, а в системі охолодження турбогенераторів — горючий і вибухонебезпечний водень.

Згідно довідкових даних воднева суміш з повітрям має такі вибухонебезпечні властивості: область займання — 4,12-75,4 об. %, мінімальна енергія запалювання — 0,02 мДж, температура самозаймання — 783°K, швидкість поширення полум'я — 2,7 м/с, мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню — 5 об. %.

У теперішній час система водневого охолодження є єдиною можливою для турбогенераторів великої потужності. Застосування цієї системи пов'язано з необхідністю створення спеціальної мастильної системи — для подачі мастила до ущільнень турбогенератору, що запобігає витоку водню з корпусу через ущільнення валу. У той же час використання мастила в значній мірі підвищує ступінь пожежної небезпеки в турбінному відділенні.

У загальному випадку руйнування турбіни призводить до витоку величезної кількості мастила, супроводжується викидом водню і виникненням пожежі, яку за класифікаційними параметрами можна віднести до найвищої категорії вибухо-пожежної та пожежної небезпеки. При цьому аварійна ситуація може розвиватися за граничними сценаріями «вибух — пожежа» або «пожежа — вибух». За першим шляхом розвитку пожежі за умови руйнування масляного ущільнення валу генератора виникає високотемпературний (вище 2000°С) факел горіння водню з мастилом, а за другим шляхом — найбільш вірогідною причиною вибуху є накопичення водню у верхній частині машинного залу за умови його значного витоку. У будь-якому випадку потужні вогневі потоки палаючого мастила в сукупності з температурним режимом водневого полум'я являють серйозну небезпеку для цілісності і несучої здатності як металоконструкцій кроквяних ферм покрівлі, так і колон машинного залу. В цих умовах досягнення критичної температури незахищеними металоконструкціями (500°С), і як наслідок їх обвалення, може відбутися протягом однієї хвилини.

Проблема пошуку оптимальних рішень підвищення вогнестійкості ферм, перекриттів та несучих конструкцій машинних залів українських АЕС має свою історію. У 1993 році за замовленням Держкоматому України ВНІПО МВД Росії було виконано науково дослідну роботу за темою «Пропозиції щодо захисту несучих конструкцій машинних залів від впливу небезпечних факторів пожежі» Отримані в результаті цієї роботи розрахунки та створена модель пожежі показують, що при руйнуванні ущільнення генератора палаюча суміш водню і мастила досягає металевих ферм з нагріванням їх до 500°С протягом 25-30 с, а температура в ядрі палаючого водневого факела становить 2000°С.

При виникненні пожежі в машинному залі важлива кожна хвилина збереження несучої здатності будівельних конструкцій. Це пов'язано, насамперед, зі строго регламентованою дією автоматичних систем управління та обслуговуючого персоналу в разі пожежі. Моніторинг аварійних ситуацій у машинних залах АЕС показує, що при значній розгерметизації генератора мінімальний час від виявлення витoku водню до відключення генератора від електропостачання становить 2-7 хв. Час автоматичного відключення трубопроводів досягає 2 хв., а ручного відключення — 5 хв. При збоях у роботі сигналізації та захисту, а також при затриманні персоналу з прийняттям заходів цей час може збільшуватися.

Таким чином однією із головних умов зниження необоротних наслідків пожежі в машинному залі є збереження несучої здатності конструкцій хоча б протягом 2-5 хв. — часу, що необхідний для виявлення пожежі та приведення до дії передбачених установок та протиаварійних засобів. Тому, необхідність підвищення межі вогнестійкості будівельних конструкцій шляхом обробки засобами вогнезахисту являється дуже важливою.

Найбільш популярні вогнезахисні склади, які застосовуються у світовій практиці вогнезахисту металевих конструкцій, можна умовно поділити на чотири групи (табл. 1).

Таблиця 1.

Характеристики основних засобів вогнезахисту

| <i>№ п/ п</i> | <i>Тип вогнезахисту</i> | <i>Механізм дії</i> | <i>Основні компоненти</i> | <i>Максимальна межа вогнестійкості , хвил.</i> |
|-----------------------|--|--|--|--|
| 1. | Інтумісцентні поліфосфатні склади | Ендотермічні процеси із утворенням теплоізоляційного шару | Поліфосфати амонію, газоутворювач, полімірне в'язуче | 90 |
| 2. | Склади на основі терморозширюючого графіту | Спучування графіту із утворенням термостійкого і негорючого теплоізоляційного шару | Терморозширюючий графіт, антипірен, полімірне в'язуче | 60 |
| 3. | Вогнезахисні штукатурні суміші спеціального складу | Теплоізоляція | Перліт, вермікуліт, вогнетривкі волокна із заповнювачами, мінеральне в'язуче | 240 |
| 4. | Конструктивні вогнезахисні матеріали, плити, сегменти, цегла | Теплоізоляція | Перліт, вермікуліт, вогнетривкі волокна із заповнювачами, мінеральне в'язуче | 240 |

В таблиці наведено дані щодо максимальних меж вогнестійкості металоконструкцій, які забезпечують склади різних типів в умовах сертифікаційних випробувань, де передбачено вплив стандартної пожежі згідно з ДСТУ 1.1.-4.

За інформацією виробників вогнезахисних робіт протягом останніх 15-ти років на АЕС України для вогнезахисту несучих металоконструкцій машинних залів були застосовані інтумесцентні поліфосфатні склади «Фламмпласт» і «Унітерм»

(Німеччина), «Протермстил» (Росія), склад на основі терморозширюючого графіту «Ендотерм ХТ-150» (Україна). Всі ці склади використовувалися на підставі даних сертифікаційних випробувань в умовах стандартної пожежі. Останнім часом для вогнезахисту металевих конструкцій машинних залів пропонується покриття «Интерчар» (Швеція), яке було випробувано у Великобританії в умовах вуглеводневої пожежі.

Випробування за умов вуглеводневої пожежі згідно стандарту UL 1709 (Underwriters Laboratory, США) проводять для оцінки стійкості та вогнестійкості несучих конструкцій на об'єктах підвищеної небезпеки. Даний стандарт визначає критерії стійкості вогнезахисних покриттів в умовах пожежі, при якому температура 1000°C досягається в перші 7 хв. горіння. Спеціально для оцінки ефективності вогнезахисту трубопроводів додатково застосовується метод «прямого удару» реактивного полум'я.

Випробування вогнезахисного покриття в умовах вуглеводневої пожежі не є достатнім для застосування його в якості вогнезахисту металевих конструкцій машинних залів АЕС. Як відомо, одним із джерел пожежі є мастило, яке і створює пожежу, еквівалентну режиму вуглеводневої пожежі. Однак, як було зазначено вище, температура горіння водню в перші хвилини пожежі перевищує 2000°C [2], що може привести до самих непередбачуваних перетворень вогнезахисного покриття, що витримало випробування при 1100°C — максимальній температурі вуглеводневої пожежі.

Складністю прогнозу поведінки різних типів вогнезахисних покриттів в умовах, наближених до розвитку аварійної ситуації в машинному залі АЕС, є принципова неможливість проведення натурних великомасштабних експериментів при тепловому ударі полум'я водню. Але можливий комплексний підхід до моделювання умов водневої пожежі, заснований на поєднанні даних стандартних випробувань та вивченні ряду фізико-хімічних параметрів вогнезахисного покриття в умовах полум'я, температура якого перевищує 2000°C.

З цією метою, було проведено ряд випробувань з визначення межі вогнестійкості покриттів виробництва НВП «Спецматериалы» за умови впливу на них полум'я ацетилен-кисневого пальника.

В якості об'єктів досліджень були обрані чотири типи покриттів, а також їх комбінація (табл. 2).

Таблиця 2

Межа вогнестійкості покриттів НВП «Спецматериалы» випробуваних у полум'ї ацетилен-кисневого пальника

| № п/п | Покриття | Товщина покриття, мм | Межа вогнестійкості, с (500 ⁰ С) |
|-------|---|----------------------|---|
| 1. | Покриття вогнезахисне «Ендотерм 170205», поліфосфатне інтумісцентне, ТУ У 24.3 – 13481691-009-2004 | 2,0 | 40 |
| 2. | Покриття вогнезахисне, що спучується «Ендотерм ХТ-150» на основі терморозширюючого графіту, ТУ У 13481691.01-97 | 2,06 | 122 |
| 3. | Рулонне покриття «Ендотерм ХТ-150» для воздуховодів, ТУ У 13481691.01-97 | 3,05 | 217 |
| 4. | Вогнезахисна штукатурка «Ендотерм 210104» ТУ У 24.3134811691007-2003, нанесена безпосередньо на пластину | 20,52 | 250 |
| 5. | Плита вогнезахисна «Ендотерм 210104» ТУ У 24.313481691007-2003, закріплена перед пластиною. | 20,0 | 732 |

| | | | |
|----|---|-------------|-----|
| 6. | Плита вогнезахисна «Ендотерм 210104» - зовнішній шар, покриття вогнезахисне «Ендотерм ХТ-150» - внутрішній шар. | 20,0 2,0 | 873 |
| 7. | Металева пластина без покриття | - | 19 |

Покриття (№ 1-4) були нанесені на металеві зразки — пластини розміром 150×150×5 мм з вмонтованими термоелектричними перетворювачами ТХА у середині зразка. Вогнезахисна плита була закріплена перед пластиною без покриття (№ 5) і перед пластиною з покриттям «Ендотерм ХТ-150» (№ 6) на відстані 28 мм.

Мета експерименту полягала у визначенні межі вогнестійкості металевих зразків з видами захисту згідно табл.2 при впливі полум'я ацетилен-кисневого пальника, а також визначенні часу від початку теплового впливу до настання граничного стану зразків. За граничний стан приймається досягнення критичної температури сталі випробуваних зразків, що дорівнює 500°C.

В якості джерела полум'я використовували інжекторний ацетилен-кисневий пальник Airac M16x1 R 3/8 L 3.4991. Температуру полум'я пальника вимірювали до проведення випробувань на термоелектричних перетворювачах марки ТХА діаметром 4 мм.

На рис.1 представлені результати випробувань у вигляді графіка залежності температури зразків від часу впливу полум'я [3]. Результати певних меж вогнестійкості наведено у табл.2.

Аналіз даних рис.1 дозволяє зробити попередні висновки про доцільність використання вогнезахисних покриттів різних типів для вогнезахисної обробки металевих конструкцій машинних залів АЕС.

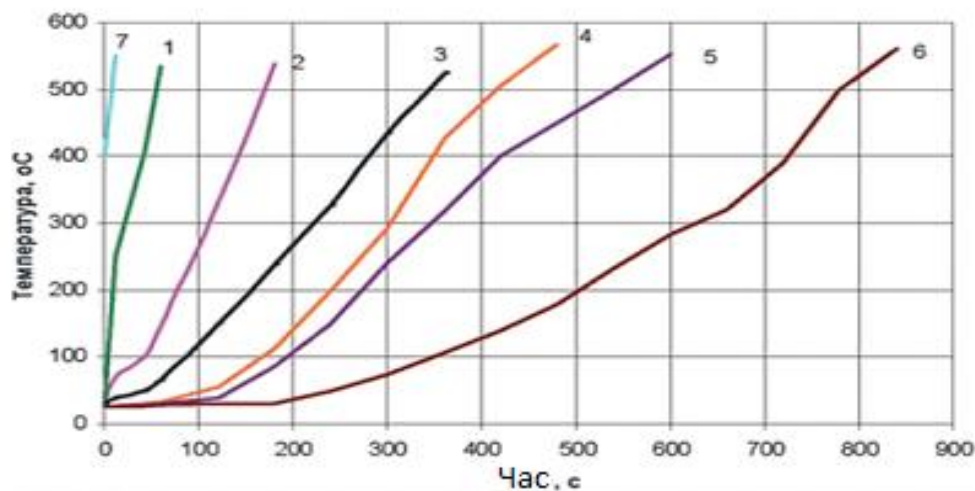


Рис.1 - Залежність температури металевих пластин від часу дії полум'я ацетилен-кисневого пальника (номер кривих відповідає номеру покриття за таблицею 1)

Оскільки загоряння в машинному залі може супроводжуватися вибухом водню, а відповідно і потужним руйнуванням відносно плитних конструкційних матеріалів, закріплених на відстані від металевої конструкції, найбільш надійним здається подвійний вогнезахист (№ 6). Він досягається за рахунок того, що на поверхню металевої конструкції наноситься матеріал «Ендотерм ХТ-150». Над шаром вогнезахисного покриття закріплюється екран у вигляді вогнезахисної плити «Ендотерм 210104» на відстані 28 мм.

Підвищення межі вогнестійкості захищеної таким чином металевої пластини може здійснюватися в двох граничних режимах аварійної ситуації. При сценарії «вибух — пожежа» вогнезахисні плити при руйнуванні знижують динамічне і теплове навантаження на покриття «Ендотерм ХТ-150», зберігає свою вогнезахисну ефективність протягом 2 хв. У разі розвитку в машинному залі водневої пожежі вогнезахисні плити повністю

прогорають протягом 12 хв., а за цей час в просторі повітряного прошарку під впливом високих температур формується щільний теплоізоляційний шар покриття «Ендотерм ХТ-150», який додає ще 2 хв. до досягнення критичної температури пластини (500°C) [3].

Отримані в даному дослідженні результати слід сприймати як інформацію про поведінку вогнезахисних складів різних типів при впливі на них полум'я ацетилен-кисневого пальника, який створює температурний режим, схожий з температурним режимом горіння водню і воднево-масляної суміші. Отримані результати можна використовувати при пошуку оптимальних рішень ефективного вогнезахисту несучих металоконструкцій машинних залів АЕС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солдатов Г.Е., Голоднова О.С. О путях снижения риска пожаров в машинных залах АЭС // Атомкон. — 2009. — № 2 (3). — С. 42—46.
2. Пахомов С.А., Дубасов Ю.В. Оценка величины мгновенного энерговыделения при аварии реактора на ЧАЭС // Труды Радиевого института им. В.Г. Хлопина. — 2009. — Т. XIV. — С. 79—86.
3. Разработка предложений по защите несущих конструкций машзалов АЭС от воздействия опасных факторов пожара: Отчет / ВНИИПО МВД РФ; Договор от 13.11.1992 № 553. — М., 1993.
4. Микеев А.К. Противопожарная защита АЭС. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. <http://www.endoterm.com.ua/>
6. www.belkrafting.by/?info=86&cat=1/

I. V. Rudeshko

*Cherkassky Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes
National University of civil protection of Ukraine*

FEATURES OF FIRE PROTECTION OF METAL STRUCTURES OF MACHINE HALLS OF NUCLEAR POWER PLANT

Destruction of turbines of machine halls of nuclear power plant contributes to fire of the highest category, explosion-fire and fire hazards. In these circumstances, achieving the critical temperature of metal structures and their collapse occurs within one minute. Therefore, the correct choice of fire protection to enhance fire resistance of steel structures is very important.

*В.В. Тараненкова, кандидат технічних наук, доцент,
М.О. Головій, магістрант, Р.А. Крупко, магістрант,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

ДОЛОМІТОВА ЦЕГЛА НА РІЗНИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ

Дотепер за обсягами використання і номенклатурою будівельних виробів портландцемент був основним матеріалом для отримання штучного каменя. Однак, випал цементного клінкера є одним з найбільш енергоємних процесів в технології в'язучих. Зростаючі вимоги екологічної безпеки та підвищення цін на енергоносії диктують необхідність впровадження нових, менш енергоємних технологій і розширення номенклатури ефективних в'язучих речовин низькотемпературного випалу, придатних для отримання будівельних матеріалів з високими експлуатаційними показниками. У зв'язку з цим, особливий інтерес викликають магнезійні в'язучі, матеріали на основі яких не завдають шкоди довкіллю, відрізняються високими показниками міцності і їх швидким зростанням без теплової обробки, мають високу технологічність при виробництві і застосуванні, стійкі до дії нафтопродуктів, грибків, бактерій. Технологічні переваги виробництва і зменшення енергетичних витрат (в кілька разів) дозволяють знизити собівартість одержання магнезійного в'язучого не менше, ніж в три рази в порівнянні з портландцементом, що робить його вельми перспективним як з екологічної, так і з економічної точки зору.

Необхідність збільшення в країні виробництва в'язучих і будівельних матеріалів відповідно до програм житлового будівництва робить проблему використання місцевих сировинних ресурсів особливо актуальною. Основна мотивація проведення цих робіт пояснюється також тим, що в Україні є значні перспективи розвитку виробництва магнезійних в'язучих з місцевих доломітів. Особливо багаті родовищами доломітів Донецька, Дніпропетровська та Закарпатська області, які мають величезні запаси доломіту з високим вмістом в них активної складової оксиду магнію. Доступність і поширення доломітової сировини, наближення сировинної бази до споживача виключають далекі перевезення і створюють додаткові економічні стимули. Також в Чернігівській та Полтавській областях є практично невичерпні поклади мінералу бішофіту, розчини якого використовуються як змішувачі для магнезійних в'язучих.

Область застосування магнезійних в'язучих може бути досить широка, проте, потенціал збільшення номенклатури матеріалів, що отримують на їх основі, далеко не вичерпаний. Зростаюче використання магнезійних матеріалів обумовлено різноманіттям можливих структур магнезійних композитів. Наприклад, використовуючи як замішувач розчини хлоридів магнію та різні заповнювачі одержують матеріали від теплоізоляційних до конструкційних та оздоблювальних.

В останнє двадцятиріччя у різних країнах, у тому числі в Україні, проводяться активні науково-дослідні роботи щодо фізико-хімічних властивостей доломіту різних родовищ, розробляються технологічні параметри виробництва, здійснюються численні виробничі випробування.

Метою нашої науково-дослідної роботи було отримання стінових будівельних матеріалів на основі каустичного доломіту з пониженою температурою декарбонізації та розчину природного мінералу бішофіту Затурінського родовища, який є побічним продуктом газовидобування в Полтавській області. Як відомо, на Полтавщині розташовані величезні прогностні ресурси бішофітної сировини, які відносяться до Затурінського родовища бішофіту. Висока якість цієї сировини з погляду промислової переробки, а також вигідне географічне розташування і розвинута інфраструктура регіону дозволяють розглядати це родовище як високоперспективне та економічно вигідне для експлуатації.

Для одержання в'язучого використовувався каустичний доломіт, отриманий при напіввипалі доломіту Єленівського родовища (Донецька обл.). Як заповнювачі для виготовлення доломітової цегли застосовувалися: 1 – кварцовий пісок Ізюмського родовища (Харківська обл.) з модулем крупності $1,93 \div 1,95$ (вміст фракцій менше 0,6 мм – 84,16 мас. %); 2 – Вольський стандартний пісок для випробувань виробництва Харківського дослідного цементного заводу (ДСТУ 6139-91); 3 – доломітовий пісок Єленівського родовища фракції < 0,5 мм; 4 – Євпаторійський вапняк фракцій 0,315-0,63 мм, 0,63-1,0 мм та 1,0-1,25 мм.

З метою дослідження впливу концентрації замішувача на характеристики міцності доломітового в'язучого були виготовлені зразки з використанням розчинів Затурінського бішофіту та бішофіту виробництва ТОВ «Мінерал», що відповідає вимогам ТУ 25 У 22529511-003-97, з концентрацією 1,20 г/см³, 1,22 г/см³ та 1,24 г/см³, відповідно. Як свідчать отримані результати, концентрація розчину істотно впливає на міцність в початковий період тверднення – 1-7 діб. Після 28 діб тверднення показники міцності зразків на бішофіті (ТУ 25 У 22529511-003-97) майже не відрізняються, тоді як для зразків на Затурінському бішофіті при щільності розчину замішувача 1,20 г/см³ спостерігається значне підвищення міцності у віці 28 діб.

Оптимальною, на наш погляд, є концентрація замішувача 1,20 г/см³, оскільки збільшення концентрації розчину вище цього значення не впливає істотно на кінцеву міцність зразків, проте, чим вища концентрація замішувача, тим вірогідніше поява на виробках тріщин, які супроводжуються виділенням надлишку солей у вигляді нальоту кристалів на поверхні.

З використанням замішувачів оптимальної концентрації були виготовлені зразки доломітового в'язучого, які зберігалися як на повітрі, так і в воді. Після зберігання зразки піддавалися фізико-механічним випробуванням у різні терміни тверднення. Результати випробувань наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості доломітового в'язучого, замішаного різними розчинами бішофіту

| Розчин бішофіту ($\rho=1,20$ г/см ³) | В/Ц | Термін тужавіння, год. – хв. | | Міцність на стиск, МПа | | | | | |
|--|------|------------------------------|--------|----------------------------|----|----|-----|----------------------------|----------|
| | | початок | кінець | повітряне тверднення, доба | | | | зберігання у воді (28 діб) | |
| | | | | 1 | 3 | 7 | 28 | вологі | висушені |
| ТУ 25 У 22529511-003-97 | 0,42 | 4-20 | 5-00 | 33 | 71 | 80 | 96 | - | - |
| Затурінський бішофіт | 0,41 | 4-05 | 4-35 | 45 | 65 | 67 | 106 | 98 | 101 |

Таким чином, зразки, замішані звичайним розчином бішофіту (ТУ 25 У 22529511-003-97), показали повну відсутність водостійкості притаманну магнезійним в'язучим, які відносяться до повітряних в'язучих, тоді як зразки, замішані Затурінським бішофітом, показали більшу стійкість у воді.

На основі отриманого доломітового в'язучого і різних заповнювачів були розроблені нові склади доломітової цегли. Суміші для виготовлення доломітової цегли зволожувалися розчином бішофіту до вологості 8 мас. %, а потім пресувалися на гідравлічному пресі (з питомим навантаженням пресування 25 МПа) у вигляді зразків – кубиків розміром 2×2×2 см або циліндрів діаметром 2 см.

Внаслідок дослідження оптимального співвідношення між в'язучим та заповнювачем було визначено раціональний склад суміші, який дозволяє економити в'язуче та водночас отримувати високі показники міцності: 30 мас. % каустичного

доломіту та 70 мас. % заповнювача. Подальші дослідження проводилися на сумішах оптимального складу.

Як свідчать отримані результати, швидкість набору міцності доломітової цегли досить велика і досягає к 3-й добі 14 – 25 МПа для зразків, замішаних бішофітом (ТУ 25 У 22529511-003-97), та 12-31 МПа – для зразків, замішаних Затурінським бішофітом, що дозволяє відвантажувати готову продукцію на склад, а кінцева міцність таких матеріалів досягає 33 – 42 МПа

Встановлено, що використання заповнювачів фракції 0,6 – 1,2 мм (Вольський пісок і Євпаторійський вапняк) є оптимальним для зразків, замішаних бішофітом (ТУ 25 У 22529511-003-97), а застосування фракції < 0,5 мм (Ізюмський пісок та сирий доломітовий пісок) для них характеризується дещо меншою міцністю. Для зразків, замішаних Затурінським бішофітом, оптимальними є заповнювачі фракції 0,315-0,63 мм.

Водопоглинання доломітової цегли на різних заповнювачах знаходиться в межах 11,6 – 13,1 %. Підвищене водопоглинання зразків на доломітовому піску – 18,1 %, на наш погляд, можна пояснити однорідністю його гранулометричного складу, яка не дає щільної упаковки часток заповнювача. Порівняння водопоглинання доломітової цегли, що тверділа за нормальних умов, з силікатною – отриманою автоклавною обробкою, показує, що водопоглинання доломітової цегли дещо менше, ніж у силікатної. Дана особливість пов'язана з тим, що доломітова цегла має більш щільну структуру. Середня щільність отриманої цегли складає 1,83 – 1,97 г/см³.

Усі зразки витримали 30 циклів (–15; + 15) °С випробувань на морозостійкість, на поверхні зразків не спостерігалось слідів руйнування, тріщин, сколів та висолів.

Таким чином, внаслідок проведених досліджень були розроблені нові склади доломітової цегли та доведена можливість використання Затурінського бішофіту, який є побічним продуктом газовидобування в Полтавській області, як замішувача для доломітового в'язучого. Слід відзначити, що отримана нами доломітова цегла швидко набирає міцність при твердненні за нормальних умов, а завдяки світлому відтінку може використовуватися як декоративний матеріал за рахунок введення в суміш різних барвників та пігментів. Отже, розроблені будівельні матеріали характеризуються комплексом високих експлуатаційних властивостей і можуть застосовуватися в будівництві в якості стінових та оздоблювальних матеріалів, а також не вимагають великих енерговитрат на автоклавну обробку або випал на відміну від силікатної або клінкерної цегли відповідно.

*V.V. Taranenkova, Ph. D, associate professor,
M.O. Golovij, master student, R.A. Krupko, master student,
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"*

DOLOMITE BRICK WITH VARIOUS AGGREGATES

As a result of our studies the new compositions of dolomite brick on the base of developed water-resistant dolomite binder and various aggregates have been obtained. For the first time the possibility of using the natural brine of mineral bischofite of Zaturinskoje deposit (Poltava region) for mixing the dolomite brick has been investigated. It is ascertained that dolomite brick samples are characterized with (in depending on the kind of aggregate): compressive strength is equal to 33 – 42 МПа; water absorption 11,6 – 13,1 %. Besides, all of samples have withstood 30 freezing-thawing cycles without destruction and salting-out on the surface of ones. Developed materials take advantage over calcium-silicate and clinker brick productions because of ones do not require considerable energy costs for autoclave treatment or firing.

Thus, new walling materials characterized by high service properties and can be used for modern civil engineering.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗОН РУЙНУВАННЯ ПРИ ВИБУХУ

При виникненні окремих видів НС техногенного та природного характеру (вибух, ураган, підтоплення та ін.) можливе раптове руйнування споруд. Найбільше число людських жертв, завдання матеріальних збитків та заподіяння шкоди докільню можливо при руйнуванні будівель та споруд громадського призначення, техногенно-небезпечних підприємств, багатопверхових, аварійних будинків житлового та промислового призначення.

При прогнозуванні надзвичайних ситуацій пов'язаних з вибухами для визначення кількості потерпілих необхідно визначити межі зон руйнування будівель та споруд.

В попередніх дослідженнях докладно розглядаються питання, які стосуються прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій взагалі. В роботі [1] розглядається методика визначення обсягу завалів, яка дозволяє визначити потрібну кількість сил та засобів для їхнього розбирання. В [2-4] запропоновано загальний перелік та послідовність рятувальних робіт на зруйнованих будівлях. Ймовірність ураження людей від ступеню пошкодження будівлі і час необхідний для їхнього рятування розглядається в [5]. В [6] представлена методика розрахунку імовірної кількості постраждалих для визначення сил проведення рятувальних робіт на зруйнованих будинках. Методика розрахунку сил та засобів для проведення всього комплексу аварійно-рятувальних робіт на зруйнованих будівлях розглянута в [7]. Не достатньо розглянуті питання оцінки радіусу меж зон руйнувань для подальшого визначення кількості потерпілих.

При складанні прогнозу про можливу обстановку для розробки оперативних заходів щодо ліквідації НС, які пов'язані з вибухами необхідна інформація про руйнування, які виникли. Основним параметром, який необхідно визначити є межі зони руйнування.

Аварійні вибухи пов'язані з вибухами газопароповітряних сумішей, які утворюються внаслідок витоку горючих речовин. При вибуху таких сумішей виникають ударні хвилі, які можуть зруйнувати, або пошкодити будівлі, обладнання в зоні їх дії. Умовно прийнято розглядати три характерні зони ймовірних пошкоджень: зона сильних руйнувань ($\Delta P = 30$ кПа), зона середніх руйнувань ($\Delta P = 20$ кПа) та зона легких руйнувань ($\Delta P = 10$ кПа).

При розгляді дії ударних хвиль необхідно прийняти до уваги те, що в більшості випадків час дії ударної хвилі значно більше власному періоду коливань конструкції. Це означає, що навантаження від ударної хвилі на конструкцію можна вважати квазістатичною, тобто напруження, деформації в елементах конструкції будуть пропорційні максимальному надлишковому тиску хвилі ΔP . До зазначених випадків впливу відносяться дані за результатами руйнувань, приведені в табл. 1 [5].

Величину надлишкового тиску ΔP , кПа, що розвивається у разі згоряння газопароповітряних сумішей, визначають за формулою [8]:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3 \cdot m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{np}}{r^3} \right), \quad (1)$$

де: P_0 – атмосферний тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа); r – відстань від геометричного центра газопароповітряної хмари, м; m_{np} – приведена маса газу або пари, кг, обчислюється за формулою:

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{зг}}}{Q_0} \cdot m \cdot Z, \quad (2)$$

де $Q_{\text{зг}}$ – питома теплота згоряння газу або пари, Дж·кг⁻¹; Z – коефіцієнт участі горючих газів і парів у горінні, який допускається приймати рівним 0,1 [9]; Q_0 – константа, рівна $4,52 \cdot 10^6$ Дж·кг⁻¹; m – маса горючих газів і (або) парів, які надійшли в результаті аварії до навколишнього простору, кг.

Таблиця 1 – Наслідки впливу надлишкового тиску на будівельні конструкції

| Надлишковий тиск ΔP , кПа | Наслідки |
|-----------------------------------|--|
| 50 | Повні руйнування будинків і споруд |
| 30 | Сильні руйнування і пожежі |
| 20 | Середні руйнування і можливі пожежі |
| 10 | Легкі руйнування будинків і спорудження, можливі окремі пожежі |
| 5 | Граничне значення надлишкового тиску |
| 2 | Руйнування віконного скла |

Для тричленних рівнянь виду (1) характерно:

- перший і другий члени рівняння виявляються невеликими порівняно з третім членом при розрахунку тиску на близьких відстанях від центру вибуху (тиск в хвилі понад 100 кПа);

- другий і третій члени стають невеликими порівняно з першим членом на значній відстані від центру вибуху (тиск менше 100 кПа).

Беручи до уваги зазначені властивості тричленних рівнянь (1) і той факт, що межі зон руйнування важливих об'єктів знаходяться на значній відстані від епіцентру вибуху (тиск не більше 30-50 кПа), можна записати:

$$\Delta P = P_0 \cdot \frac{0,8 \cdot m_{\text{пр}}^{0,33}}{r}, \quad \text{або} \quad r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{\Delta P}. \quad (3)$$

Підставивши в (3) значення тиску з табл. 1, які відповідають ступеням руйнувань об'єктів, отримуємо рівняння, що дозволяють розрахунковим шляхом оцінити радіуси меж:

- зони сильних руйнувань

$$r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{30} = 2,7 m_{\text{пр}}^{0,33},$$

- зони середніх руйнувань

$$r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{20} = 4 m_{\text{пр}}^{0,33},$$

- зони легких руйнувань

$$r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{10} = 8 m_{\text{пр}}^{0,33}.$$

Висновки. Таким чином запропонована методика визначення меж зон руйнування при вибуху газопароповітряних сумішей на відкритих технологічних установках, яка дозволяє в подальшому прогнозувати кількість потерпілих в будинках, які потрапили в певні межі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. Аварийные работы в очагах поражения. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
2. Організація аварійно-рятувальних робіт: Підручник. За загальною редакцією В.П. Садкового / Аветісян В.Г., Сенчихін Ю.М., Кулаков С.В., Куліш Ю.О., Тригуб В.В. – Х: «Федорко», 2010, 240 с.
3. Дементьев С.В., Чумак С.П., Дурнев Р.А. Отчет по результатам натуральных экспериментальных исследований по отработке технологий и способов ведения спасательных работ в условиях разрушенных зданий. - М.: ВНИИ ГОЧС, 1993.
4. Шахмарьян М.А. Научно-методические основы планирования использования аварийно-спасательных сил при разрушительных землетрясениях // ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1993. – Вып.7. – С.23-29.
5. Аветісян В.Г., Дерев'яно І.Г., Тригуб В.В. Методичні вказівки по виконанню контрольної роботи з організації аварійно-рятувальних робіт (прогнозування та ліквідація наслідків вибуху на відкритих технологічних установках). – Харків: УЦЗУ, 2008. – 47 с. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/928/OARR_Prognoz_ta_likvidac_naslidkiv.pdf
6. Аветісян В.Г., Тригуб В.В. Алгоритм прогнозування кількості потерпілих на зруйнованих будинках // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 8. – Харків: Фоліо, 2008. С. 3-6. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol8/01.pdf>
7. Аветісян В.Г., Тригуб В.В. Прогнозування кількості рятувальників для проведення робіт на зруйнованих будинках // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 7. – Харків: Фоліо, 2008. С. 3-8.
8. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
9. Тесленко А.А. Методы оценки взрывоопасности наружных установок в России, Беларуси и Украине / Тесленко А.А., Токарь А.И. // Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 36. – С. 259-265. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/teslenko.pdf>
10. Тригуб В.В. Методика оцінки меж зон руйнування при вибуху на відкритих технологічних установках // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2016. - Вип. 23. - С. 159-163. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Trigub.pdf>

V.V. Trigub, Ph.D., Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine

PREDICTION OF FRACTURE ZONES IN THE EXPLOSION ON THE OPEN PROCESS PLANTS

The conditions for the destruction of industrial objects when exposed to loads from the shock waves. Analyzes the change of pressure in the shock waves depending on the weight of the explosive substance and the distance from the epicenter. Formulas for estimating the radius of the boundaries of zones of strong, medium and light damage in the explosion gaz-steam-air mixtures.

СЕКЦІЯ 3. ВОГНЕГАСНІ РЕЧОВИНИ

С.А. Горносталь, к.т.н., НУЦЗУ
О.А. Петухова, к.т.н., доцент, НУЦЗУ

**АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ
ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ НА ВОДОВІДДАЧУ**

Локалізація та гасіння пожежі потребує значної кількості води, нестача якої призводить до збільшення матеріальних втрат та навіть загибелі людей. Джерелом води в межах населеного пункту в першу чергу виступає міська водопровідна мережа. Крім того, передбачається збереження води в пожежних водоймах, також можна забрати воду з поверхневих джерел. Але вони повинні бути пристосовані для цього. Від технічного стану елементів системи протипожежного водопостачання, їхньої роботи в умовах надзвичайної ситуації та здатності забезпечити подачу необхідної кількості води з визначеним напором залежить успіх гасіння пожежі та рятувальних робіт.

Одним з напрямів підтримання елементів системи протипожежного водопостачання в робочому стані є проведення випробувань на водовіддачу. Їхньою метою є визначення максимальної кількості води, яку можна отримати з мережі на потреби пожежогасіння, фактичного тиску в мережі та порівняння цих значень з нормативними. В Україні діють декілька нормативних документів, які регламентують роботу елементів системи протипожежного водопостачання. В [1] наведено норми витрат води на потреби зовнішнього пожежогасіння, в [2, 3] – терміни проведення випробувань та оформлення результатів. Однак чіткого підходу до порядку проведення випробувань водопровідної мережі на водовіддачу немає.

Порядок дій при перевірці технічного стану пожежних гідрантів (ПГ) визначається в Інструкції [3]. Така перевірка передбачає пуск (забір) води з ПГ та надає змогу проконтролювати лише наявність води в трубопроводі. Для перевірки розрахункового тиску у водопровідній мережі передбачається по черзі встановлювати пожежну колонку на кожен ПГ. В Інструкції сказано, що треба обрати відповідну кількість пожежних стволів, але порядок її визначення не вказаний.

В роботі проведено дослідження витрати води в трубопроводі в залежності від швидкості руху води та діаметру трубопроводу (рис. 1).

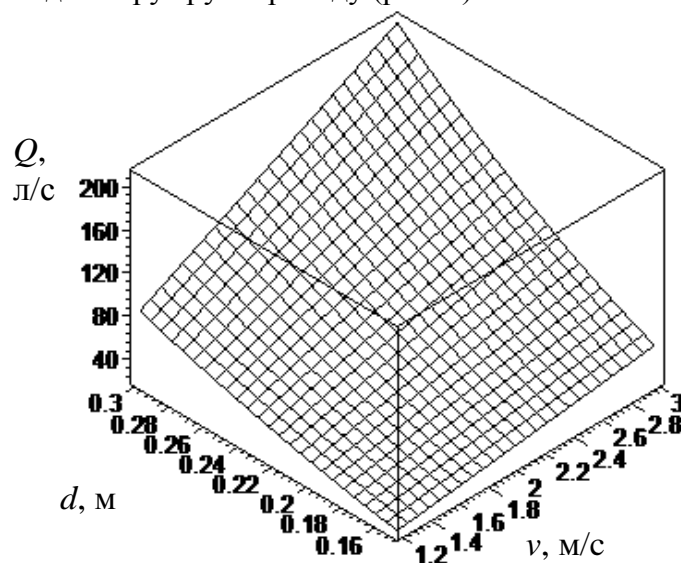


Рис. 1. – Залежність пропускної здатності трубопроводу (Q) від його діаметру (d) та швидкості руху води (v) при виникненні пожежі

Враховано, що об'єднана водопровідна мережа під час виникнення пожежі повинна забезпечити пропуск води на господарсько-питні потреби та додатково на пожежогасіння. При подачі води на потреби пожежогасіння спостерігається збільшення швидкості руху води, але вона не повинна перевищувати 3 м/с. Аналізуючи отримані результати, бачимо, що мінімальні значення витрат відповідають мінімальній швидкості води в трубопроводі. При збільшенні діаметру трубопроводу та незмінній швидкості витрата зростає. Можна констатувати, що збільшення швидкості призводить до значного збільшення витрати, яка проходить по трубопроводу. В [4] були проаналізовані фактори, що впливають на результати випробувань, та показано, що автоматичне перенесення результатів випробувань для одного пожежного гідранту до більшої кількості може призвести до невірної висновку щодо водовіддачі водопровідної мережі.

На рис. 2 наведено результати розрахунків при проведенні випробувань на водовіддачу зовнішньої водопровідної мережі.

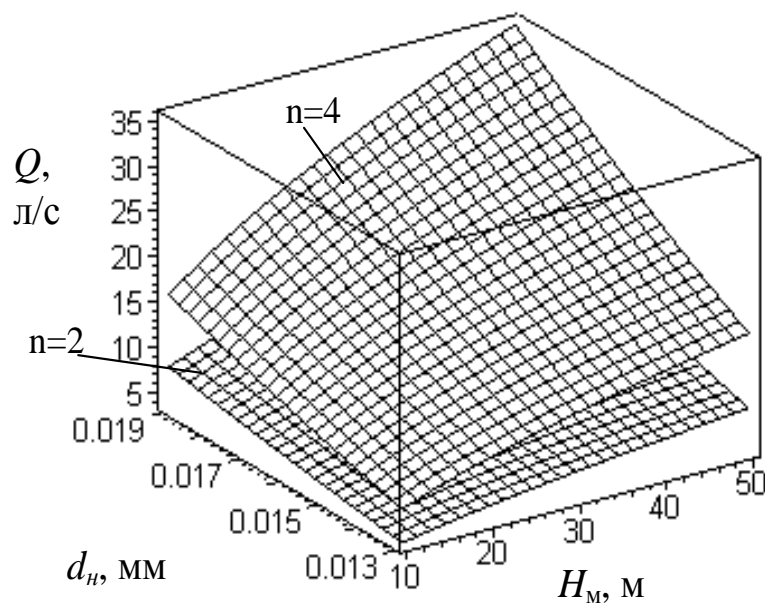


Рис. 2. – Залежність водовіддачі мережі (Q) від діаметру насадка пожежного ствола (d) та напору на стволі (H_m) при використанні різної кількості стволів (n)

Розрахунок проведено для пожежних стволів діаметром ($13 \div 19$) мм. Показано, що водовіддача мережі змінюється в залежності від кількості стволів, задіяних при випробуваннях, до того ж збільшення напору в мережі призводить до збільшення водовіддачі. Максимальна кількість води з мережі одержується при використанні стволів діаметром 19 мм при максимальному напорі. Це пояснюється зменшенням втрат напору на стволі та їх сумарною пропускнуою можливістю.

Але необмежене збільшення стволів для проведення випробувань неможливо, тому що їх кількість визначається середньою пропускнуою здатністю одного ствола та можливою пропускнуою здатністю мережі. Остання залежить від діаметру трубопроводу, ступеню його зношеності. Існуюча методика проведення випробувань рекомендує визначати кількість стволів виходячи лише з величини нормативних витрат на пожежогасіння, що нерідко призводить до одержання невірно визначеної водовіддачі за результатами випробувань.

Методика проведення випробувань мережі на водовіддачу передбачає визначення кількості ПГ, які повинні бути задіяні в випробування в залежності від нормативної витрати на пожежогасіння. Так, наприклад, якщо витрата на зовнішнє пожежогасіння

будівлі за вимогами [1] складає 30 л/с, в випробуванні необхідно задіяти 3 ПГ. Але отримані результати, які наведені на рис. 1 – 2, показують, що використання лише двох ПГ вже дозволяє отримати необхідну кількість води на потреби пожежогасіння.

Тому пропонується в методиці проведення випробувань на водовіддачу кількість ПГ для проведення випробувань приймати згідно вимог [1, п.12.16], тобто проводити випробування за допомогою одного або двох гідрантів залежно від нормативної витрати на пожежогасіння. При цьому кількість стволів приймати починаючи з мінімальної (за розрахунком) та закінчуючи умовою зменшення кількості води зі стволів менше їх пропускної здатності, або при зниженні тиску на мановакууметрі пожежного насоса нижче 3 м (як рекомендує [3]).

Найважливішим при такій організації випробувань є час їх проведення – в години максимального водоспоживання, тобто тоді, коли забір води з мережі на господарчо-питні потреби максимальний. В такому випадку отриманні значення витрати та напору дозволять зробити правильний висновок про спроможність мережі забезпечити подачу необхідної витрати води на потреби пожежогасіння.

Висновки. Впровадження нових документів, які регламентують порядок та механізми взаємодії між суб'єктами, на яких покладено функції утримання, обліку та нагляду за джерелами зовнішнього протипожежного водопостачання, чітко визначає межі відповідальності окремих суб'єктів та дозволяє підвищити ефективність роботи пожежно-рятувальних підрозділів. Але є питання, які потребують більш детального розгляду. В роботі показано, що на фактичну кількість води, яку можна забрати з мережі при проведенні випробувань на водовіддачу, впливає характеристики та кількість задіяних стволів. Якщо вони обрані невірно, то це може призвести до помилкового висновку щодо водовіддачі водопровідної мережі. При обранні кількості стволів пропонується спиратися на вимоги [1]. При цьому треба чітко дотримуватися умов проведення випробувань зовнішньої водопровідної мережі, які передбачають перевірку на водовіддачу мережі в найбільш невідгідних умовах використання на потреби пожежогасіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. ДБН В.2.5-74:2013. [Чинний від 01.10.2-13]. – К.: Держбуд України, 2013. – 280 с. (Державні будівельні норми України).
2. Правила пожежної безпеки в Україні. НАПБ А.01.001-15 [Чинний від 30.12.2014]. – Х.: Форт, 2015. – 124 с.
3. Інструкція про порядок утримання, обліку та перевірки технічного стану джерел зовнішнього протипожежного водопостачання. [Чинний від 15.06.2015]. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0780-15>.
4. Горносталь С.А. Особливості утримання та перевірки джерел протипожежного водопостачання / С.А. Горносталь, О.А. Петухова // Проблемы пожарной безопасности. - Вып.38. - Харьков: НУЦЗУ, 2015. - С. 38-42. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol38/HornostalPetuhova.pdf>.

Hornostal S.A., Petuhova E.A.

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF METHODS OF TESTING WATER SUPPLY SYSTEMS WOOD OWL

Analyzed testing requirements and features external water supply networks in the water loss. It is shown that the method of testing the outdoor water supply network needs to be improved. For this is not necessary to consider the possibility of supply water to the firefighting on the actual number of fire hydrants, installed next to the building.

ВПЛИВ МАСИ НЕБЕЗПЕЧНОЇ РЕЧОВИНИ, ЯК ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ, НА НАСЛІДКИ ВІД НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом вимагає від України ряд реформ з метою імплементації європейських стандартів у національні нормативні документи. Запровадження європейських стандартів життєдіяльності, що є однією з вимог інтеграції України в ЄС, можливе за умови реалізації концептуальних і методологічних інновацій та інституціональних перетворень [1].

Однією з проблем при запровадженні європейських стандартів є використання ризик-орієнтованого підходу при оцінці ризиків, як основного критерію за яким будуть класифікуватися об'єкти [1, 2].

Відповідно до плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015 – 2020 роки, затвердженого розпорядженням Кабінет Міністрів України від 25 березня 2015 р. № 419-р ряд міністерств та відомств мають:

- провести аналіз наявних нормативно-правових актів у сфері техногенної та природної безпеки і розробити пропозиції щодо внесення до них змін з урахуванням положень Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- розробити і прийняти національні стандарти у сфері управління ризиками, які відповідають міжнародним стандартам у зазначеній сфері;
- розробити положення про організацію управління ризиками;
- розробити галузеві нормативні документи щодо застосування ризик-орієнтованих підходів під час провадження діяльності з питань регулювання безпеки у галузі виробництва;
- розробити методики проведення оцінки ризиків та карти ризиків за окремими видами надзвичайних ситуацій;
- розробити рекомендації щодо застосування методів, стандартів і програм визначення ризиків;
- визначити прийнятні рівні ризику, діапазони високого, середнього і низького рівня ризиків у галузях виробництва та алгоритми їх зменшення до рівнів, що використовуються в економічно розвинутих державах та зазначені у Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

На сьогоднішній день класифікація об'єктів, частота перевірки визначаються [2]. Згідно з даною постановою планові заходи державного нагляду (контролю) за діяльністю суб'єктів господарювання у сфері техногенної та пожежної безпеки здійснюються з такою періодичністю:

- з високим ступенем ризику – не частіше ніж один раз на рік;
- із середнім ступенем ризику – не частіше ніж один раз на три роки;
- з незначним ступенем ризику – не частіше ніж один раз на п'ять років.

При цьому відсутні будь які кількісні характеристики даних ступенів ризику.

Можна виділити ряд робіт, що присвячені аналізу, сучасному стану, проблемам з впровадження ризик-орієнтованого підходу [3, 4].

З впровадженням ризик-орієнтованого підходу (РОП), частота перевірок, а можливо й їх відсутність, страхові внески будуть визначатися величиною ризику. Таким чином можна стверджувати, що на сьогоднішній день відсутні як нормативні документи, що регламентують порогові значення ризиків так методики розрахунку ризиків, вимоги до суб'єктів господарювання, які можуть або мають право проводити розрахунки ризиків, тощо.

Метою роботи є дослідження впливу врахування, як випадкової величини, характеристик, що впливають на результати надзвичайної ситуації.

На сьогоднішній день при розрахунку категорії приміщення за вибухопожежонебезпекою, зовнішньої установки, ідентифікації ПНО, ОПН до уваги береться максимальна проектна маса небезпечних речовин та найгірший варіант технологічного процесу.

Однак з впровадженням РОП будуть враховуватися такі випадкові величини як: кількість людей на одиниці площі на певній території або в конкретному місці; маса, об'єм та характеристика небезпечних речовин, тощо. В [8] показано, що врахування випадкових процесів може вносити суттєві корективи на тактичні дії при ліквідації НС та на розвиток самої надзвичайної ситуації (пожежі).

Очевидно, що закон розподілу випадкових величин та його параметри в залежності від типу підприємства, технологічного процесу на ньому, зношеності обладнання, ступеню автоматизації, тощо будуть суттєво відрізнятися. Так, якщо розглянути масу горючих газів або легкозаймистих речовин на автозаправній станції, то непевно, що маса може бути описана рівномірним законом розподілу. З іншого боку, на великих підприємствах, де на той чи інший параметр можуть впливати десятки інших параметрів закон розподілу, температури, тиску чи маси може бути представлений в табличному вигляді, за умови що не можна описати аналітично.

У якості прикладу розглянемо вплив маси горючих газів в ємності на величину збиткового тиску у випадку розгерметизації та вибуху (рис. 1).

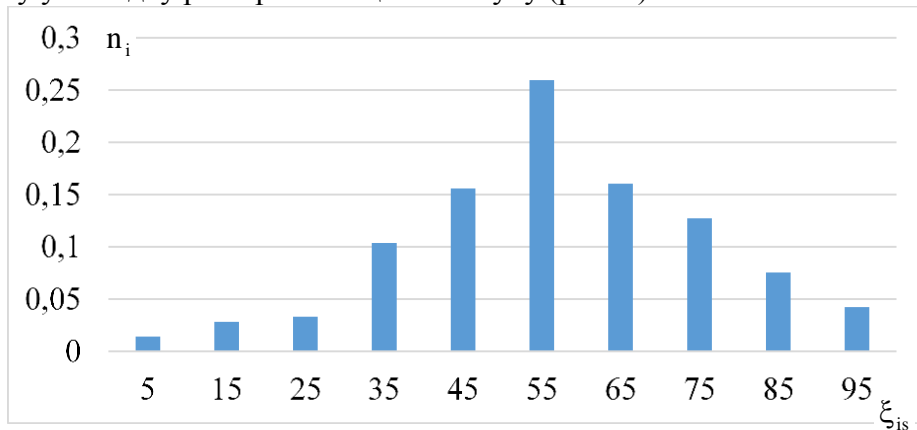


Рис. 1. – Розподіл відносної маси горючого газу в ємності.

В результаті аналізу було встановлено що випадкова величина відносної маси характеризується наступними значеннями $\mu = 56,65$ і $\sigma = 19,17$. Гіпотеза про те що випадкова величина розподілена згідно з нормальним законом підтвердилася.

На рис. 2 наведена функція імовірності відносної маси горючого газу в ємності, а на рис. 3 отримані значення збиткового тиску в залежності від імовірності досягнення даної величини та відстані від епіцентру вибуху.

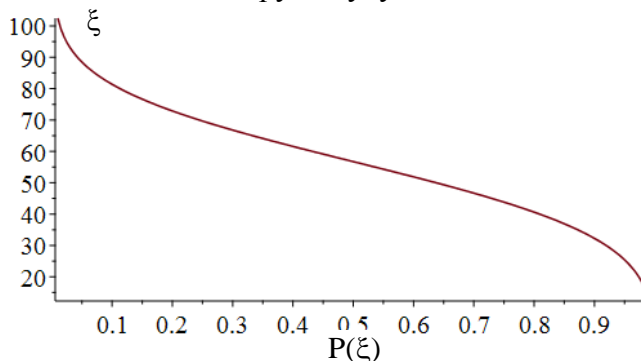


Рис. 2. – Функція імовірності відносної маси горючого газу в ємності

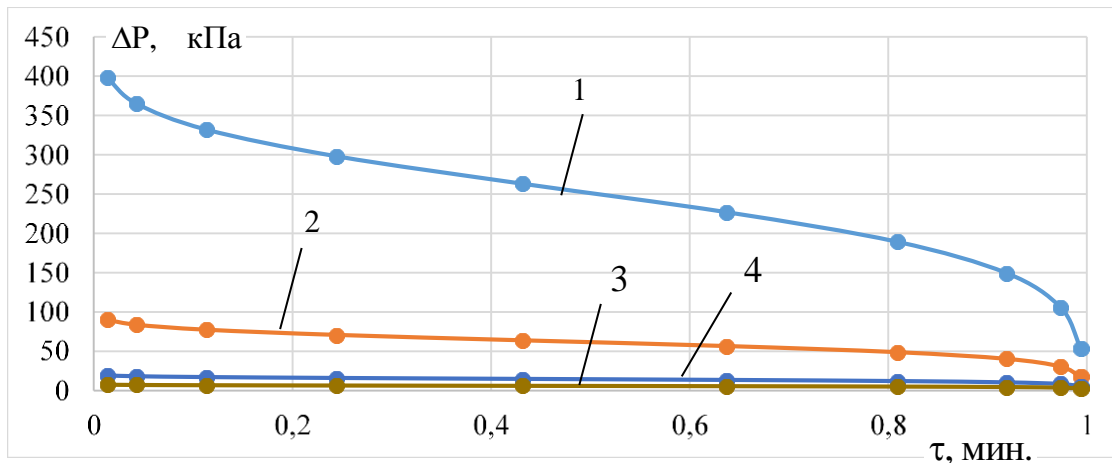


Рис. 3. – Залежність збиткового тиску: 1- $r=10$ м; 2 – $r=20$ м; 3 - $r=50$ м; 4 – $r=100$ м

В результаті проведеної роботи отримані залежності збиткового тиску при вибуху горючих газів, маса яких задана у вигляді випадкової величини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р “Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру” (Офіційний вісник України, 2014 р., № 10, ст. 333).
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306 “Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки” (Офіційний вісник України, 2012 р., № 30, ст. 1115).
3. Сізіков О. О. Стан законодавчої та нормативно-правової бази з питань застосування ризик-орієнтованого підходу у сфері безпеки в Україні та шляхи її удосконалення / О. О. Сізіков, О. М. Євдін, Р. В. Климась, О. П. Якименко // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. - 2014. - № 2. - С. 35-40.
4. Дружинін А.В. Ризик-орієнтований підхід до календарного планування в будівництві / А.В. Дружинін, Д.А. Коровянський // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. - 2012. - Вип. 6 (98). - С. 78-82.
5. Абрамов Ю.А. Моделирование пожаров, их обнаружения, локализации и тушения / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов, А.А. Тарасенко. – Х.: НУГЗУ, 2011. – 927 с.

Yu.P. Klyuchka

Mass effect dangerous substances as a random variable, on effects of emergencies

The dependences unprofitable pressure in the explosion of combustible gases mass given as a random variable.

Keywords. The risk-based approach, probability, risk.

*Т.М. Ковалевська,
викладач кафедри наглядово-профілактичної діяльності
Національного університету цивільного захисту України*

УЧАСТЬ ПРОКУРОРА ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСУДОВОГО СЛІДСТВА ПО СПРАВАМ ПРО ПРОЖЕЖІ

Згідно положень Кримінального процесуального кодексу України (далі - КПК України) та нового Закону України «Про прокуратуру» визначені правові засади організації і діяльності прокуратури України, статус прокурорів, систему прокуратури України а також повноваження прокурорів під час проведення досудового розслідування. Нагляд за додержанням законів органами, що провадять досудове слідство, відповідно до п. 3 ч. 1 ст. 2 Закону визначено однією з функцій прокуратури.

Систему прокуратури України становлять:

- 1) Генеральна прокуратура України;
- 2) регіональні прокуратури;
- 3) місцеві прокуратури;
- 4) військові прокуратури;
- 5) Спеціалізована антикорупційна прокуратура.

Діяльність прокуратури ґрунтується на засадах:

- 1) верховенства права та визнання людини, її життя і здоров'я, честі і гідності, недоторканності і безпеки найвищою соціальною цінністю;
- 2) законності, справедливості, неупередженості та об'єктивності;
- 3) територіальності;
- 4) презумпції невинуватості;
- 5) незалежності прокурорів, що передбачає існування гарантій від незаконного політичного, матеріального чи іншого впливу на прокурора щодо прийняття ним рішень при виконанні службових обов'язків;
- 6) політичної нейтральності прокуратури;
- 7) недопустимості незаконного втручання прокуратури в діяльність органів законодавчої, виконавчої і судової влади;
- 8) поваги до незалежності суддів, що передбачає заборону публічного висловлювання сумнівів щодо правосудності судових рішень поза межами процедури їх оскарження у порядку, передбаченому процесуальним законом;
- 9) прозорості діяльності прокуратури, що забезпечується відкритим і конкурсним зайняттям посади прокурора, вільним доступом до інформації довідкового характеру, наданням на запити інформації, якщо законом не встановлено обмежень щодо її надання;
- 10) неухильного дотримання вимог професійної етики та поведінки.

Закон зазначає, що функції прокуратури України здійснюються виключно прокурорами. Делегування функцій прокуратури, а також привласнення цих функцій іншими органами чи посадовими особами не допускається.

У кримінальному процесі основні повноваження прокурора визначаються статтею 36 КПК України, а саме:

1. Прокурор, здійснюючи свої повноваження відповідно до вимог Кодексу, є самостійним у своїй процесуальній діяльності, втручання в яку осіб, що не мають на те законних повноважень, забороняється. Органи державної влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи та організації, службові та інші фізичні особи зобов'язані виконувати законні вимоги та процесуальні рішення прокурора.

Прокурор, здійснюючи нагляд за додержанням законів під час проведення досудового розслідування у формі процесуального керівництва досудовим розслідуванням, уповноважений:

- 1) починати досудове розслідування за наявності підстав, передбачених Кодексом;

- 2) мати повний доступ до матеріалів, документів та інших відомостей, що стосуються досудового розслідування;
- 3) доручати органу досудового розслідування проведення досудового розслідування;
- 4) доручати слідчому, органу досудового розслідування проведення у встановлений прокурором строк слідчих (розшукових) дій, негласних слідчих (розшукових) дій, інших процесуальних дій або давати вказівки щодо їх проведення чи брати участь у них, а в необхідних випадках - особисто проводити слідчі (розшукові) та процесуальні дії в порядку, визначеному Кодексом;
- 5) доручати проведення слідчих (розшукових) дій та негласних слідчих (розшукових) дій відповідним оперативним підрозділам;
- 6) скасовувати незаконні та необґрунтовані постанови слідчих;
- 7) ініціювати перед керівником органу досудового розслідування питання про відсторонення слідчого від проведення досудового розслідування та призначення іншого слідчого за наявності підстав, передбачених цим Кодексом, для його відводу, або у випадку неефективного досудового розслідування;
- 8) приймати процесуальні рішення у випадках, передбачених Кодексом, у тому числі щодо закриття кримінального провадження та продовження строків досудового розслідування за наявності підстав, передбачених Кодексом;
- 9) погоджувати або відмовляти у погодженні клопотань слідчого до слідчого судді про проведення слідчих (розшукових) дій, негласних слідчих (розшукових) дій, інших процесуальних дій у випадках, передбачених Кодексом, чи самостійно подавати слідчому судді такі клопотання;
- 10) повідомляти особі про підозру;
- 11) пред'являти цивільний позов в інтересах держави та громадян, які через фізичний стан чи матеріальне становище, недосягнення повноліття, похилий вік, недієздатність або обмежену дієздатність неспроможні самостійно захистити свої права, у порядку, передбаченому Кодексом та законом;
- 12) затверджувати чи відмовляти у затвердженні обвинувального акта, клопотань про застосування примусових заходів медичного або виховного характеру, вносити зміни до складеного слідчим обвинувального акта чи зазначених клопотань, самостійно складати обвинувальний акт чи зазначені клопотання;
- 13) звертатися до суду з обвинувальним актом, клопотанням про застосування примусових заходів медичного або виховного характеру, клопотанням про звільнення особи від кримінальної відповідальності;
- 14) підтримувати державне обвинувачення в суді, відмовлятися від підтримання державного обвинувачення, змінювати його або висувати додаткове обвинувачення у порядку, встановленому Кодексом;
- 15) погоджувати запит органу досудового розслідування про міжнародну правову допомогу, передання кримінального провадження або самостійно звертатися з таким клопотанням в порядку, встановленому Кодексом;
- 16) доручати органу досудового розслідування виконання запиту (доручення) компетентного органу іноземної держави про міжнародну правову допомогу або перейняття кримінального провадження, перевіряти повноту і законність проведення процесуальних дій, а також повноту, всебічність та об'єктивність розслідування у перейнятому кримінальному провадженні;
- 17) перевіряти перед направленням прокуророві вищого рівня документи органу досудового розслідування про видачу особи (екстрадицію), повертати їх відповідному органу з письмовими вказівками, якщо такі документи необґрунтовані або не відповідають вимогам міжнародних договорів, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, чи законам України;

18) доручати органам досудового розслідування проведення розшуку і затримання осіб, які вчинили кримінальне правопорушення за межами України, виконання окремих процесуальних дій з метою видачі особи (екстрадиції) за запитом компетентного органу іноземної держави;

19) оскаржувати судові рішення в порядку, встановленому Кодексом;

Закон України «Про прокуратуру», а саме стаття 2, встановлює функції прокуратури:

1) підтримання державного обвинувачення в суді;

2) представництво інтересів громадянина або держави в суді у випадках, визначених Законом;

3) нагляд за додержанням законів органами, що провадять оперативно-розшукову діяльність, дізнання, досудове слідство;

4) нагляд за додержанням законів при виконанні судових рішень у кримінальних справах, а також при застосуванні інших заходів примусового характеру, пов'язаних з обмеженням особистої свободи громадян.

Прокурор здійснює нагляд за додержанням законів органами, що провадять оперативно-розшукову діяльність, дізнання, досудове слідство, користуючись при цьому правами і виконуючи обов'язки, передбачені Законом України «Про оперативно-розшукову діяльність» та Кримінальним процесуальним кодексом України.

Письмові вказівки прокурора органам, що провадять оперативно-розшукову діяльність, дізнання та досудове слідство, надані в межах повноважень, є обов'язковими для цих органів і підлягають негайному виконанню.

Видання прокурором розпоряджень поза межами його повноважень тягне за собою відповідальність, передбачену законом.

Генеральний прокурор України, керівники регіональних та місцевих прокуратур, їх перші заступники та заступники відповідно до розподілу обов'язків, здійснюючи нагляд за додержанням законів органами, що провадять оперативно-розшукову діяльність, дізнання, досудове слідство, координують діяльність правоохоронних органів відповідного рівня у сфері протидії злочинності. Координаційні повноваження прокурори здійснюють шляхом проведення спільних нарад, створення міжвідомчих робочих груп, а також проведення узгоджених заходів, здійснення аналітичної діяльності. Порядок організації роботи з координації діяльності правоохоронних органів, взаємодії органів прокуратури із суб'єктами протидії злочинності визначається положенням, що затверджується спільним наказом Генерального прокурора України, керівників інших правоохоронних органів і підлягає реєстрації у Міністерстві юстиції України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кримінальний процесуальний кодекс України
2. Закон України «Про прокуратуру»

T.M. Kovalewskaia,
teacher of department to supervisory-prophylactic activity
National university of civil defence of Ukraine

PARTICIPATION OF PUBLIC PROSECUTOR DURING REALIZATION OF PRE-TRIAL INVESTIGATION ON BUSINESSES ABOUT FIRES

In the article the considered plenary powers of public prosecutor at conducted pre-trial investigation in matters about fires.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОСАДКОВ НАД ЗОНОЙ МАСШТАБНОГО ПОЖАРА

Условием прекращения крупных ландшафтных пожаров (лесных, степных, торфяных) является обеспечение необходимой интенсивности подачи огнетушащего средства. Эти условия реализуются при выпадении в зоне пожара атмосферных осадков. Инициирование и интенсификация осадков в заданной области в зависимости от физико-химического принципа воздействия на атмосферные аэрозоли реализуются различными методами воздействия. Одним из возможных способов влияния на атмосферные образования является воздействие электромагнитного излучения. Одной из проблем, подлежащих разрешению, является определение технических средств реализации процесса искусственного инициирования и интенсификации осадков электромагнитным методом для тушения ландшафтного пожара.

Вопросам искусственного влияния на атмосферные процессы уделяется большое внимание на протяжении многих лет. На сегодняшний день разработаны и активно применяются такие методы как искусственное охлаждение некоторой зоны атмосферы за счёт распыления жидкого углекислого газа (CO_2) [1], что приводит к интенсификации процесса образования осадков из облаков. Нашел широкое применение метод активизации осадкообразования из облаков путём распыления солей йода [2-3]. Эти реагенты доставляются в зону воздействия либо с помощью летательных аппаратов, либо баллистическим методом [4]. Однако, данные методы имеют ряд ограничений по своему применению. В работе [5] установлено значительное влияние на скорость каплеобразования в атмосфере присутствия электрически заряженных частиц, в частности ионов и ионных кластеров. Поэтому установление возможности ионизации воздуха в необходимой зоне атмосферы позволит более успешно решить задачу эффективного конденсирования атмосферной влаги.

Целью работы является исследование возможности управления процессами конденсации воды в атмосфере мощными пучками микроволн для обеспечения условий эффективной ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Существенное влияние на процесс ликвидации масштабных пожаров большой площади на открытой местности оказывает наличие осадков в зоне ЧС, поскольку они (осадки) способствуют повышению влажности, снижению температуры и являются мощным источником огнетушащего материала (воды). Существующее на сегодняшний день большое количество научных и практических разработок в области климатологии и метеорологии [6-8] свидетельствует о возможности искусственного управления процессами осадкообразования. В связи с этим дальнейшее изучение данной проблемы является весьма актуальным и перспективным для повышения эффективности борьбы с крупными пожарами на открытой местности.

Среди водосодержащих аэрозольных частиц в атмосфере (облаках) присутствуют, как нейтральные, так и заряженные частицы. При нормальных условиях концентрация заряженных частиц незначительная ($\sim (2 - 3) \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$). Основную группу заряженных аэрозольных частиц в атмосфере составляют тяжёлые ионы (радиус от $7 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-1}$ мкм), которые образуются путём присоединения ионизированных молекул или свободных электронов к нейтральной акваэрозольной частице. Меньшую концентрацию имеют лёгкие ионы, представляющие из себя ионизированные молекулы, либо части молекул, и ионные кластеры, состоящие из нескольких молекул или атомов ($r \sim 7 \cdot 10^{-4}$ мкм) [9]. Отдельную группу представляют свободные электроны, концентрация которых из-за короткого срока существования в атмосфере незначительна.

Ионы образуются при воздействии на атмосферные газы элементарных частиц с большой энергией и мощного электромагнитного излучения. В природных условиях основными источниками ионизации являются излучение радиоактивных веществ земной коры и космические лучи.

Возможность образования электрически заряженных водосодержащих атмосферных аэрозольных частиц дополнительно подтверждает высказанные в работе [5] представления о положительном влиянии ионизации на процесс интенсификации осадкообразования.

Проанализируем возможности существующих методов ионизации для решения поставленной в работе задачи. Ионизаторы работают или при высоком напряжении ($\sim 10^3$ В) в режиме коронного разряда, или от источников электромагнитного излучения различной интенсивности. Ионизаторы на коронном разряде оснащены заострёнными электродами, которые посредством коронного разряда и электростатической эмиссии образуют ионы в непосредственной близости от электродов. Время существования ионов в атмосфере зависит от их энергии диссоциации, подвижности, заряда и др. и составляет порядка $10^{-3} - 10$ с. Следовательно, перемещение ионов с таким временем жизни на высоты активного осадкообразования (1-5 км) невозможно.

Метод ионизации газов с использованием электромагнитного излучения основан на принципе разрушения молекул среды фотонами с высокими уровнями энергии и подразделяется на два подкласса в зависимости от интенсивности излучения – ионизацию при ультрафиолетовом излучении и - радиационном излучении. Метод ионизации на основе электромагнитного излучения позволяет ионизировать газы на значительном удалении от источника электромагнитных волн, что позволяет использовать данный метод для решения поставленной проблемы.

Ионизировать воздух на высоте облакообразования (1 – 5 км) на площади до 10 км^2 принципиально возможно путём облучения зоны воздействия пучками мощного электромагнитного излучения (рис. 1).

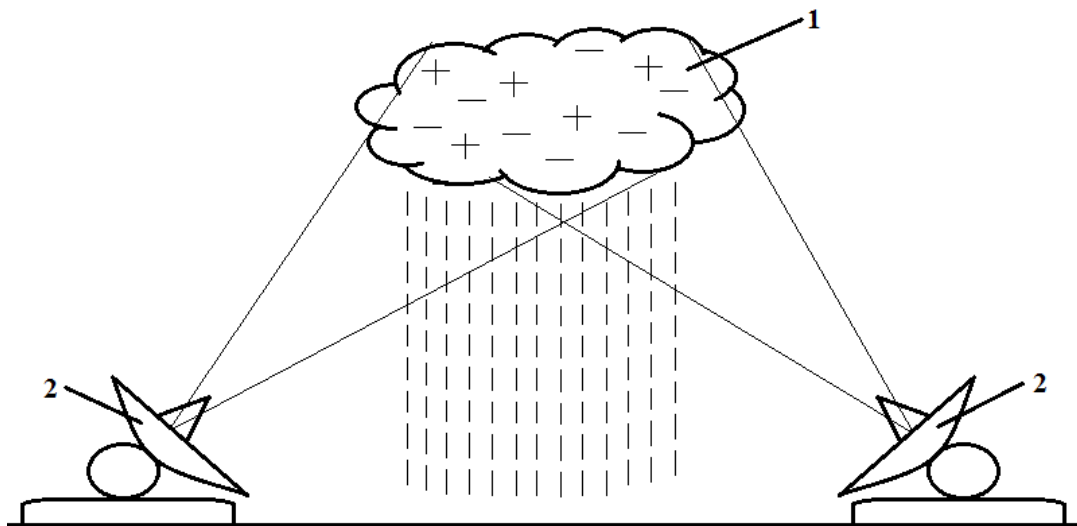


Рис. 1. Схема дистанционного воздействия на процессы осадкообразования за счет электромагнитного излучения: 1 – излучатели; 2 – зона активного воздействия

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о перспективности использования для интенсификации процессов осадкообразования в зоне пожара метода ионизации газов электромагнитным излучением СВЧ диапазона. Излучение данного диапазона ($\lambda = 10^{-2}$ м) оказывает слабое воздействие на экологическое состояние окружающей среды, имеет невысокий коэффициент ослабления (~ 26 %), а также в настоящее время разработаны эффективные технические средства генерации СВЧ излучения. Использование СВЧ

излучения для ионизации газов было предложено ещё в работе [11], однако активная разработка возможностей практического использования этого вида излучения только начинается [12, 13].

В работе рассмотрено влияние концентрации лёгких ионов и свободных электронов на интенсификацию процесса осадкообразования в зоне ЧС. Подтверждено предположение о влиянии ионизации воздуха на процессы конденсации атмосферных водосодержащих аэрозолей. По результатам анализа существующих методов ионизации воздуха наиболее эффективным определён метод воздействия на область ионизации пучков МЭМИ СВЧ диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург А.С. Влияние естественных и антропогенных аэрозолей на глобальный и региональный климат / А.С. Гинзбург, Д.П. Губанова, В.М. Минашкин // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. - т.ЛII, № 5 - С. 112-119.
2. Израэль Ю.А. Метеорология и гидрология / Ю.А. Израэль, 2005. - № 10. - С. 5—9.
3. Ивлев Л.С. Химический состав и структура атмосферных аэрозолей / Л.С. Ивлев // Л., Изд. ЛГУ, 1982. - 366 с.
4. Мейсон Б. Дж. Физика облаков / Б. Дж. Мейсон. - Л.: Гидрометеиздат, 1961. - 541 с.
5. Кустов М.В. Исследование механизма каплеобразования при тушении пожаров атмосферными осадками / М.В. Кустов // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ, 2011. – Вып.. 30. – С. 139-146.
6. Аэрозоль и климат. [Под ред. К.Я.Кондратьева]. Л., Гидрометеиздат, 1991. - 541 с.
7. Кондратьев К.Я. Атмосферный аэрозоль / К.Я. Кондратьев, Н.И. Москаленко, Д.В. Поздняков. // Л., Гидрометеиздат, 1983. - 224с.
8. Janicke R. Aerosol physics and chemistry. // In Landolf-Bernstein, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series. Group V, G.Fischer (Ed.), 1988, vol. 4, p. 391-457.
9. Ивлев Л.С. Физика атмосферных аэрозольных систем / Л.С. Ивлев, Ю.А. Довгалоук. — СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. — 194с.
10. Mallard G., Linstrom P.J. // NIST Standart Reference Database. 2000. Vol. 69.
11. Гуревич А.В. Ионизированный слой в газе / А.В. Гуревич // Успехи физических наук, 1980, Т. 132, в. 4, - С. 685 – 690.
12. Иванов О.А. Физико-химические процессы в плазме наносекундных СВЧ разрядов: дис. ... доктора физ.-мат. наук: 01.04.08/ Иванов Олег Андреевич. – Нижний Новгород, 2007. – 352 с.
13. Гуревич А.В. Искусственная ионизированная область как источник озона в стратосфере / А.В. Гуревич, А.Г. Литвак, А.Л. Вихарев и др. // Успехи физических наук, 2000. – Т. 170, № 11. – С. 1181 – 1202.

M. V. Kustov, Ph. D., associate Professor, V. D. Kalugin, doctor of chemistry, Professor (National University of civil protection of Ukraine)

ELECTROPHYSICAL METHOD OF INTENSIFYING PRECIPITATION OVER THE AREA OF LARGE-SCALE FIRE

The influence of the atmosphere ionization in the active sedimentation zone on the process of artificial influence on atmospheric aerosols with the aim of providing the required amount of precipitation for the elimination of various emergencies. Comparative evaluation of different methods of ionization (impact) on atmospheric aerosols. We determined the magnetic field for efficient ionization of the atmosphere.

*О.О.Островерх, кандидат педагогічних наук, доцент,
начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності
Національного університету цивільного захисту України*

АНАЛІЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

В умовах сьогодення однією із проблем, яка потребує залучення до її вирішення як науковців, так і практиків, є створення якісного законодавчого забезпечення суспільних відносин. Це актуально і щодо сфери забезпечення пожежної безпеки, котра є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього природного середовища.

Відповідно до п. 33 ст. 2 Кодексу цивільного захисту України пожежна безпека – це відсутність неприпустимого ризику виникнення і розвитку пожеж та пов'язаної з ними можливості завдання шкоди живим істотам, матеріальним цінностям і довкіллю.

Наказом МНС України № 388 від 10.10.2003 р. було створено Державний реєстр нормативних актів з питань пожежної безпеки (НАПБ), до якого включено близько 400 найменувань документів, які поділені на 4 групи різних рівнів та видів: загальнодержавні, міжгалузеві, галузеві нормативні акти, нормативні акти міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади, дія яких поширюється на підпорядковані їм підприємства, установи, організації. Державний реєстр нормативних актів з питань пожежної безпеки постійно оновлюється.

Загальнодержавні НАПБ поширюються на центральні і місцеві органи виконавчої влади, підприємства, установи та організації незалежно від форм власності й виду їх діяльності, а також па громадян. Основним загальнодержавним НАПБ є Кодекс цивільного захисту України, прийнятий 2 жовтня 2012 р. Його прийняття стало підставою для втрати чинності Закону України «Про пожежну безпеку» від 17 грудня 1993 року, який впродовж двадцяти років визначав загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України.

Відповідно до ст. 55 Кодексу цивільного захисту України (глава 13. Забезпечення пожежної безпеки):

1. Забезпечення пожежної безпеки на території України, регулювання відносин у цій сфері органів державної влади, органів місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання і громадян здійснюються відповідно до цього Кодексу, законів та інших нормативно-правових актів.

2. Діяльність із забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств, установ та організацій. Зазначена вимога відображається у трудових договорах (контрактах), статутах та положеннях.

3. Забезпечення пожежної безпеки суб'єкта господарювання покладається на власників та керівників таких суб'єктів господарювання.

4. Повноваження у сфері пожежної безпеки асоціацій, корпорацій, концернів, інших господарських об'єднань визначаються їхніми статутами або договорами між суб'єктами господарювання, що утворили об'єднання. Для виконання делегованих об'єднанню функцій у його апараті створюється служба пожежної безпеки.

5. Обов'язок із забезпечення пожежної безпеки під час проектування та забудови населених пунктів, будівництва будівель і споруд покладається на органи архітектури, замовників, забудовників, проектні та будівельні організації.

6. Обов'язок із забезпечення пожежної безпеки в жилих приміщеннях державного, комунального, громадського житлового фонду, фонду житлово-будівельних кооперативів покладається на квартиронаймачів і власників квартир, а в жилих приміщеннях приватного житлового фонду та інших спорудах, приватних житлових будинках

садибного типу, дачних і садових будинках з господарськими спорудами та будівлями - на їх власників або наймачів, якщо це обумовлено договором найму.

До загальнодержавних НАПБ також належать; Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17 лютого 2011 р., Порядок обліку пожеж та їх наслідків, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 26 грудня 2003 р. № 2030; Критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки, затверджені Постановою Кабінету Міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306; Наказ МВС України від 30.12.2014 р. № 1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» та інші.

Відповідно до Наказу МВС України від 30.12.2014 р. № 1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» (далі ППБУ) зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 05.03.2015 р. за № 252/26697:

1. ППБУ встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, споруд різного призначення та прилеглих до них територій, іншого нерухомого майна, обладнання, устаткування, що експлуатуються, будівельних майданчиків, а також під час проведення робіт з будівництва, реконструкції, реставрації, капітального ремонту, технічного переоснащення будівель та споруд (далі - об'єкт).

Вимоги цих ППБУ не поширюються на підземні споруди промислового призначення; метрополітени (крім об'єктів комерційного, торговельного та соціально-побутового призначення); тунелі; об'єкти виробництва, зберігання та утилізації вибухових і радіоактивних речовин й засобів підривань; морські та річкові споруди, що знаходяться на плаву; нафто-, газо-, продуктопроводи; лісові масиви.

2. ППБУ є обов'язковими для виконання суб'єктами господарювання, органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування (далі - підприємства), громадянами України, іноземцями та особами без громадянства, які перебувають в Україні на законних підставах.

3. Центральні органи виконавчої влади з урахуванням специфічних умов та особливостей щодо забезпечення пожежної безпеки об'єктів, віднесених до їх сфери управління, за необхідності видають галузеві правила пожежної безпеки, які не повинні суперечити ППБУ та знижувати їх вимоги.

Проекти галузевих правил пожежної безпеки погоджуються ДСНС України у порядку, визначеному законодавством.

4. Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожеж.

5. Особи, відповідальні за забезпечення пожежної безпеки на підприємствах та об'єктах, їх права та обов'язки визначаються відповідно до законодавства.

6. У разі передачі в оренду цілісного майнового комплексу або окремих його частин, приміщень, інших об'єктів за домовленістю сторін цивільно-правового договору визначаються права та обов'язки орендаря та орендодавця щодо забезпечення пожежної безпеки та відповідальності за порушення вимог пожежної безпеки на об'єкті оренди.

7. Застосування аварійно-рятувальної, протипожежної та спеціальної техніки і обладнання для запобігання пожежам та їх гасіння, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій можливе лише за наявності сертифіката відповідності.

Перелік продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації, визначається законодавством.

Міжгалузеві НАПБ поширюються на підприємства, установи та організації декількох галузей незалежно від форм власності. Це відповідні правила, положення, інструкції та розпорядження, що встановлюють загальні вимоги пожежної безпеки, обов'язкові для виконання в усіх галузях виробничого та невиробничого середовища.

До таких нормативних актів належать, зокрема: Перелік посад, при призначенні на які особи зобов'язані проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки, та порядок їх організації, затверджений наказом МНС України 29 вересня 2003 № 368; Порядок спільних дій на випадок виникнення надзвичайних ситуацій та пожеж в організаціях, установах і закладах з цілодобовим перебуванням людей, затверджений Наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України, Міністерства соціальної політики України, Міністерства охорони здоров'я України, Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 31 липня 2012 №1061/468/587/865 та інші.

Опрацювання проектів загальнодержавних, міжгалузевих НАПБ (у першу чергу, типових документів) здійснюється із залученням Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту, а також інших науково-дослідних інститутів, проектно-конструкторських установ та навчальних закладів.

Поряд із загальнодержавними та міжгалузевими НАПБ важливими для регулювання відносин забезпечення пожежної безпеки є галузеві нормативні акти. Вони поширюють свою дію па підприємства, установи та організації певної галузі. Рішення про їх розробку приймається відповідним міністерством, іншим центральним органом виконавчої влади в межах наданих їм повноважень. Тут найбільш характерними прикладами можуть бути: Правила пожежної безпеки для закладів, установ і організацій системи освіти України, затверджені наказом Міністерства освіти України і ГУДПЮ МВС України 30 вересня 1998 р, № 348/70; Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті, затверджені наказом Міністерства транспорту та зв'язку України 21 грудня 2009 № 1322 тощо.

Окрім документів, що увійшли до вищезгаданого реєстру, існує низка, міждержавних стандартів з питань пожежної безпеки, державних стандартів України (ДСТУ) з питань пожежної безпеки, галузевих стандартів з питань пожежної безпеки, нормативних документи в галузі будівництва з питань пожежної безпеки.

Також існують нормативні акти спеціального призначення, окремі розділи яких регламентують вимоги пожежної безпеки. Серед таких документів слід особливо відзначити ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», які визначають вимоги до типу виконання електрообладнання, що має використовуватись у відповідних умовах залежно від класу пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403.
2. «Правила пожежної безпеки в Україні», затверджені Наказом МВС України від 30.12.2014 р. № 1417, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 05.03.2015 р. за № 252/26697.
3. «Державний реєстр нормативних актів з питань пожежної безпеки», затверджений Наказом МНС України від 10.10.2003 №388.
4. Парпан Т.В. Сучасний стан правового регулювання пожежної безпеки в Україні / Право і суспільство № 6-2 / 2013. С.225-229.

O.A.Ostroverkh, candidate of pedagogical sciences, associate professor,
chief of department of supervisory-prophylactic activity
National university of civil defence Ukraine

ANALYSIS OF NORMATIVELY-LEGAL BASE OF UKRAINE ON QUESTIONS OF FIRE SAFETY

In the article the analysis of legislative and подзаконных normatively-legal acts of Ukraine is considered on questions of fire safety.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ В ТУШЕНИИ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Ежегодно в мире регистрируется несколько тысяч лесных пожаров. От десяти до ста наиболее сильных имеют катастрофические последствия. Возникают они в результате сочетания многих факторов. Причины лесных пожаров могут быть природные или антропогенные. Около 95% пожаров в мире происходит вследствие деятельности людей, и только 5% пожаров возникает в результате естественных причин – экстремальных погодных условий (длительных периодов жары, засухи, сильного ветра), ударов молний, извержений вулканов. При этом природные условия могут лишь способствовать воспламеняемости ЛГМ.

Еще одной причиной лесных пожаров в Украине является большое количество отходов лесопромышленности. В связи с тем, что в Украине нет комплексной программы по работе с отходами лесопромышленности, повышается вероятность возникновения и распространения пожаров [1]. Как правило, древесная щепка, ветки и другие отходы, которые остаются после санитарной очистки леса, выбрасываются и остаются гнить в оврагах. Особо опасными в отношении пожара и взрыва являются сухие опилки и древесная пыль. Эти отходы могли бы быть использованы при производстве альтернативного твердого топлива (топливных брикетов и гранул), как это делается в европейских странах. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что в Украине, как и во всем мире, причины лесных пожаров связаны в основном с антропогенной деятельностью.

Количество лесных пожаров в последнее время существенно увеличилось. Однако пик количества лесных пожаров в мире за всю историю наблюдения пришелся на последнее десятилетие прошлого века. Этому способствовало расширение землеиспользования и сельскохозяйственной деятельности, что привело к увеличению массы ЛГМ на единицу площади, а также к разрастанию количества человеческих поселений в непосредственной близости с участками леса [1].

Лесной фонд Украины почти на 50% состоит из хвойных лесов, из которых 60% занимают молодняка залеснения на сотнях тысяч гектаров созданы сосновые насаждения, достигшие возраста 15-30 лет, а это критический период в пожарном плане.

С начала 2016 года в Украине было зафиксировано и ликвидировано 2348 лесных пожаров в результате которых огнем было повреждено более 8 тыс га леса. В лесах Украины ежегодно возникает около 3000 лесных пожаров на площади более 3000 га. Наиболее пожароопасными являются области с сухим климатом - Луганская, Херсонская, Харьковская, Донецкая, Днепропетровская, Николаевская и Одесская, на которые приходится более 50% случаев лесных пожаров.

Согласно данным Центра пожарной статистики КТИФ лесные пожары составляют 8 % и 13 % от общего количества пожаров в мире в 2014 и 2015 гг. соответственно [2] Такие цифры еще раз подтверждают необходимость усовершенствования средств, способов и методов пожаротушения, применяемых в ходе борьбы с данным видом пожаров.

Особую важность приобрела проблема тушения лесных пожаров в зоне проведения антитеррористической операции в Луганской и Донецкой областях. Так, в 2014 г. в Украине было зарегистрировано 1478 случаев лесных пожаров, из которых на Донецкую и Луганскую области приходится 663 лесных пожара на площади 13722,65 га. Своевременно ликвидировать эти пожары было невозможно из-за запрета въезда пожарных машин лесхозов в лесные массивы [3].

При отсутствии доступа к месту пожара или же наличии опасности для жизни

личного состава, единственно разумным способом остановки интенсивного лесного пожара является обустройство просеки, огнепреграждающих полос. В большинстве случаев для ее создание необходимо большое количество персонала и материальных затрат (инструменты для отчистки, персонал и т.д.) которые могут быть более эффективно использованы в тушении. Тем не менее, их создание всегда можно рассматривать как вариант пассивного тушения.

Поиск альтернативных огнетушащих составов и способов их подачи показывает интерес научного мира к этой проблеме. В последнее время разным аспектам проблемы тушения лесных пожаров были посвящены исследования отечественных и зарубежных ученых. Так, для борьбы с лесными пожарами предлагается применение химического замедлителя горения – хлорида магния (бишофита) [4]; привлечение авиации [5]. Повышение эффективности борьбы с лесными пожарами связывают с использованием водо-пенных средств пожаротушения [6], а также использованием метода контролируемого выгорания [7].

Как альтернатива гелеобразующим системам (ГОС) [8] для тушения низовых лесных пожаров было предложено использовать пенообразующие системы с внешним пенообразованием (ПОС) [9]. Основным достоинством ПОС является то, что образуемая в ней пена обладает большими проникающими способностями в сравнение с ГОС. В ПОС предусматривается раздельная подача двух жидких компонентов с пенообразователем в распыленном виде. При попадании на лесную подстилку компоненты смешиваются и образуют пену. Данная система позволяет образовывать пену, как на поверхности, так и в слоях подстилки. Для образования пены в слоях подстилки необходима последовательная подача компонентов, что обеспечивает проникновение компонентов в глубь подстилки.

Для этого предложено два подхода. Первый предполагает использование ПОС с одновременно-раздельной подачей, в результате чего образуется пена на поверхности образца. Второй подход включает последовательно-раздельную подачу компонентов ПОС с поочередным прониканием компонентов в глубь образца и образованием пены в слоях подстилки.

В качестве пенообразующих систем нами были выбраны насыщенные растворы компонентов с пенообразователем (ПО) 6%: $\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 1); $\text{NaHCO}_3 + \text{аммофос}$ (ПОС 2); $\text{NaHCO}_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 3); углеаммонийная соль + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 4); углеаммонийная соль + аммофос (ПОС 5); углеаммонийная соль + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (ПОС 6).

В качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) использовались пенообразователь общего назначения «Альпен», «Морской» и пищевой пенообразователь-экстракт мыльного корня (ЭМК).

Для изучения влияния обработки ПОС лесной подстилки на распространение пламени были проведены исследования аналогичные проведенные ранее с ГОС [8]. При этом использовался ПОС с содержанием ПО 6%. Использовались насыщенные растворы компонентов ПОС общим объемом наносимого раствора 50 мл.

Огнетушащее вещество наносилось с помощью бытовых распылителей на подготовленную подстилку. Ширина обрабатываемой подстилки составляла 10x30 см. Обработанные участки находились на расстоянии 10 см от места поджога. Далее проводилось поджигание подстилки и визуальное наблюдение за продвижением фронта пламени.

Лабораторные опыты проводились в двух вариантах – без сушки обрабатываемой подстилки (время поджога не более 5 минут после обработки) и с сушкой подстилки в течение 20-24 часов при температуре 20-25°C.

Анализ результатов эксперимента позволяет заключить, что ПОС имеет значительно лучшие показатели проникаемости в глубь лесной подстилки по сравнению с ГОС. При последовательной подаче ПОС компоненты состава проникают вглубь подстилки и там образуют пену. При одновременной подаче, пена образовывается на поверхности подстилки и постепенно проникает внутрь ее.

Было отмечено, что после нанесения некоторых ПОС пена быстро разрушалась, и уже жидкие компоненты проходили вглубь подстилки.

При длительной сушке обработанного участка лесной хвойной подстилки наблюдалось остаточная влажность, но не одна из систем не предотвратила распространение горения.

Таким образом, в результате эксперимента установлено, что ПОС не уступает ГОС и воде по огнезащитным свойствам по отношению к лесной хвойной подстилке толщиной 5 см при её нанесении непосредственно перед фронтом пожара. В случае заблаговременного нанесения ПОС на защищаемую подстилку и длительной сушке, последняя не осуществляет огнезащитных действий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования. – Херсон: Гринь Д.С., 2011. – 470 с.
2. World Fire Statistics [Электронный ресурс] / Center of Fire Statistics, International Association of Fire and Rescue Services ; [ed. by N. N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.V.Sokolov, P.Wagner]. – 2016. – Vol. 21. – 62 p. – Режим доступа до ресурсу: http://www.ctif.org/sites/default/files/ctif_report21_world_fire_statistics_2016.pdf
3. Национальный доклад о состоянии техногенной и природной безопасности в Украине в 2014 году / Перепелятников Г.П., Перепелятникова Л.В., Калиненко Л.В., Помазанова Т.И. // [Электронный ресурс] – Украинский НИИГЗ ГСЧС Украины, 2015. – С.154 Режим доступа: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf.
4. Применение бишофита для тушения лесных и степных пожаров <http://bishofit.in.ua/price/14->
5. Патент 87907 Україна. МПК51 А62С 3/00. Спосіб гасіння лісової пожежі та вогнегасник для його здійснення Зубенко В.Є Заявка №а200712249 від 05.11.2007 Патент опубліковано 25.08.2009, бюл. №16/2009
6. Залесов С.В. Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров/ С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, А.А. Кректунов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12757> (дата обращения: 03.03.2016).
7. Гундар С.В. Управление лесными пожарами/ С.В. Гундар, А.В. Подгрушный // Пожаровзрывобезопасность. 2006. Т. 15. № 4. С. 74 – 80.
8. Савельев Д.И. Повышение эффективности использования гелеобразующих составов при борьбе с низовыми лесными пожарами / Д.И. Савельев, А.А. Киреев, К.В. Жерноклев // Проблемы пожарной безопасности, Харьков, НУЦЗУ, 2016, вып. 39 – С. 237-242.
9. Киреев А.А. Пути повышения эффективности пенного пожаротушения / А.А. Киреев, А.Н. Коленов // Проблемы пожарной безопасности.– 2008.– вып.24.– С.50-53.

D. Saveliev, PhD student, M. Chirkin, Ph. D., A. A. Kireev, Dr. of Sciences., associate Professor, National University of civil protection of Ukraine

RESEARCH OF POSSIBILITY OF APPLICATION OF FOAMING SYSTEMS IN THE FIGHTING GROUND FOREST FIR

The causes and increased risk of forest fires. The statistics of forest fires over the last few years in Ukraine. The results of laboratory studies of the prevention of the proliferation of grassroots sustainable forest fires when using the foam-forming fire-extinguishing systems. Studied oneprogramme properties of forest litter treated foaming systems, while at the same time-separate and consistent supply of components.

*О.В. Савченко, канд. техн. наук, ст. наук співр., заст. нач. каф. НУЦЗУ,
Є.І. Стецюк, ст. виклад., НУЦЗУ*

ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА СКЛАДАХ ЗБЕРІГАННЯ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ БОЄПРИПАСІВ

Станом на початок 2013 року на 159 базах, складах та арсеналах Збройних Сил України, зберігалось близько 2,5 млн. тонн ракет і боєприпасів, з них близько 1,3 млн. тонн підлягали утилізації, а 440 тис. тонн були непридатні до використання та збереження.

До існуючих проблем зберігання боєприпасів відносяться: 12% місць зберігання боезапасу не обладнано блискавкозахисними спорудами, 43% місць зберігання військових засобів ураження не обнесено захисними валами, 97% дерев'яних конструкцій сховищ не оброблено вогнезахисною сумішшю, 55% місць зберігання боєприпасів не обладнано автоматичною пожежною сигналізацією.

На території деяких військових частин відсутні системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей. Більше 14% штабелів на майданчиках відкритого зберігання не захищені від сонячних променів та атмосферних опадів, штабелі мають небезпечний нахил.

Це утворює реальну загрозу виникнення техногенно-екологічних катастроф, що підтверджується випадками вибухів боєприпасів на базах Міністерства оборони України (МО України)[1].

Під час надзвичайної ситуації, яка виникла 27 серпня 2008 року на території 61 арсеналу (військова частина А0829) поблизу міста Лозова Харківської області за оцінками спеціалістів із 97,4 тис. тон боєприпасів, які на той час зберігалися, в осередках пожежі та вибухів опинилося понад 85,5 тис. тонн боєприпасів (90%), частина яких детонувала, а решта була пошкоджена та розкидана в межах технічної території арсеналу.

Неушкодженими залишилось близько 7,5 тис. тонн (10%), які зберігалися в 11 сховищах та на 1 майданчику відкритого зберігання. Саме велика кількість майданчиків відкритого зберігання боєприпасів сприяє поширенню аварії. Наприклад, на технічній території 61 арсеналу було обладнано 134 місця зберігання боєприпасів, з них 45 капітальних сховищ (33%), а решта – майданчики відкритого зберігання (67%) [2].

Ліквідація пожежі на складі зберігання боєприпасів, без масштабних наслідків, можлива лише у перші хвилини, тому виникає необхідність проведення наукових досліджень щодо розробки нових вогнегасних речовин і тактичних прийомів, які дозволять скоротити час гасіння і не допустити переходу пожежі у НС з вибухами.

Аналіз номенклатури та кількості боєприпасів та ракет, що зберігалися на 61 арсеналі МО України засвідчив: найбільшу кількість складають боєприпаси до зенітної, танкової, наземної та морської артилерії (табл.1).

Таблиця 1 Кількість боєприпасів та ракет, що зберігалися на 61 арсеналі МО України (м. Лозова)

| № п/п | Найменування | Всього, (т) |
|-------|---|-------------|
| 1. | Патрони до стрілецької зброї | 16849,11 |
| 2. | Піротехнічні засоби | 153,80 |
| 3. | Елементи динамічного захисту броні танків | 139,05 |
| 4. | Ручні гранати | 1927,17 |
| 5. | Гранатометні постріли | 417,76 |
| 6. | Боєприпаси до ЗА | 5849,98 |

| | | |
|-----|---------------------------------|----------|
| 7. | Боєприпаси до ТА | 31390,65 |
| 8. | Боєприпаси до НА | 11047,20 |
| 9. | Боєприпаси до МА | 18604,69 |
| 10. | Імітатори повітряної цілі | 11,06 |
| 11. | Освітлювальні реактивні снаряди | 0,88 |
| 12. | Тактичні ракети | 263,61 |
| 13. | ГЧ до тактичних ракет | 90,80 |
| 14. | Керовані ракети | 743,33 |
| 15. | в т.ч. ПЗРК (ЗРК) | 1,81 |
| 16. | в т.ч. ПТКР | 741,52 |
| 17. | Учебні боєприпаси, ракети | 681,01 |
| 18. | Елементи боєприпасів і ракет | 3720,62 |
| 19. | Тара, підкладки, арматура | 843,01 |
| 20. | ВСЬОГО | 92733,73 |

В свою чергу серед наведених боєприпасів найбільш небезпечними є осколочно-фугасні снаряди 122 мм і 152 мм (табл.2.).

Таблиця 2. Кількість осколочно-фугасних снарядів 122 мм і 152 мм на 61 арсеналі МО України (м. Лозова)

| | Тип та калібр боєприпасу | ВСЬОГО ШТ | вага ТОНН |
|-----|---|--------------|--------------|
| 1. | 125мм до Д-81 ВОФ36 з.сп. | 62690 | 3761,4 |
| 2. | 125мм до Д-81 ВОФ36 н.сп. | 197875 | 11872,5 |
| 3. | 152мм до 2А36 ВОФ39 з.сп. | 4433 | 270,413 |
| 4. | 152мм до 2А36 ВОФ39 н.сп. | 12232 | 746,152 |
| 5. | 152мм до 2А36 ВОФ40 з.сп. | 1979 | 120,719 |
| 6. | 152мм до 2А36 ВОФ40 н.сп. | 7218 | 440,298 |
| 7. | 122мм до Д-30 ВОФ5 з.сп. | 1639 | 68,0185 |
| 8. | 122мм до Д-30 ВОФ5 н.сп. | 1387 | 57,5605 |
| 9. | 122мм до Д-30 ВОФ6 з.сп. | 7573 | 314,2795 |
| 10. | 122мм до Д-30 ВОФ6 н.сп. | 212 | 8,798 |
| 11. | 122мм до Д-30 ВОФ14 н.сп. | 256 | 11,136 |
| 12. | 122мм до Д-30 ВОФ15 н.сп. | 2 | 0,084 |
| 13. | 122мм до Д-30 ВОФ29 з.сп. | 2823 | 117,1545 |
| 14. | 122мм до Д-30 ВОФ29 н.сп. | 7856 | 326,024 |
| 15. | 122мм до Д-30 ВОФ30 з.сп. | 630 | 25,2 |
| 16. | 122мм до Д-30 ВОФ30 н.сп. | 2257 | 90,28 |
| 17. | 122мм до Д-30 ВОФ81 з.сп. | 698 | 28,967 |
| 18. | 122мм до Д-30 ВОФ81 н.сп. | 7365 | 305,6475 |
| 19. | 122мм до Д-30 ВОФ82 з.сп. | 726 | 29,04 |
| 20. | 122мм до Д-30 ВОФ82 н.сп. | 44008 | 1760,32 |
| 21. | 122мм до М30 ппз інд. ВОФ-463М не з.сп. | 2 | 0,075 |
| 22. | 122мм до М30 ппз інд. ВОФ31 не з.сп. | 2 | 0,075 |
| 23. | 122мм до М30 ппз інд. ВОФ80 не з.сп. | 2323 | 87,1125 |
| 24. | 152мм до 2А65 ппз ВОФ58 н.сп. | 6065 | 491,265 |

| | | | |
|-----|--------------------------------|--------|-----------|
| 25. | 152мм до 2А65 упз ВОФ73 з.сп. | 76 | 5,852 |
| 26. | 152мм до 2А65 упз ВОФ73 н.сп. | 3394 | 261,338 |
| 27. | 152мм до 2А65 дз ВОФ72 н.сп. | 1496 | 125,664 |
| 28. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ-546 з.сп. | 1 | 0,082 |
| 29. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ-546 н.сп. | 677 | 55,514 |
| 30. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ-546У н.сп. | 629 | 47,804 |
| 31. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ32 з.сп. | 1 | 0,082 |
| 32. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ32 н.сп. | 40318 | 3306,076 |
| 33. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ33 з.сп. | 463 | 36,114 |
| 34. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ33 н.сп. | 11875 | 926,25 |
| 35. | 152мм до МЛ,Д20 ВОФ27 з.сп. | 611 | 51,324 |
| | Разом | 431792 | 25748,619 |

Отже із 92733,73 тон. боєприпасів 25748,619 тон (27,8 %) складають осколочно-фугасні снаряди 122 мм и 152 мм [3] і саме ці снаряди становлять найбільшу потенційну небезпеку за факторами дії вибуху на сховища.

Зберігання більшості боєприпасів відбувається у дерев'яній тарі, підкладки які використовуються при встановленні штабелів також із дерева, тому саме деревина є основним ТГМ якій у разі пожежі необхідно гасити чи захищати від загоряння.

Найбільш поширеним засобом пожежогасіння є вода. Це пояснюється її доступністю, легкістю подачі, дешевизною та відсутністю токсичної дії на людину. Але внаслідок великого поверхневого натягу та незначної в'язкості, використання води при гасінні приводить до великих втрат вогнегасної речовини.

В роботі [4] з метою скорочення часу пожежогасіння, в якості вогнегасної речовини було запропоновано використання гелеутворюючих систем (ГУС).

Один з компонентів ГУС являє собою розчин гелеутворюючого компонента - сульфату лужного металу. Другий компонент - розчин силікату. При одночасній подачі двох складів вони змішуються на поверхнях, що горять або захищаються. Гель утворює на поверхні нетекучий вогнезахисний шар. Цей шар міцно закріплюється на вертикальних і похилих поверхнях.

У порівнянні з водою гелутворюючі системи мають перевагу, що полягає в суттєвому зменшенні втрат вогнегасної речовини за рахунок стікання з похилих і вертикальних поверхонь. Іншою перевагою ГУС є їх висока вогнезахисна дія. Вогнезахисна дія ГУС на першому етапі зумовлена охолоджуючою дією води, що міститься в гелі. Після випаровування всієї води утворюється пористий шар висушеного гелю (ксероргель) який ускладнює займання поверхні на якій він нанесений за рахунок своєї низької теплопровідності.

В роботі [5] наведені дані, що ГУС мають добру адгезію до деревини, ДСП, ДВП, ПВХ. Згідно з висновками роботи найбільш перспективною вогнегасячою й вогнезахисною (для оперативного захисту конструкцій) гелеутворюючою системою є $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$.

Проведемо аналіз можливості застосування ГУС для оперативного захисту тари з боєприпасами від теплового впливу пожежі.

В роботі [6] було встановлено час теплозахисної дії ГУС. Досліди проводились на зразках з деревини. Час теплозахисної дії ГУС оцінювався за досяганням поверхні, що обігривається, температури 200 °С.

Принципова схема досліду наведена на рис. 1.

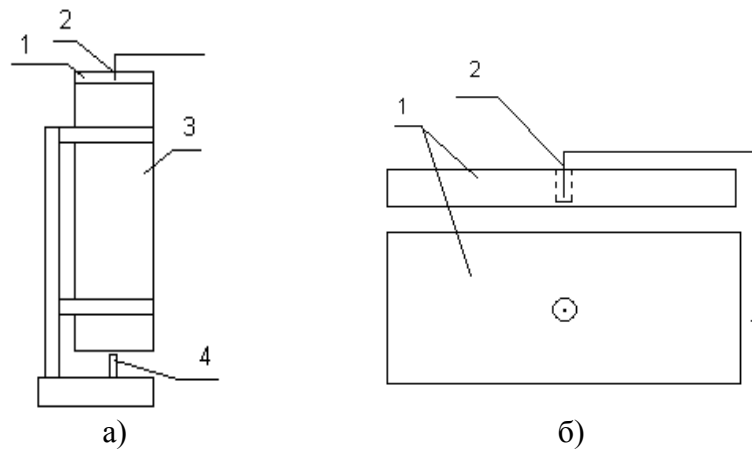


Рис.1 Принципова схема дослідження теплозахисної дії ГУС
(а – схема установки зразка для дослідження; б – схема влаштування термопари (ТХА) у зразку)

1 – зразок; 2 – термопара; 3 - вогнева камера; 4 – пальник.

За результатами дослідження встановлено, що середній час досягнення критичної температури необроблених зразків деревини становить 106 с, зразків оброблених водою методом занурення (час занурення 1 хвилина) – 230 с, а нанесення ГУС на зразки, дозволило збільшити час досягнення температури 200°C до 470 с (рис. 2.).

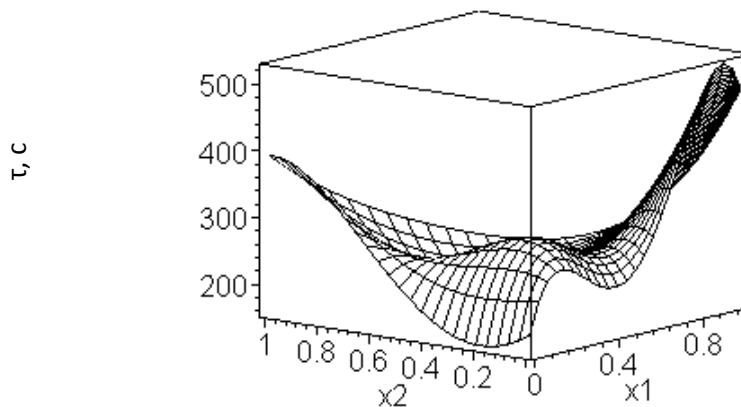


Рис. 2 Поверхня відклику за результатами дослідження часу теплозахисної дії від масового вмісту каталізатора гелеутворення (x_1) та гелеутворювача (x_2) для системи $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$

Слід відмітити, що гексоген ($\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$) – вторинна (бризантна) вибухова речовина, що входить до складу найбільш небезпечних боєприпасів представлених в табл.2, має температуру спалаху 230°C . Для тротилу (Тринітротолуол – $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$) температура спалаху 290°C [7]. А враховуючи фізико-хімічні характеристики та температуру плавлення гексогену ($204,1^{\circ}\text{C}$) значення критичної температури для боєприпасів складає $190\text{-}200^{\circ}\text{C}$.

Отже, під час пожежі, крім недопущення займання дерев'яної тари, необхідно унеможливити досягнення боєприпасами критичних температур.

Використання ГУС дозволяє збільшити час прогріву деревини більше ніж у 2 рази у порівнянні з водою. Слід відмітити, що у розглянутому експерименті використання води проводилось, фактично, за ідеальних умов – методом занурення зразка у воду на 1 хвилину. Для забезпечення таких умов на практиці, воду на вертикальні стінки тари для боєприпасів необхідно подавати без зупинки, що є неможливим. У той же час, при

необхідності товщину шару гелю можна збільшувати (експериментально до 40 мм), що буде приводити до збільшення часу теплозахисної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія тимчасового зберігання боєприпасів на території 275 артилерійської бази ракет і боєприпасів Міністерства оборони на період ліквідації наслідків надзвичайної ситуації. Схвалено Урядовою комісією з розслідування причин виникнення надзвичайної ситуації на території 275 артилерійської бази ракет та боєприпасів (рішення від 23 листопада 2006 року), 2006. – 24 с.

2. Технічне рішення на здійснення тимчасового зберігання боєприпасів на технічній території 61 арсеналу Міноборони. Погоджено з Міністерством оборони України, Міністерством охорони навколишнього природного середовища, Державним науково-дослідним інститутом хімічних продуктів, Державним комітетом з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. 2006. – 20 с.

3. Технічне рішення на здійснення тимчасового зберігання боєприпасів на технічній території 61 арсеналу Міноборони. Погоджено з Міністерством оборони України, Міністерством охорони навколишнього природного середовища, Державним науково-дослідним інститутом хімічних продуктів, Державним комітетом з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. 2013. – 13 с.

4. Киреев А.А. Пути совершенствования методов тушения пожаров в жилом секторе / А.А. Киреев, А.В. Савченко, О.Н. Щербина // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков, 2004. – Вып 16.– С. 90 – 94.

5. Савченко О.В. / Використання гелеутворюючих систем для оперативного захисту конструкцій та матеріалів при гасінні пожеж / О.В. Савченко, О.О. Островерх, О.М. Семків, С.В. Волков // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков, 2012. – Вып. 32. – С.180 – 188.

6. Киреев О.О., Савченко О.В., Тарасова Г.В., Александров О.В. Дослідження теплозахисної дії гелевих плівок // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. АГЗ Украины - Вып. 18 – Харьков: Фолио, 2005. – С. 82 –86.

7. Орлова Е. Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Учебник для вузов. — Изд. 3-е, перераб. — Л.: Химия, ленинградское отделение, 1981. — 312 с.

A.V. Savchenko, Y.I. Stetsiuk

USE GELLING SYSTEMS TO PREVENT EMERGENCIES IN STOCK STORAGE ARTILLERY AMMUNITION

In the analysis, the main problems of storage of ammunition. The most dangerous, the number stored in the warehouses and the possible consequences, the types of ammunition. Rationale for the use of gelling systems for operational protection of containers for storing artillery munitions against heat of fire.

FIRE PROTECTION AND EXTINGUISHING FOR MARINE APPLICATIONS

The requirements for on-board fire protection systems for sea-going vessels are, in many ways, the same as those for land-based installations. The system must be capable of extinguishing a fire rapidly, safe for personnel in the vicinity, and it must be clean in operation, so that residue from the extinguishing agent itself does not add to damage caused by the fire.

Marine applications do, however, have additional requirements. The extinguishing agent must be easy to transport, and it must take up the least amount of storage space. Ideally, it should also be possible to re-charge the system while the vessel is at sea to quickly restore operations and maintain protection even after a fire.

For many years, the extinguishing agent that came closest to meeting these requirements was halon, and it was very widely used. Indeed, many existing shipboard installations are still halon-based. Halon, however, has severe environmental shortcomings – it causes significant damage to the ozone layer, and it has a high global warming potential.

For these reasons, its production has been banned in developed countries since the early 1990s, which means that halon-based systems still in use can only be recharged using recycled gas. In addition, since no new systems of this type have been manufactured for more than a decade, spare parts that may be required for maintenance are now becoming more difficult to obtain. Consequently, those specifying new marine fire protection installations have relied on halon alternatives for many years, and the time is rapidly approaching when operators of vessels with existing halon extinguishing systems will have to follow suit due to a rapidly diminishing supply of available halon.

But, what are the alternatives to halon? The most popular class of compounds has been hydrofluorocarbons (HFCs). These agents have the required zero ozone depletion potential, but their high global warming potential and long atmospheric lifetime means that they still give rise to environmental concerns.

Indeed, consistent with the Kyoto Protocol regulatory entities around the globe have already implemented or are investigating strategies to reduce emissions of HFCs. Whether these strategies include reporting requirements, leak testing, or outright restrictions on use, it is clear that substantial barriers for use of HFCs are or will impact this sector. This means that anyone installing an HFC-based system today may well face the need for expensive upgrades and modifications during the lifetime of that system.

Fortunately, there is an advanced extinguishing agent that provides an effective sustainable alternative to halons and HFCs in marine and many other applications. This agent is 3M™ Novec™ 1230 Fire Protection Fluid.

Let's start by examining its environmental credentials. Just like HFCs, Novec 1230 fluid has zero ozone depletion potential, but it also has the extremely low global warming potential of just one, compared with around 3,220 (2007 IPCC) for the most common HFCs. Novec 1230 fluid has an atmospheric lifetime of just five days, whereas the corresponding figure for HFCs is nearly 30 years.

In fact, 3M's confidence in Novec 1230 fluid is backed by a unique warranty. Under the terms of 3M™ Blue SkySM Warranty if, during the 20 years after system commissioning, Novec 1230 fluid is banned or restricted in use as a fire protection agent because of its ozone depletion or global warming potential, 3M will refund the price of the fluid.

The merits of Novec 1230 fluid are by no means confined to its environmental characteristics – it also offers a wide margin of safety. To be effective in extinguishing fires, Novec 1230 fluid needs to be used in concentrations of between 4% and 6%. Its no observable adverse effects level (NOAEL) derived from safety studies is, however, 10%. Therefore, there is

a large margin (67%-150%) of safety between typical design concentrations and the NOAEL for Novec 1230 fluid.

In marine applications, this is important, because the complex geometry of shipboard rooms, and the frequent presence of pipes, ducts, etc., makes it difficult to accurately calculate the volumes of spaces to be protected. This, in turn, makes it difficult to determine effective design concentrations. Therefore, design engineers are afforded more flexibility with extinguishing agents that inherently provide a large margin of safety.

Novec 1230 fluid extinguishes by its cooling effect. It is designed for use in flooding applications. It is non-conductive and non-corrosive, so it is suitable for use even in the presence of delicate equipment, such as radar, computer and telecommunications installations. In addition, unlike foam and powder extinguishing agents, it leaves no residue, so no costly and time-consuming clean up is needed after it has been discharged.

Unlike almost every other extinguishing agent, Novec 1230 fluid is a liquid at room temperature and forms a gas when it is discharged. This brings big benefits because as a liquid, it can be shipped and stored in non-pressurized containers. It also means that installations can be recharged by liquid transfer.

This is a big advantage for shipboard use, as the fire protection system can be put back into full operation after a discharge without requiring the vessel to return to port. Plus, the cylinders of Novec 1230 fluid occupy much less space than CO₂ and no more space than other in-kind gaseous extinguishing agents.

For new marine fire protection installations, halon is clearly no longer an acceptable choice as an extinguishing agent, and there are already serious environmental concerns over HFCs. Novec 1230 fluid, however, with its excellent environmental profile, is a sustainable technology. It offers many added benefits: ease of transport and handling, a large margin of safety and top performance, making it a viable choice for marine fire system designers and specifiers, ship owners and operators.

Product Use: All statements, technical information and recommendations contained in this document are based on tests or experience that 3M believes are reliable. However, many factors beyond 3M's control can affect the use and performance of a 3M product in a particular application, including conditions under which the product is used and the time and environmental conditions in which the product is expected to perform. Since these factors are uniquely within the user's knowledge and control, it is essential that the user evaluate the 3M product to determine whether it is fit for a particular purpose and suitable for the user's method of application.

REFERENCES

1. http://multimedia.3m.com/mws/mediawebsserver?mwsId=SSSSSuUn_zu8l00x482xNx29Mv70k17zHvu9lxtD7SSSSSS--

2. Kolenko, I. P.; T. I. Filyakova, A. Ya Zapevalov, É P. Lur'e (1979-11-01). «Fluoroolefin oxides. 1. A new method of synthesis of perfluorinated epoxyalkanes». *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR, Division of chemical science* **28** (11): 2323–2326.

СЕКЦІЯ 4. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА В ПРОМИСЛОВОСТІ

С.І. Азаров, д.т.н., с.н.с., Інститут ядерних досліджень НАН України; В.Л. Сидоренко, к.т.н., доцент, А.М. Демків, Інститут державного управління у сфері цивільного захисту

МОЖЛИВІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ

Аналіз пожежного ризику необхідний для того, щоб дати об'єктивні дані для ухвалення рішення, наприклад, для визначення ступеня пожежної безпеки об'єкта достатньої або про необхідність проведення додаткових протипожежних заходів. Тому метод аналізу пожежного ризику, ступінь його подробиць і конкретна методика проведення повинні визначатися відповідно тому, які мети проведення аналізу ризику, наявні ресурси (включаючи необхідне програмне забезпечення, знання, навички і досвід людей, що проводять аналіз), різні обмеження та прийняті допущення. Важливо також визначити, хто є споживачем отриманої в результаті аналізу ризику інформації, і яким чином буде здійснюватися перевірка вірогідності зроблених у ході аналізу висновків.

Оцінка пожежного ризику на виробничому об'єкті має передбачати:

- аналіз пожежної небезпеки виробничого об'єкта;
- визначення частоти реалізації пожежонебезпечних аварійних ситуацій на виробничому об'єкті;
- побудова полів небезпечних чинників пожежі щодо різноманітних сценаріїв його розвитку;
- оцінку наслідків впливу небезпечних чинників пожежі на людей щодо різноманітних сценаріїв його розвитку;
- обчислення пожежного ризику.

Аналіз пожежної небезпеки виробничих об'єктів має передбачати:

- аналіз пожежної небезпеки технологічного середовища і параметрів технологічних процесів на виробничому об'єкті;
- визначення переліку пожежонебезпечних аварійних ситуацій для кожного технологічного процесу;
- визначення переліку причин виникнення пожежонебезпечних аварійних ситуацій кожного технологічного процесу;
- побудова сценаріїв виникнення та розвитку пожеж з загибеллю людей.

Для визначення частоти реалізації пожежонебезпечних ситуацій на виробничому об'єкті використовується інформація:

- 1) про відмову обладнання, що використовується на виробничому об'єкті;
- 2) про параметри надійності використовуваного на виробничому об'єкті обладнання;
- 3) про помилкові дії персоналу виробничого об'єкта;
- 4) про гідрометеорологічної обстановки в районі розміщення виробничого об'єкту;
- 5) про географічні особливості місцевості в районі розміщення виробничого об'єкту.

Якісні методи найбільш актуальні на первинному етапі аналізу пожежного ризику. Вже на рівні якісного аналізу найчастіше можна виявити об'єкти або системи, що представляють найбільшу пожежну небезпеку, або події, що з найбільшою ймовірністю здатні викликати виникнення пожежі й т.п. Важливу роль при якісному аналізі може відіграти зіставлення з вже проведеним аналізом пожежного ризику для аналогічних об'єктів. Оскільки критерії й оцінки формулюються на якісному рівні (наприклад, велика або мала ймовірність, серйозні або незначні наслідки) вирішальна роль має наявний досвід проведення подібного аналізу.

Кількісна оцінка ризику на основі ймовірнісного підходу є основою значного числа сучасних методик аналізу пожежних ризиків. Найбільш послідовну реалізацію кількісні методи знаходять у вигляді аналізу логічних дерев подій з використанням статистичних

даних і математичного моделювання для оцінки ймовірностей розгалуження і можливих наслідків для кожного сценарію. До переваг такого підходу слід віднести докладний аналіз усіх можливих сценаріїв розвитку пожеж, кількісну оцінку їх небезпеки, встановлення взаємозв'язку між різними подіями.

Таким чином, кількісна оцінка ризику зводиться до виявлення можливих сценаріїв розвитку небезпечної ситуації і визначенню наслідків кожного сценарію. Методи кількісного аналізу ризику з успіхом застосовуються для оцінки небезпек у таких галузях техніки, як машинобудування, аерокосмічна галузь, ядерна енергетика тощо. До теперішнього часу розроблений і з успіхом застосовується формальний апарат аналізу ризику, що включає побудова логічних дерев (дерево відмов, що дозволяє аналізувати сукупність подій, які привели до настання заданого результату; дерево подій, що дозволяє аналізувати наслідки даної ініціюючої події), оцінка невизначеності, аналіз чутливості і т.і. Наприклад, дерево відмов може бути використане для оцінки ймовірності виникнення аварійної ситуації, а дерево подій при аналізі різних шляхів розвитку аварійної ситуації і визначенні її наслідків. При оцінці ймовірностей окремих подій використовуються статистичні дані, а ймовірний збиток при кожному сценарії може визначатися методами математичного моделювання.

Однак високий ступінь деталізації аналізу несе в собі й основний недолік кількісних методів – їх високу трудомісткість. Розгалуженість логічних дерев подій зростає з ускладненням об'єкта аналізу. Кількісні методи припускають наявність в експертах уміння проводити досить складний математичний аналіз, особливо при використанні зонних, інтегральних або польових моделей для розрахунків розвитку пожежі, поширення диму й оцінки супутніх уражаючих факторів. Для моделювання сценаріїв розвитку пожежі потрібне наявність відповідного програмного забезпечення, уміння аналізувати результати розрахунків з урахуванням особливостей моделей і закладених у них обмежень. Істотним обмежуючим фактором для застосування кількісних методів може виявитися відсутність або недостатня якість статистичних даних, на основі яких оцінюються ймовірності окремих подій. При цьому необхідно забезпечити, щоб не виявилися пропущеними сценарії з малою ймовірністю, але катастрофічними наслідками, і, з іншого боку, сценарії з відносно малим збитком, але великою ймовірністю, оскільки внесок обох груп сценаріїв у підсумковий ризик може виявитися значним.

Важливим питанням є точність одержуваної кількісної оцінки ризику. Вона залежить як від наявності й якості наявної статистичної інформації (для визначення ймовірностей переходів між галузями логічних дерев), так і від неточностей, внесених математичними моделями, що використовувалися для розрахунків наслідків сценаріїв (наприклад, моделі поширення полум'я і диму, надійності протипожежних перешкод, евакуації людей і т.д.). На жаль, через високу трудомісткість зазначеного методу проведення повноцінного аналізу виявляється можливим лише в найпростіших випадках, оскільки воно потребує виконання численних розрахунків при варіюванні кожного визначального параметра.

В умовах, коли кількісний аналіз ризику на основі імовірнісних методів виявляється скрутним або неможливим, внаслідок недостатності статистичних даних, відсутності або незадовільної точності математичних моделей, велике значення набувають індексні методи, що реалізують евристичний підхід. Загальний принцип, що лежить в основі індексних методів, полягає у виявленні певного числа факторів, що характеризують стан системи (при цьому фактори можуть бути різними, у тому числі, що не піддаються прямому порівнянню). Кожному фактору системи за встановленими правилами приписується певне число балів, тобто проводиться оцінка стану системи з різних точок зору. Отримані бали потім обробляються, в результаті чого виводиться остаточний показник, або індекс, що характеризує загальний стан системи.

Розглянемо метод FRAME (Fire Risk Assessment Method for Engineering), що розвивається в Бельгії протягом більш ніж 30 років. Пожежний ризик оцінюється з трьох

точок зору:

- 1) прямий матеріальний ризик (знищення майна);
- 2) ризик для людей;
- 3) ризик непрямих економічних втрат (зупинка виробництва).

При створенні FRAME на основі логічних дерев подій і відмов були проаналізовані причинно-наслідкові зв'язки між подіями, що можливі при пожежі, що знайшло відбиття у використуваних розрахункових формулах. З погляду практичного застосування індексні методи аналізу ризику, на відміну від якісних методів, дають кількісну оцінку рівня ризику, але відрізняються простотою, мінімальними обчислювальними вимогами і можливістю швидкої оцінки рівня пожежної безпеки на основі невеликого числа параметрів. Будь-який індексний метод, по суті, являє собою просту модель складної системи і є важливою сполучною ланкою між теоретичними моделями цієї системи і реальними умовами. Індексні методи дозволяють провести швидкий аналіз рівня пожежної безпеки об'єкта, а також визначити необхідність впровадження додаткових протипожежних заходів.

Для успішного застосування індексних методів (як і інших методів аналізу пожежного ризику) необхідно розуміти їхнє призначення й область застосування. Зокрема, не можна тільки на підставі високого підсумкового індексу зневажати якими-небудь нормативними заходами, що забезпечують протипожежний захист. Не є індексні методи й інструментом проектування інженерних систем протипожежного захисту. Так, безпечна відстань між будинками повинна обґрунтовуватися інженерними розрахунками теплових потоків і вогнестійкості, а не добором комбінації балів, що дають прийнятний підсумковий індекс ризику. Однак на користь індексних методів говорить, насамперед, наявний досвід їх практичного використання в найрізноманітніших областях. Крім того, деякі індексні методи використовують елементи багатокритеріального аналізу при виборі атрибутів пожежної безпеки й установленні вагових множників або аналіз причинно-наслідкових зв'язків при виборі атрибутів і функціональних залежностей, що надає більшу обґрунтованість відповідним методам індексації пожежного ризику.

Для використання індексного методу експерт, що робить оцінку індивідуальних факторів, повинен мати знання в області пожежної безпеки. При цьому від нього не потрібно знань і досвіду в області теорії ймовірності, диференціальних рівнянь, чисельних методів, як при використанні імовірнісного підходу і моделюванні розвитку пожежі на основі зонних або польових моделей. З цього погляду індексні методи є оптимальними з погляду співвідношення інформативності і працезатрат для проведення аналізу пожежного ризику типових будинків і споруд. Апарат повного кількісного аналізу (імовірнісний підхід), що вимагає значно більш істотних тимчасових, матеріальних і людських ресурсів, слід застосовувати для нетипових будинків. Крім того, індексний метод може дати обґрунтування необхідності проведення повного імовірнісного аналізу для найбільше пожежонебезпечних ситуацій, тим самим заощаджуючи ресурси на проведення аналізу ризику там, де це не потрібно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: теория и практика. – 2-ое изд. – М.: Полимедиа, 2002. – 192 с.

S.I. Azarov, Doc. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine; V.L. Sydorenko, Cand. of Sc., Assoc. Prof.; A.M. Demkiv, Institute of the Public Administration in Sphere of the Civil Protection

POSSIBLE METHODS FOR THE ANALYSIS OF FIRE RISK

The possible methods for the analysis of fire risk. The possibility of using qualitative, quantitative and index of fire risk assessment methods and their comparative analysis is presented. Their advantages and disadvantages in practical application showing.

ОБОБЩЕННАЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ПОЛИМЕРОВ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Известно, что в каждом режиме механического воздействия, при постоянной или переменной температуре, работоспособность полимеров определяется способностью противостоять разрушению и размягчению. Применительно к вертикальным конструкциям, работоспособность отождествляют с ее «несущей способностью», которая в соответствии с ДСТУ Б В.1.1-4-98* для условий развития пожара регламентируется нагрузкой, вызывающей обрушение образца и предельным значением продольного смещения нагруженного конца. Определив, таким образом, данные характеристики, допустимо говорить о двух причинах, вызывающих потерю работоспособности. Это разрушение полимерного материала, наступающего при очень малых деформациях и размягчение полимерного материала, вызывающее развитие больших деформаций.

Разрушение твердых тел всегда связано с потерей целостности материала, то есть с распадом его на части. Однако, при размягчении полимерных материалов, во многих случаях имеют в виду определенную температуру (или интервал температур), соответствующую точке стеклования [1].

При механических воздействиях, а также в условиях нагрева или охлаждения, температура размягчения может принимать различные значения. Между тем, физически обоснованной характеристикой размягчения может быть время, или, в данном случае, более корректно говорить о долговечности формы полимерного материала. Таким образом, говоря о сохранении работоспособности полимерного материала при пожаре, прежде всего необходимо изучить взаимосвязь между процессами разрушения и размягчения с момента приложения нагрузки до разрушения или размягчения с учетом скоростей этих процессов. Последнее обстоятельство подразумевает определение и сопоставление времени жизни материала (разрушение) и долговечности его формы (размягчение).

Известно, что для оценки работоспособности неполимерных материалов достаточно построить диаграмму растяжения или сжатия. Для полимерных материалов такой подход невозможен вследствие ярко выраженной релаксации напряжения [2].

Для правильной характеристики прочностных свойств полимерных материалов необходимо рассматривать зависимость долговечности (по разрушению) этого материала от исходных воздействий на образец (температура и напряжение) [3]. Однако для полной характеристики работоспособности полимерного образца одних числовых значений долговечности недостаточно, так как многие полимеры при некоторых температурах и нагрузках размягчаются, прежде чем разрушаются [4].

В связи с особенностями поведения композитов, в данной работе была исследована работоспособность твердого материала в области значений температуры, напряжения и долговечности, в которых твердый конструкционный материал не разрушается и не превышает предельных значений деформации в условиях развития пожара.

Для построения графика объемной характеристики работоспособности материала, отдельно рассмотрены зависимости прочности и релаксации напряжения для условий нарастания температуры в режиме наружного пожара.

Испытывались стеклопластики с применением стеклоткани марки Т-10 и двух видов полимерных связующих эпоксифенольного типа: на основе системы, содержащей бромированный компонент и связующего на основе эпоксидированного динафтола [5].

Как видно из данных, представленных на рис. 1, стеклопластики на основе бромсодержащего связующего и эпоксидированного динафтола имеют примерно одинаковую исходную прочность на сжатие при комнатной температуре: 250 и 230 МПа, соответственно. С повышением температуры предел прочности стеклопластиков в

условиях сжатия монотонно снижается с переломом в области 290-300°C. В дальнейшем закономерность температурно-временной зависимости прочности не изменяется. Допустимо предполагать, что в начальном интервале испытаний происходит резкое размягчение связующего, нагретшегося выше температуры теплостойкости.

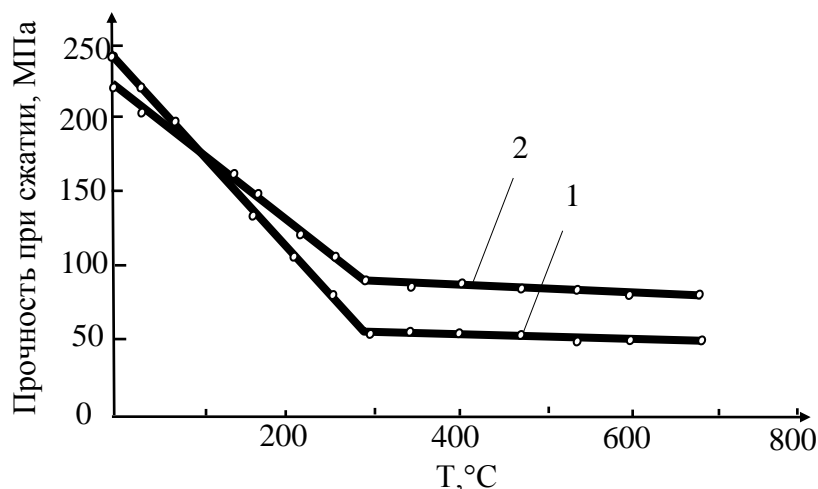


Рисунок 1 – Зависимость длительной прочности образцов стеклопластиков от уровня начального постоянного напряжения при сжатии в условиях нарастания температуры по стандартному режиму наружного пожара. Связующее на основе: 1 – бромсодержащего олигомера; 2 – эпоксицирированного динафтола

С повышением температуры, при прогреве внутренних слоев материала, под нагрузкой в образце образуется глубокая область разрыхленного смятиями вещества. Схема разрушения отвечает чистому сдвигу при сохранении видимой целостности образца и фиксируется резким снижением его продольного смещения.

Следующим этапом исследований являлось изучение времени, в течении которого сохраняется работоспособность стеклопластика в условиях развития пожара. В данном случае имеют ввиду, что за это время относительная деформация в материале не превысит 1% (ДСТУ Б.В.1.1-4-98*).

При испытаниях исходная нагрузка при 20°C, действующая на рабочую часть образца, соответствовала расчетному значению – 0,85 от предела кратковременной прочности при контрольных статических испытаниях. Для образца толщиной 5 мм эксперимент проводили при скорости нагрева близкой 4°C/мин. По результатам эксперимента строились кривые зависимости напряжения от температуры при различных начальных деформациях. Эксперимент проводили при начальных относительных деформациях равных, соответственно, 1; 0,6; 0,4%.

Как видно из экспериментальных данных (рис. 2), все кривые (вспомогательные) неизотермической релаксации при линейном нагреве характеризуются начальным ростом напряжения до определенной температуры (максимума), после достижения которой материал начинает быстро релаксировать. В точке максимума скорость роста напряжения за счет теплового расширения равна скорости его падения за счет релаксации. При некоторой температуре напряжение релаксирует полностью, то есть падает до нуля. Точка пересечения характеризует температуру стеклования полимерного композита.

Таким образом, проводя эксперимент при различных начальных деформациях, можно получить группу кривых, имеющих по одному максимуму. Геометрическое место точек максимумов (сплошная кривая на рис. 2а и 2б) ограничивает область напряжений и температур, в которых композиционный материал относительно медленно релаксирует и поэтому проявляет отчетливо выраженную твердость. Эта область была названа областью работоспособности полимерного или композиционного материала [8].

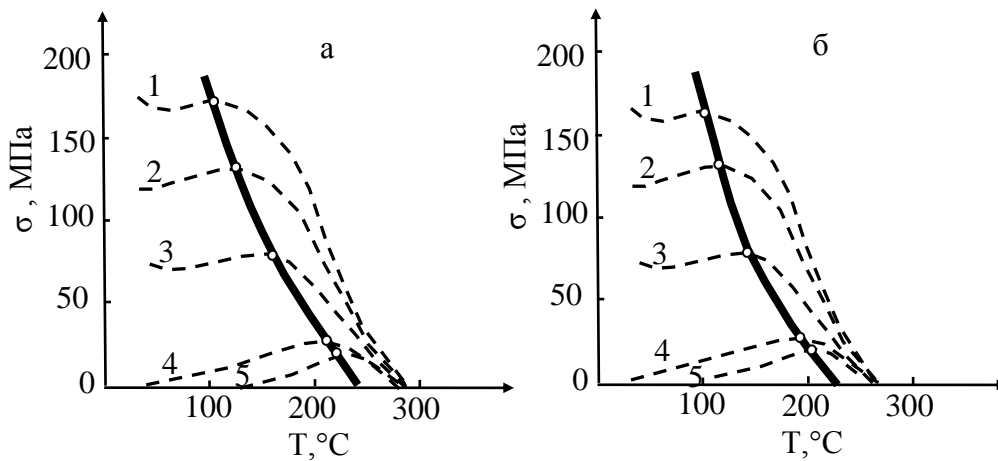


Рисунок 2 – Кривые неизотермической релаксации напряжения (пунктир) и области работоспособности стеклопластиков на основе: *a* – бромсодержащего связующего, *б* – эпоксицированного динафтола. Вспомогательные кривые при исходной относительной деформации образца (ϵ): 1 – 1%; 2 – 0,6%; 3 – 0,4%; 4 – 0%; 5 – формально отрицательная деформация

При рассмотрении результатов эксперимента в режиме нарастания температуры при наружном пожаре (рис. 3) установлено, что кривые, ограничивающие область работоспособности, подобны графикам на рис. 2.

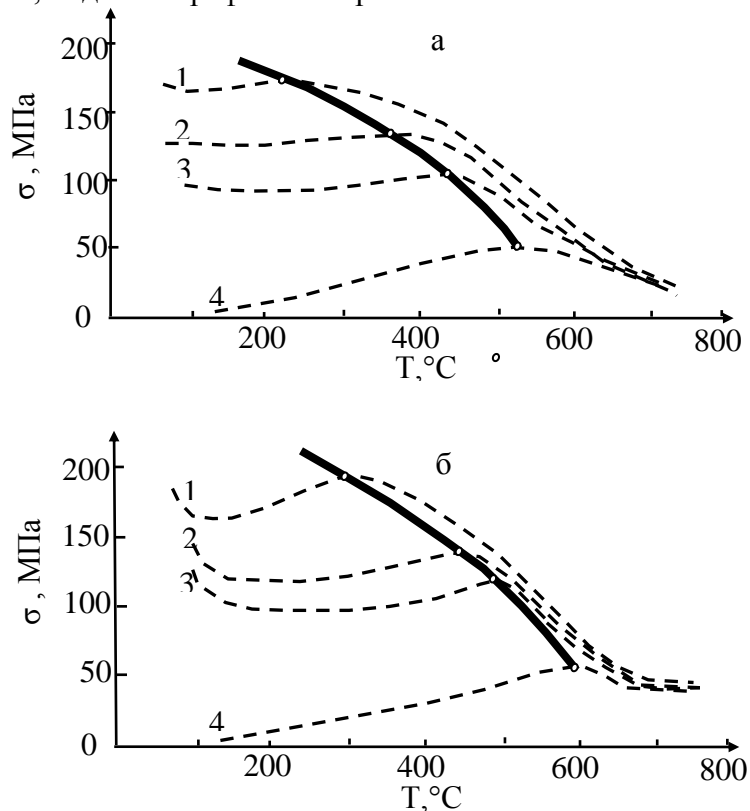


Рисунок 3 – Кривые неизотермической релаксации напряжения (пунктир) и области работоспособности стеклопластиков в условиях развития пожара на основе: *a* – бромсодержащего связующего, *б* – эпоксицированного динафтола. Вспомогательные кривые при исходной относительной деформации образца (ϵ): 1 – 1%; 2 – 0,6%; 3 – 0,4%; 4 – 0%; 5 – формально отрицательная деформация

В зависимости от изменения связующего композиционного материала в режиме ускоренного нагрева кривая работоспособности отражает не только ряд подсостояний

стеклообразного полимера, но и основные релаксационные изменения, связанные с образованием на поверхности композита пиролизованного слоя.

Кривые, ограничивающие область работоспособности (рис. 3), имеют выпуклость вверх, что обусловлено наложением ряда участков релаксации отдельных структурных организаций полимерной связки, включая степень релаксации пиролизованного (прококсованного) приповерхностного слоя.

Для построения геометрической характеристики работоспособности материала, с указанием границ области значений напряжения, температуры и долговечности, в которых твердый пластик не разрушается и не размягчается можно воспользоваться относительно простыми аналогичными соотношениями:

$$\ln \tau = \ln \tau_o + \frac{u_o - \gamma \sigma}{RT}; \quad (1)$$

$$\ln \tau_p = \ln \tau_{p0} + \frac{u_{p0} - \gamma_p \sigma}{RT}; \quad (2)$$

где τ_o , u_o и τ_{p0} , u_{p0} , γ_p – константы материала, соответственно характеризующие процессы разрушения и релаксации.

Если константы соотношений (1) и (2) известны из экспериментальных данных, то каждое из этих уравнений описывает в координатах $\ln \tau$, σ , T некоторую поверхность.

Область работоспособности тела будет лежать при значениях этих переменных, расположенных под обеими поверхностями. В этом случае, если результаты физико-механических испытаний сопоставить с граничными условиями по прочности и деформации, то вполне допустимо построить обобщенную температурно-временную зависимость работоспособности материала. Для этого достаточно провести наложение кривой прочности (рис. 1) и деформативности (рис. 4) рассматриваемых композитов, полученных в условиях нагрева при наружном пожаре.

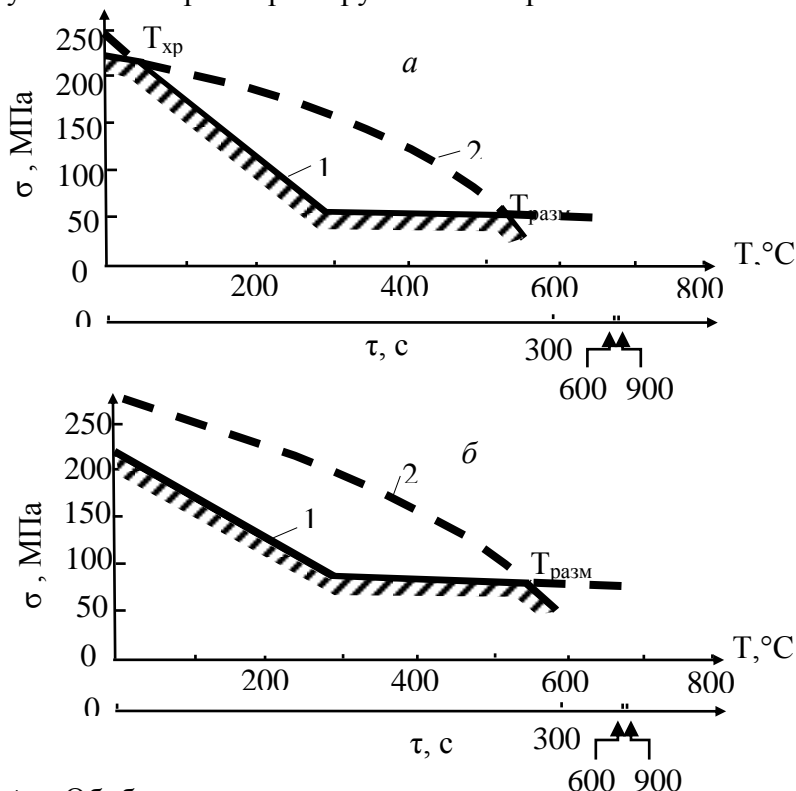


Рисунок 4 – Обобщенная характеристика прочности и твердости композиционных материалов при начальных постоянных значениях напряжения в условиях развития наружного пожара. Стеклопластик на основе: бромсодержащего связующего – а; эпоксицированного динафтола – б. Кривая прочности – 1, кривая твердости – 2

Как видно из данных, представленных на рис. 4, область работоспособности соответствует площади, которая ограничивается взаимным расположением кривых прочности и деформативности. Из рисунков *a* и *б* хорошо видно, что в зависимости от напряжения (нагрузки), температуры (времени развития пожара) и параметров материала прежде наступает либо разрушение, либо предельное размягчение. Точка пересечения кривых (см. рис. *a*) представляет собой точку хрупкости, так как она соответствует условиям, при которых наблюдается переход от размягчения материала к хрупкому разрушению. Для композита на основе эпоксицированного динафтола кривая прочности и деформативности изначально не пересекаются, и кривая деформативности лежит выше кривой прочности. Поэтому при любых напряжениях и времени воздействия пожара наблюдается хрупкое разрушение. По достижению ~ 550 °С кривые пересекаются, что означает переход от хрупкого разрушения к размягчению материала. Однако при данном напряжении размягчение составляет не более 1% и поэтому более правильно говорить не о потере работоспособности материала, вследствие потери твердости, а о характере разрушения, в виде пластического смятия образца с сохранением его видимой целостности. Следовательно, на начальной стадии пожара работоспособность представленных композитов, при условии допустимой деформации и соответствующего уровня начальной нагрузки, определяется совокупностью расположения кривых прочности и твердости.

Выводы. 1. Построена обобщенная характеристика работоспособности полимерных композиционных материалов от действия постоянных сжимающих напряжений и нарастания температуры по времени в условиях развития пожара.

2. Показано, что для композита на основе эпоксицированного динафтола область работоспособности в условиях наружного пожара описывается только одной кривой прочности, то есть разрушение всегда опережает его размягчение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Димитренко Ю.И. Механика композиционных материалов при высоких температурах / Юрий Иванович Димитриенко. – М. : Машиностроение, 1997. – 367 с.

2. Билым П.А. Изменение прочности и деформирование конструкционных стеклопластиков при нагреве в условиях развития стандартного пожара / П.А. Билым, А.П. Михайлюк, К.А. Афанасенко // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков: УГЗУ, 2009. – Вып. 26. – С. 18 - 24.

3. Билым П.А. Закономерности разупрочнения конструкционных стеклопластиков в условиях нарастания температуры в режиме стандартного пожара / П.А. Билым, А.П. Михайлюк, К.А. Афанасенко // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков: УГЗУ, 2009. – Вып. 25. – С. 24 – 29.

4. Аскадский А.А. Деформация полимеров / Андрей Александрович Аскадский . – М.: Химия, 1973. – 448 с.

5. Патент 37602 Україна, МПК С08J 5/00. Склопластик / Билым П.А., Афанасенко К.А., Михайлюк А.П., Олейник В.В.; Університет цивільного захисту України. - № 200803048/08; замовл. 11.03.08; опубл. 10.12.08, Бюл. № 23.

Afanasenko K.A., lecturer, NUCPU

GENERALIZED TIME-TEMPERATURE STRENGTH AND DEFORMABILITY CHARACTERISTIC POLYMERS UNDER FIRE

For fire development conditions offered generalized strength and hardness characteristic of polymer composites, represented by two experimental curves – strength and tension relaxation. The combination of these curves defines the area of material efficiency.

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/м³) в двокомпонентній системі. Сумарна щільність ρ_Σ такої двокомпонентної системи дорівнює,

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

де ρ_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

$$0 = \rho_3 \vec{v}_{3.0} + \rho_n \vec{v}_{n.0}, \quad (3)$$

де $\vec{v}_{3.0}$ та $\vec{v}_{n.0}$ – 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 $\vec{v}_{3.0}$ та $\vec{v}_{n.0}$, які не дорівнюють нулю.

Явище дифузії забруднюючої речовини визначається вектором дифузії

$$\vec{i}_3 = \rho_3 \vec{v}_{3.0}, \quad (4)$$

який, згідно з (4), дає кількість забруднювача, що переноситься дифузією в одиницю часу крізь одиницю поверхні, перпендикулярну вектору $\vec{v}_{3.0}$.

Аналогічно вектор дифузії повітря у двокомпонентному газі визначається рівністю

$$\vec{i}_n = \rho_n \vec{v}_{n.0}. \quad (5)$$

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 $\vec{v}_{3.0}$ та $\vec{v}_{n.0}$.

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,

$$\vec{v}_3 = \vec{V}_k + \vec{v}_{3.0}, \quad (7)$$

$$\vec{v}_n = \vec{V}_k + \vec{v}_{n.0}. \quad (8)$$

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 $Q_{джк}(\vec{r}, t)$. Функція $Q_{джк}(\vec{r}, t)$ 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

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

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 η та ξ – 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 σ_{ik} , вектор потоку тепла \vec{q} та хімічний потенціал μ 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 ρ_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 χ_T та коефіцієнти бародифузії K_P і χ_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}_{κ} , 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'єктів 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.

УПРАВЛІННЯ АВАРІЙНИМ РИЗИКОМ ПРИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ НАФТОПРОДУКТІВ

Наявність небезпек в усіх сферах життєдіяльності людини і суспільства, їх реалізація в різних формах і пов'язані з ними втрати вимагають для забезпечення сталого розвитку людства в соціоприродно-промислової системі стабільного суспільного відтворення вироблення захисних механізмів для боротьби з ризиком, зниження його негативного впливу для життєдіяльності населення, існування і розвитку організацій до прийнятних рівнів [1].

Безпека території досягається шляхом управління відповідними ризиками (природними, техногенними, екологічними, економічними та ін.). Управління ризиком полягає у завчасному передбаченні (прогнозі) небезпек, які викликають ризик, виявленні чинників, що впливають на ризики, вжиття заходів щодо їх зниження шляхом цілеспрямованої зміни цих чинників з урахуванням ефективності заходів, що вживаються. Воно включає систему заходів, здійснюваних як до прояву негативної події, так і після її реалізації. Під управлінням ризиком розуміють розробку і обґрунтування оптимальних програм діяльності, покликаних ефективно реалізувати рішення в галузі забезпечення безпеки. Головний елемент такої діяльності - процес оптимального розподілу обмежених ресурсів на виключення або зниження різних видів ризику з метою досягнення такого рівня безпеки населення, організацій та довкілля, який тільки можливий з урахуванням економічних і соціальних факторів. Керування аварійним ризиком являє собою цілеспрямовану діяльність, здійснювану на основі оцінки ризику і забезпечує зниження ризику до прийнятного рівня за допомогою організаційно-технічних та економічних заходів щодо попередження та зменшення ймовірності виникнення аварійних пригод та зменшення шкоди від їх можливих наслідків.

Найчастіше ризик характеризується сукупністю трьох якостей: наявністю джерела небезпеки; невизначеністю настання небезпечної події; можливістю заподіяння шкоди. Отже, управляти ризиком - це значить:

- виявляти, вивчати, усувати, нейтралізувати або зменшувати джерела небезпеки;
- здійснювати систематичний моніторинг і прогнозувати сценарії розвитку небезпечних подій;
- запобігати, локалізувати і усувати негативні наслідки небезпечних подій.

На рисунку 1 представлені основні методи управління еколого-економічними ризиками [1]:

- зниження (удосконалення заходів щодо запобігання екологічно небезпечних ситуацій, розробка систем їх локалізації);
- прийняття (підготовка фінансових і матеріальних резервів на випадок реалізації екологічно небезпечних ситуацій);
- передача (страхування або інші механізми фінансування ризику);
- виключення (перехід на менш небезпечні технології, перенесення небезпечних виробничих об'єктів в місця, де мало реципієнтів ризику і т. д.).

Відповідно до наведеної схеми для управління аварійним ризиком при перевезенні нафтопродуктів на залізничному транспорті для кожного методу можна сформулювати наступні заходи:

- зниження - зниження ймовірності виникнення небезпечної відмови, яка найбільш часто приводить до аварійної події; застосування систем ліквідації та локалізації протікань нафтопродуктів з можливих пошкоджень котлів вагонів-цистерн;

– прийняття - вибір оптимального складу технічних засобів і обсягу аварійно-відновлювальних робіт та необхідних реагентів і адсорбентів для робіт по ліквідації забруднення навколишнього середовища;



Рисунок 1 - Методи управління еколого-економічними ризиками

– передача - використання механізму страхування залізничних перевезень;
 – виключення – вибір найменш небезпечного маршруту перевезення нафтопродуктів.

Керування аварійним ризиком за допомогою методу «зниження».

Заходи щодо зниження ймовірності екологічно небезпечних ситуацій і зменшенню масштабів негативного впливу визначаються з урахуванням специфіки кожного об'єкта за результатами оцінки ризику і розрахунку економічної ефективності. Одиницею управління ризиком, для якої слід проводити оптимальний превентивний захід (оптимальна послідовність заходів), може бути сукупність обладнання, яке технологічно пов'язане і знаходиться в однакових умовах з точки зору локалізації та ліквідації екологічно небезпечної ситуації.

При виборі заходів щодо зниження екологічних ризиків враховують необхідність вирішення наступних проблем:

- ліквідація джерела впливу на навколишнє середовище [2];
- запобігання появи нового джерела впливу на навколишнє середовище [3];
- скорочення обсягів впливу на навколишнє середовище [4].

Керування аварійним ризиком за допомогою методу «прийняття».

1. Очищення ґрунту від забруднення нафтопродуктами.

Вибір засобів попередження та ліквідації вуглеводневих забруднень визначається, перш за все, конкретними умовами, при цьому технологічні прийоми очищення землі багато в чому розрізняються, маючи, однак, деякі загальні моменти.

При ліквідації вуглеводневих забруднень на землі [5], перш за все, здійснюють локалізацію розливу вуглеводнів шляхом обвалування забрудненої площі. При значних масштабах розливу з найбільш глибоких місць скупчення вуглеводнів або зі спеціально виритих зумпфів проводять відкачування вуглеводнів шламовими насосами або в вакуумовані цистерни. При наявності небезпеки загоряння (в населених місцях, на дорогах з інтенсивним рухом і т.п.), якщо розлито легкозаймисте паливо, вживають заходів для зменшення його випаровування – покривають протипожежною піною або засипають сорбентами.

Успішне очищення ґрунту від вуглеводнів може базуватися тільки на комплексі різних технологій, що включають три основних етапи:

– технічний - відкачка вуглеводнів з поверхні, зняття ґрунту при забрудненні більше 2-5 г на 100 г ґрунту і складування в отвали-комори.

– біологічний - розпушування та аерація ґрунтів, виділення і культивування ґрунтових мікроорганізмів-деструкторів з подальшим внесенням їх разом з живильним середовищем в ґрунт.

– фітологічний - посів травосуміші.

2 Очищення водних об'єктів від забруднення нафтопродуктами.

Якщо розлив рідких вуглеводнів стався на воді або нафтопродукт, розлитий на поверхні землі, все ж потрапив у воду, то методи очищення води розрізняються за характером забруднення - поверхневому або об'ємному.

Очищення води від об'ємних забруднень вуглеводнями рідко проводять при аварійних розливах. Воно може бути застосоване для очистки промислових стоків підприємств, нафтохімізаводів, великих автогосподарств.

При ліквідації розливу вуглеводнів на водній поверхні комплекс заходів, перш за все, включає в себе застосування пристроїв для локалізації розливів. Найбільш надійним методом є локалізація нафтових розливів плавучими боновими загородженнями, які можуть являти собою вертикальні полотнища з непроникного матеріалу на поплавцях, об'ємні (наприклад, надувні) конструкції, а також можуть містити елементи з фільтруючої тканини, наповнені нафтовими сорбентами. Деякі бони робляться вогнетривкими для локалізації палаючої нафти. Боніві загородження дозволяють переміщати нафтові плями в будь-якому напрямку і змінювати їх форму і площу для зручності збору.

З Керування аварійним ризиком за допомогою методу «передача».

Повністю уникнути багатьох негативних подій, що призводять до позапланових фінансових втрат (наприклад, аварійні розливи нафтопродуктів), неможливо. Одним із способів управління ризиком є його передача на утримання за порівняно невелику плату іншій юридичній особі, наприклад, страхової компанії. При цьому позапланові втрати переводяться до категорії планових, тобто за рахунок планових страхових платежів виключається їх позапланові. Особливо ефективне страхування ризиків, що характеризуються великими наслідками і малою частотою реалізації. При цьому відшкодування шкоди виробляється з резерву страхової компанії [6].

Головне завдання екологічного страхування - компенсація збитків реципієнтів, що виникають через забруднення навколишнього природного середовища і додаткове фінансове забезпечення екологічної безпеки при дотриманні інтересів всіх сторін: страховиків, страхувальників та третіх осіб. Неодмінною умовою екологічного страхування повинна бути взаємна зацікавленість страховика та страхувальника в запобіганні аварій і шкоди, що завдається забрудненням довкілля. У того і іншого виникають свої страхові інтереси: у страхувальника - компенсація прямих і непрямих збитків, у страховика - отримання прибутку.

В екологічному страхуванні використовується добре відомий в страховій справі ефект розосередження ризику в часі і просторі. Сплачуючи страхові премії, розмір яких щодо необтяжлива для страхувальника, останній перекладає гарантію відшкодування збитків третім особам на страховика, причому відшкодовується збиток може багаторазово перевершувати внески страхувальника. Страховик ж враховує те, що аварії носять імовірнісний характер - і, як правило, вони не відбуваються одночасно і на одному і тому ж підприємстві.

Екологічне страхування створює взаємну економічну зацікавленість страхувальників і страховиків в зниженні ризику аварійного забруднення навколишнього природного середовища; - страхувальник зацікавлений у підвищенні своєї екологічної безпеки крім всіх інших чинників ще й тому, що з ростом ймовірності аварій ростуть і ставки страхових внесків. Крім того, у вигляді заохочення безаварійності страхувальник отримує ряд економічних пільг - пільгові умови продовження страхового договору, залучення додаткових ресурсів з резерву запобіжних заходів страховика на проведення природоохоронних робіт і т.п. Тим більше зацікавлений в зниженні екологічного ризику страховик, який з цією метою вживає ряд попереджувальних заходів, організовує проведення екологічної ревізії (аудіювання) стану страхувальника. Йому може бути поставлено в обов'язок витрачати частину резерву попереджувальних заходів на екологічне аудіювання страхувальників, поліпшення служби моніторингу довкілля та інші екологічні потреби.

У підтримці екологічної безпеки екологічному страхуванню притаманні функції, що забезпечують його економічну ефективність як для страховика і страхувальника, так і для суспільства в цілому.

4 Керування аварійним ризиком за допомогою методу «виключення»

Проведений аналіз показав [7,8], що при дальності перевезення нафтопродуктів порядку 10^3 км аварійний ризик катастроф і аварій вантажного потягу з нафтопродуктами знаходиться в діапазоні від 10^{-7} до 10^{-5} . Тому у відповідності до прийнятої для складних технічних об'єктів класифікації рівнів ризику, його можна віднести до рівня прийняттого ризику. І, отже, застосування методу «виключення» не потрібно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Б.А. Акимов Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. // Акимов Б.А. Лесных В.В., Радаев П.Н./ М.: Деловой экспресс, 2004 - 352 с.
2. Гринченко Е.Н. Анализ возможности возникновения чрезвычайной ситуации при эксплуатации железнодорожных цистерн с повреждениями типа «вмятина». / Гринченко Е.Н., Ларин А.Н., Ларин А.А., Шостак Р.Н. // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал. – Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2010. – № 2 (22). – С. 35 – 41
3. Шостак Р.Н. Еколого-економічна оцінка аварійного ризику при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом /Шостак Р.Н., Грінченко Є.М., Федоренко Р.М. // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал. – Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2011. – № 2 (24). – С. 64 – 71.
4. Федоренко Р.М. Визначення параметрів надійності та накопичування пошкоджуваності залізничних цистерн для перевезення нафтопродуктів. // Федоренко Р.М., Ларін О.М., Шостак Р.М. «Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – № 9. С.133 – 139.
5. В.Ж. Аренс Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений // Аренс В.Ж., Саушин А.З., Гридин О.М. / - М.: Интербук, 1999. - 180с.
6. Шинкаренко И.Э. Страхование ответственности: Финансы и статистика, 1999 Г.- 352 с.
7. Шостак Р.М. Анализ возможности возникновения чрезвычайной ситуации при эксплуатации железнодорожных цистерн с повреждениями типа «вмятина». // Ларин А.А., Грінченко Є.М. Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів. Матеріали VII науково-технічної конференції. – Харків: Університет цивільного захисту України, 2010. – С. 73-75.
8. Шостак Р.М. Оцінка аварійного ризику при русі потягу з нафтопродуктами за визначеним маршрутом // Шостак Р.М., Грінченко Є.М., Соколов Д.Л. Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів. // Матеріали VIII науково-технічної конференції. – Харків: Університет цивільного захисту України, 2011. – С. 76-78.

Y.M. Grinchenko, Ph.D, associate professor, NUCPU

MANAGEMENT OF RISK EMERGENCIES AT TRANSPORTATION OF OIL PRODUCTS BY RAIL

The main methods of management of ecological and economic risks in the transportation of petroleum products by a railway tank, namely decrease (improvement measures to prevent environmentally hazardous situations, the development of their localization); adoption (the preparation of financial and material reserves in case of implementation of environmentally hazardous situations); transfer (insurance and other risk financing mechanisms); exclusion (switching to less dangerous technology, changing of location hazardous production facilities into places where is smaller risk for recipients , and so on). It was proposed measures to implement these management methods ecological and economic risks.

Е.М. Гуліда, докт. техн. наук, професор, ЛДУ БЖД
О.М. Коваль, канд. техн. наук, докторант НУЦЗ України

ОПТИМІЗАЦІЯ НЕОБХІДНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ І КІЛЬКОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАСОБІВ В ПРИМІЩЕННЯХ ЦЕХІВ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Постановка проблеми. У сфері пожежної безпеки користуються терміном «пожежний ризик», тобто це є міра можливості реалізації пожежної небезпеки об'єктів захисту та її наслідків для людей і матеріальних цінностей. Розглядаючи пожежний ризик та його значення можна констатувати, що сам ризик не впливає на виникнення пожежі. Пожежа на об'єкті може виникнути і при незначному, за класифікацією, ризику, але її наслідки при цьому можуть бути різними. В свою чергу пожежний ризик вказує на відповідну імовірність оперативної реалізації системи протипожежного захисту у випадку виникнення пожежі на об'єкті. Але в той же час зовсім не розглядалися питання застосування пожежних ризиків для визначення необхідної кількості протипожежних засобів в цехах з метою мінімізації наслідків у випадку виникнення пожежі. Тому виникає проблема у більш точному прогнозуванні для цехів промислових об'єктів з урахуванням пожежних ризиків необхідних протипожежних засобів з метою мінімізації збитків у випадку виникнення пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою аналізу та управління пожежними ризиками останнім часом займаються в багатьох країнах світу. Значний вклад в розвиток цього напряму науки внесло багато вчених, у числі яких М.М. Брушлінський, В.В. Холщевніков, Д.О. Самошин, В.В. Бегун та інші. Результати аналізу цих робіт показали, що в них відсутні дані для визначення пожежного ризику промислових об'єктів з урахуванням заходів з відповідними витратами для забезпечення пожежної безпеки.

В свій час були розроблені математичні моделі з урахуванням пожежного ризику для удосконалення і підвищення ефективності роботи пожежно-рятувальних підрозділів при гасінні пожеж. Наприклад, в Академії ДПС МВС Росії була розроблена імітаційна модель «ТИГРИС» [1]. Подібна імітаційна модель була також розроблена в Нью-Йоркському Ренд-інституті [2]. Результатом розв'язання цих моделей є показник, який характеризує тільки результативність дій пожежно-рятувальних підрозділів, а саме час обслуговування виклику і не розглядається навіть ризик ліквідації пожежі. Узагальнюючи наведене можна констатувати, що на цей час відсутня модель для визначення методів і засобів протипожежного захисту об'єктів на основі допустимого значення пожежного ризику. Тому ставиться задача розробити метод для встановлення і оптимізації номенклатури та кількості засобів протипожежного захисту об'єктів з урахуванням допустимого значення пожежного ризику.

Мета роботи. Розробити математичну модель для встановлення і оптимізації номенклатури та кількості засобів протипожежного захисту приміщень цехів промислових об'єктів з урахуванням допустимого значення пожежного ризику.

Постановка задачі та її розв'язання. Для математичної постановки оптимізаційної задачі необхідно в першу чергу визначити функцію мети. За функцію мети приймаємо чинник, значення якого необхідно мінімізувати, а саме

$$\varepsilon_o \Rightarrow \min \leq [\varepsilon_i], \quad (1)$$

де ε_o – значення пожежного ризику об'єкта; $[\varepsilon_o]$ – допустиме нормативне значення пожежного ризику для об'єкта.

Основною задачею в процесі використання теорії прийняття рішення є вибір оцінки для прийняття відповідного рішення, тобто *вибір певного критерія* для прийняття

цього рішення [3]. Таким критерієм для оптимізаційної моделі визначення методів і засобів протипожежного захисту для об'єкта з урахуванням допустимого значення пожежного ризику може бути сумарні втрати від збитків внаслідок пожежі Z_o і витрат на протипожежний захист B_o об'єкта [4]

$$B = C_o + B_i \Rightarrow \min. \quad (2)$$

Збитки об'єкта від пожежі будуть [4]

$$C_o = C_o V_{\bar{e}}^2 \alpha (\tau_{\bar{a},\bar{a}}^2 - 20\tau_{\bar{a},\bar{a}} + 0,25\tau_{\bar{e},\bar{e}}^2 + 125) + \tilde{N}_i \tau_{\bar{e},i} N_{\bar{a}}, \quad (3)$$

де C_o – середня вартість одного квадратного метра площі об'єкта, яка знищена пожежею, грн/м²; $V_{\bar{e}}$ – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/хв; α – кутовий коефіцієнт, який враховує форму пожежі: кругова (360°) $\alpha = 3,14$ рад; кутова (180°) $\alpha = 1,57$ рад; кутова (90°) $\alpha = 0,785$ рад; $\tau_{\bar{a},\bar{a}}$ – прогнозований час вільного горіння, хв; $\tau_{лок}$ – тривалість локалізації пожежі, хв; C_n – середня вартість однієї хвилини роботи пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП) в процесі ліквідації пожежі, грн/хв; $\tau_{3,n}$ – прогнозований час зайнятості ПРП для ліквідації пожежі, хв; N_e – загальна кількість відділень, яка приймала участь в ліквідації пожежі.

Витрати на протипожежний захист B_o , які залежать від кількості та вартості засобів на протипожежний захист, що впливають на значення пожежного ризику для об'єкта, можна визначити за залежністю

$$B_o = \left(\sum_{i=1}^n C_i N_i \right) K_{ki}, \quad (4)$$

де C_i – вартість i -го засобу протипожежного захисту, грн; N_i – загальна кількість i -го засобу протипожежного захисту, шт.; K_{ki} – коефіцієнт, який враховує капітальні витрати на монтаж засобів протипожежного захисту; n – загальна кількість засобів протипожежного захисту.

Розроблення оптимізаційної математичної моделі визначення методів і засобів протипожежного захисту об'єкта з урахуванням допустимого значення пожежного ризику.

Функція мети

$$\varepsilon_o \Rightarrow \min \leq [\varepsilon_i] \quad (5)$$

за критерієм

$$B = C_o + B_i \Rightarrow \min \quad (6)$$

за обмеженнями

$$a_1 \leq \delta_{i,\bar{n}} \leq b_1; \quad (7)$$

$$a_2 \leq \delta_{i,i} \leq b_2; \quad (8)$$

$$a_3 \leq \delta_{i,\bar{e}} \leq b_3; \quad (9)$$

$$a_4 \leq \delta_{\bar{n},\bar{e}} \leq b_4; \quad (10)$$

$$p \geq [p], \quad (11)$$

де $\delta_{n,c}$, $\delta_{n,o}$, $\delta_{n,z}$, $\delta_{c,z}$ – поправочні коефіцієнти відповідно на пожежні сповіщувачі, пожежні оповіщувачі, проти димні пристрої, щільні вертикальні завіси, які залежить від встановлення в цеху потрібної кількості протипожежних засобів; наприклад, для $\delta_{n,c}$

$$\delta_{n,c} = \frac{N_{n,\bar{n}}}{N_{i,\bar{n},\bar{a}}}, \quad (12)$$

$N_{n.c}$ - потрібна кількість пожежних сповіщувачів для приміщення цеху, шт.; $N_{n.c.d}$ – дійсна кількість пожежних сповіщувачів в цеху, шт.; a_1, a_2, a_3, a_4 – мінімальні значення обмежень; b_1, b_2, \dots, b_4 – максимальні значення обмежень; p – імовірність попадання досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків ($p = k/N$, де k – кількість циклів роботи програми, при яких досліджувальні точки попали в область допустимих розв'язків; N – загальна кількість циклів роботи програми); $[p]$ – допустиме значення імовірності, від значення якого залежить кількість досліджень для прийняття оптимального значення.

Значення обмежень a_1, a_2, a_3, a_4 можна приймати однаковими і такими, що дорівнюють одиниці. Такий підхід до прийняття такого значення можна обґрунтувати тим, що мінімальне значення цих коефіцієнтів в обмеженнях (7)...(10) буде в тому випадку, коли встановлена в цеху кількість протипожежних засобів відповідає нормативним вимогам. По аналогії приймаємо максимальне значення обмежень b_1, b_2, b_3, b_4 такими, що дорівнюють 15.

Для розв'язування оптимізаційної моделі скористуємося методом Монте-Карло. Область допустимих розв'язків, яка визначається обмеженнями (7)...(10), оточують m -мірним паралелепіпедом, в якому проводимо дослідження. Поставлену задачу краще всього розв'язувати з використанням комп'ютера. За допомогою давача комп'ютера утворюють послідовність псевдовипадкових чисел μ_{ji} в інтервалі 0...1. Для перетворення псевдовипадкових чисел μ_{ji} , які рівномірно розподілені в інтервалі 0...1, до значень δ_i використовуємо залежності виду, наприклад, для $\delta_{n.c.i}$

$$\delta_{i.n.s} = a_1 + \mu_{1i}(b_1 - a_1),$$

де: μ_{1i} – псевдовипадкове число для визначення чинника $\delta_{n.c.i}$ на певному i -тому циклі розрахунку.

В процесі розрахунку на кожному циклі роботи програми визначаються значення ε_o за залежністю

$$\varepsilon_o = \varepsilon_n P_e \varepsilon_{i.e.i} \varepsilon_{i.n} \varepsilon_{i.i} \varepsilon_{i.s} \varepsilon_{n.s} \varepsilon_{a.a} (1 - P_e),$$

де ε_n – ризик виникнення пожежі в приміщенні цеху (розраховується на підставі статистичних даних для розглядаємого приміщення цеху; у випадку відсутності статистичних даних допускається приймати $\varepsilon_n = 4 \cdot 10^{-2}$ [5]); P_e – імовірність присутності людей в приміщенні

$$P_e = \frac{\tau_e}{24};$$

τ_n – час присутності людей в цеху, год; $\varepsilon_{n.k.n}$ – ризик відмови приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації; $\varepsilon_{n.c}$ – ризик відмови пожежного сповіщувача; $\varepsilon_{n.o}$ – ризик відмови звукового пожежного оповіщувача; $\varepsilon_{n.z}$ – ризик відмови системи протидимного захисту; $\varepsilon_{c.z}$ – ризик відмови системи завіси; $\varepsilon_{e.d}$ – ризик відмови евакуйовальних дверей з системою їх автоматичного відкриття; P_e – імовірність евакуювання людей із приміщення цеху у випадку виникнення пожежі.

На кожному циклу роботи комп'ютера визначаються критерії Z_o і B_o , які перевіряються зі значеннями попереднього циклу. Ці процедури виконуються до тих пір, поки буде виконана умова (11). Після завершення роботи програми на друк видаються такі дані: ε_o , $\tau_{v.z}$, площа пожежі S_{II} до і після впровадження протипожежних засобів; швидкість слідування пожежних автомобілів до місця виклику V_{cl} , тривалість слідування τ_{cl} , тривалість локалізації пожежі $\tau_{лок}$, тривалість гасіння пожежі τ_z , тривалість кінцевої ліквідації пожежі $\tau_{лік}$, значення імовірності попадання досліджуваної точки в область

допустимих розв'язків p ; типи протипожежних засобів їх вартість і кількість та загальні додаткові витрати на їх придбання.

Для реалізації оптимізаційної моделі був розроблений для комп'ютера пакет прикладних програм на мові C[#] для роботи в середовищі Windows XP. Час роботи комп'ютера становив 6-8 с для 5 тисяч випробувань (N_i – циклів) при імовірності попадання досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків $p = 0,94\dots 0,96$.

Висновки

1. Розроблена математична модель оптимізації вибору кількості протипожежних засобів для приміщень цехів деревообробних підприємств з урахуванням допустимого значення пожежного ризику, яка дозволяє в процесі проведення аудиту об'єкта оперативно визначати недоліки у влаштуванні приміщень цехів протипожежними засобами.

2. При визначенні оптимальної кількості протипожежних засобів для приміщень цехів деревообробних підприємств були прийняті часткові критерії, які мають однакову природу й однакову розмірність, а саме прямі збитки від пожежі Z_o і витрати на протипожежний захист B_o , що дозволяють достатньо точно обґрунтовувати вибір протипожежних засобів.

3. На тривалість вільного розвитку пожежі в першу чергу впливають пожежні сповіщувачі, які працюють разом з приймально-контрольним пристроєм пожежної сигналізації. Впровадження пожежних сповіщувачів дозволяє зменшити тривалість вільного розвитку пожежі на 26...30% і площу пожежі в 1,8...2,1 рази.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брушлинский Н.Н. Математическая модель для проектирования системы противопожарной защиты города / Н.Н. Брушлинский, Н.Н. Соболев. // Управление большим городом. – М.: НПО АСУ «Москва», 1985. – с. 79-81.

2. Carter G., Chaiken I., Ignall E. Simulation model of fire department operation: design and preliminary results // IEEE Transportation System Science and Cybernetics, 1970, №40. – P. 282-293.

3. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер // Перевод с нем. – М.: Мир, 1990. – 208 с.

4. Коваль О.М. Визначення критерія прийняття рішення для оптимізації процесів локалізації та гасіння пожеж на деревообробних підприємствах / О.М. Коваль // Вісник НЛТУ України. – Львів: НЛТУ України, 2015. – Вип. 25.4. – С. 345-352.

5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС РФ от 30.06.2009 № 382). – М.: МЧС РФ, 2009. – 10 с.

EM Hulida, Doctor. Sc. , Professor, the Lviv State University of Life Safety

O.M. Koval, PhD. Sc. Science, doctorate, National University of Civil Defense of Ukraine

OPTIMIZATION AND REQUIRED NUMBER NOMENCLATURE OF FIGHTING INDOORS SHOPS INDUSTRIAL FACILITIES

A mathematical optimization model and methodology for determining the required number of fire-fighting equipment to the premises of shops of industrial enterprises with allowance for acceptable values of fire risk management. To support the mathematical model of fire risk, obtained using the main provisions of the reliability theory, mathematical models of fire risks basic fire-fighting equipment, which can be equipped with shops premises. The developed methodology allows to predict the value of fire risks for the implementation of fire safety protection facilities and its effects on people and property, which is very important in order to allow a rapid response in case of fire.

Р.В. Климась, О.П. Якименко, канд. техн. наук
(Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, м. Київ)

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ЩОДО КРИТЕРІЇВ, ЗА ЯКИМИ ОЦІНЮЮТЬСЯ СТУПІНІ РИЗИКУ ВІД ПРОВАДЖЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Відповідно до “Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій” [1] одним із основних завдань ДСНС України є здійснення державного нагляду (контролю) за додержанням і виконанням вимог законодавства у сфері цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки. Періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки визначається відповідно до критеріїв, затверджених постановою КМУ від 29.02.2012 № 306 [2].

28 серпня 2013 року Кабінет Міністрів України постановою № 752 затвердив “Методику розроблення критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність проведення планових заходів державного нагляду (контролю)” [3].

У Методиці [3], зокрема у вимогах до розроблення критеріїв, зазначено, що критерії повинні визначати чіткі, зрозумілі та вимірювані показники, за якими визначається ступінь ризику, а також граничні величини (кількісні показники) віднесення суб’єкта господарювання до того чи іншого ступеня ризику.

У вимогах щодо віднесення суб’єктів господарювання до ступенів ризику встановлено, що до кожного ступеня ризику повинно бути віднесено:

- до високого ступеня ризику – до 10 відсотків суб’єктів господарювання;
- до середнього ступеня ризику – до 30 відсотків суб’єктів господарювання;
- до незначного ступеня ризику – 60 та більше відсотків суб’єктів господарювання.

Метою цієї роботи було приведення критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки [2], у відповідність до вимог Методици [3], а також до положень *Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру* [4], у якій уперше встановлено діапазон числових значень прийнятного ризику, що використовуються в економічно розвинутих державах.

На теперішній час в Україні налічується більше 73 тис. об’єктів суб’єктів господарювання з високим ступенем ризику, що складає $\approx 17,5\%$ від їх загальної кількості.

Критеріями, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності у сфері техногенної та пожежної безпеки [2], є:

- 1) провадження такої діяльності на:
 - потенційно небезпечних об’єктах, об’єктах підвищеної небезпеки, а також на об’єктах, що мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави (за переліком [5]);
 - об’єктах, віднесених до відповідної категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою (визначається за НАПБ Б.03.002 [6]);
- 2) кількість осіб, які перебувають на об’єкті (визначається за ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [7]);
- 3) умовна висота будинку (визначається за ДБН В.1.1.7-2002 [8]);
- 4) площа об’єкта;
- 5) категорія складності об’єкта будівництва (визначається за ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [7]);

б) наявність підземних та/або підвальних поверхів, приміщень, споруд (визначається за ДБН В.2.2-9);

7) належність об'єкта до пам'яток архітектури та історії;

8) надання послуг і виконання робіт протипожежного призначення.

За результатами проведених досліджень та експертного обговорення запропоновано такі зміни у додаток до постанови Кабінету Міністрів України від 29.02.2012 № 306 [2].

Об'єкти, що мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави [5], відповідно до сфери їх діяльності розподілено між суб'єктами господарювання з високим і середнім степенями ризику.

Віднесення об'єктів до відповідної категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою проводити за *ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою*, прийнятим наказом Мінрегіонбуду України від 15.06.2016 № 158, що набирає чинності з 01.01.2017. Об'єкти, що за пожежною небезпекою належать до категорії "В", віднести до середнього ступеню ризику.

Однак, основні зміни, що запропоновані у додаток до постанови Кабінету Міністрів України від 29.02.2012 № 306 [2] з метою приведення критеріїв у відповідність до положень Методики [3] щодо визначення граничних величин (кількісних показників) ступенів ризику, стосуються наступних трьох позицій, а саме:

1) введення додаткового критерію щодо кількісного значення пожежного ризику об'єкта;

2) введення доповнення стосовно можливості суб'єкта господарювання визначати кількісне значення пожежного ризику об'єкту, що належать йому на правах власності, володіння чи користування.

3) встановлення кількісних значень для кожного з трьох ступенів ризику.

Тобто, запропоновано доповнити пункт 1 додатку до постанови Кабінету Міністрів України від 29.02.2012 № 306 [2] наступним критерієм: "кількісне значення пожежного ризику об'єкта (R)".

Задля можливості суб'єкта господарювання визначати розрахунковим шляхом кількісне значення пожежного ризику об'єктів, що належать йому на правах власності, володіння чи користування, з метою їх віднесення до одного з трьох ступенів ризику, у пункті 2 додатку до постанови Кабінету Міністрів України від 29.02.2012 № 306 [2] пропонується внести доповнення стосовно права суб'єкта господарювання звертатися до центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, чи інших суб'єктів господарювання, що мають відповідні ліцензії, з метою проведення таких розрахунків. Проведення розрахунків та оцінки пожежних ризиків, як вид діяльності, може бути віднесений до надання послуг протипожежного призначення з оцінки (експертизи) протипожежного стану підприємств чи об'єктів. Кількісні значення пожежного ризику об'єктів мають визначатись згідно зі стандартизованими методиками, або методиками, затвердженими у встановленому порядку.

Виходячи з того, в *Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру* [4] зазначено, що основою нормативної бази ризиків є два основних нормативних рівні ризиків: мінімальний ризик – менший або який дорівнює $1 \cdot 10^{-8}$ та гранично допустимий ризик – який дорівнює $1 \cdot 10^{-5}$, а ГОСТ 12.1.004 [10] встановлює, що допустимий рівень пожежної небезпеки для людей повинен бути не більше 10^{-6} дії небезпечних чинників пожежі, що перевищують граничнодопустимі значення, в рік із розрахунку на кожну людину, для кожного з трьох ступенів ризику запропоновано наступні значення прийнятного ризику:

для високого ступеню ризику: $5 \cdot 10^{-6} < R \leq 1 \cdot 10^{-5}$;

для середнього ступеню ризику: $1 \cdot 10^{-6} < R \leq 5 \cdot 10^{-6}$;

для незначного ступеню ризику: $R \leq 1 \cdot 10^{-6}$.

Таким чином, запропоновані зміни дозволять привести у відповідність критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки до вимог постанови КМУ [3], а також започаткувати системну практичну роботу щодо переходу України на систему аналізу й управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, що передбачено *Концепцією управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру* [9].

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1052 “Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій” (Офіційний вісник України, 2015 р., № 102, ст. 3514).

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306 “Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки” (Офіційний вісник України, 2012 р., № 30, ст. 1115).

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 752 “Про затвердження методик розроблення критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність проведення планових заходів державного нагляду (контролю), а також уніфікованих форм актів, що складається за результатами проведення планових (позапланових) заходів державного нагляду (контролю)” (Офіційний вісник України, 2013 р., № 82, ст. 3045).

4. *Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р “Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру”* (Офіційний вісник України, 2014 р., № 10, ст. 333).

5. Постанова Кабінету Міністрів України від 04 березня 2015 р. № 83 “Про затвердження переліку об’єктів державної власності, що мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави” (Офіційний вісник України, 2015 р., № 20, ст. 555).

6. НАПБ Б.03.002-2007 *Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою* (затверджені наказом МНС України від 03 грудня 2007 р. № 833).

7. *Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об’єктів будівництва: ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. – [чинний від 2013-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 37 с.*

8. *Захист від пожежі. Пожежна безпека об’єктів будівництва: ДБН В. 1.1-7-2002. – [Введені в дію з 2003-05-01]. – К.: Держбуд України, 2003. – 41 с.*

R. Klymas, O. Yakymenko, Cand. of Sc. (Eng.)
The Ukrainian Civil Protection Research Institute

THE IMPROVEMENT OF REGULATORY FRAMEWORK AS TO CRITERIA FOR EVALUATION OF RISK EXTENT FROM ECONOMIC ACTIVITY IMPLEMENTATION IN THE FIELD OF FIRE AND ANTHROPOGENIC SAFETY

It is shown the necessity of improvement of regulatory framework regarding criteria for evaluation of risk extent from economic activity implementation in the field of fire and anthropogenic safety. It is established a discrepancy of existing criteria to requirements of regulation framework. The new criterion is proposed – the quantitative value of a fire risk and its value for each of the three levels of risk.

*О.В. Кулаков, кандидат технічних наук, доцент,
Лісін О.С., курсант, Національний університет цивільного захисту України*

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

За статистичними даними [1] відсоток пожеж, обумовлених розрядами блискавки, не перевищує одного відсотку від їх загальної кількості. Але практично кожна пожежа від блискавки призводить до значних матеріальних та людських втрат. Тому удосконалення існуючих методів захисту будинків та споруд від розрядів блискавки є необхідним.

З 01 січня 2009 року Наказом від 27.06.2008 р. № 269 Міністерства регіонального розвитку та будівництва України щодо блискавкозахисту введено національний стандарт [2]. Стандарт [2] має ступінь відповідності НЕС стосовно міжнародного стандарту ІЕС 62305:2006 (нееквівалентний або такий стандарт, що не передбачає прийняття міжнародного нормативного документу як національного) [3].

З 01 серпня 2012 року Наказом від 28.05.2012 р. № 640 Міністерства зовнішніх економічних зв'язків і торгівлі України «Про прийняття міжнародних та європейських нормативних документів як національних нормативних документів методом підтвердження» в Україні було введено сучасні Європейські норми з проектування блискавкозахисту [4-7].

Метод підтвердження процедурно є найпростішим методом прийняття. Він не потребує передруку українською мовою тексту міжнародного стандарту. Однак, підтверджувальне повідомлення не можна використати без міжнародного стандарту, і тому останній повинен бути доступним для користування.

Як показала практика, тексти вказаних стандартів не є вільно доступними для користування. Крім того, національний стандарт [2] не був скасований.

Під час проведення наглядово-профілактичної діяльності особовим складом та працівниками Державної служби України з надзвичайних ситуацій виникає питання про статус та особливості застосування перелічених протипожежних норм.

Відповідно до вимог п.7.3 як скасованого у 2015 році національного стандарту [8], так й проекту національного стандарту ДСТУ 1.0:20__ на заміну [8]: «Національні стандарти ... застосовують на добровільних засадах, якщо інше не встановлено законодавством. Порядок застосування стандартів для забезпечення потреб оборони України визначає Міністерство оборони України відповідно до покладених на нього функцій, враховуючи особливості сфери оборони. Порядок як застосовувати і розробляти стандарти для забезпечення потреб державної безпеки та мобілізаційної готовності визначають центральні органи виконавчої влади відповідно до покладених на них функцій».

Вимога щодо обов'язковості застосування національного стандарту [2] є, зокрема, у Правилах [9] (пункт 1.21 глави 1 розділу IV). Вимоги щодо обов'язковості застосування національних стандартів [4-7] у національних протипожежних нормах автором не знайдено.

Вихід з положення, що склалося, підказують пп. 1.2 та 1.3 національного стандарту [2]: «У разі, коли вимоги галузевих нормативних документів є більш жорсткими, ніж у цьому документі, при розробці блискавкозахисту рекомендується виконувати галузеві вимоги. Так само рекомендується діяти, коли вимоги ДСТУ не можна сумістити з технологічними особливостями об'єкта, що захищається. Використані засоби і методи блискавкозахисту вибираються виходячи з умови забезпечення необхідної надійності. ... При розробці проектів будівель, споруд і промислових комунікацій крім вимог ДСТУ враховуються додаткові вимоги до виконання блискавкозахисту згідно з іншими діючими нормами, правилами, інструкціями, державними стандартами».

Проведемо порівняння методів розрахунку блискавкозахисту за нормами [2] та [4-7].

Перш за все, документи не відповідають один одному ні за обсягом ([4-7] є значно більшими у порівнянні з [2]), ні за змістом. У стандарті [4] визначаються загальні принципи захисту від блискавки, у стандарті [5] приводиться методика оцінки ризику, що виникає внаслідок усіх можливих впливів ударів блискавки на об'єкт, стандарт [6] регламентує захист людей та об'єктів від прямих ударів блискавки, стандарт [7] визначає захист електричних та електронних систем всередині об'єктів (захист від вторинних дій блискавки).

Принциповою є різниця у підходах до необхідності захисту від блискавки.

Стандарт [2] встановлює детермінований підхід до захисту об'єктів від блискавки. Об'єкти поділяються на звичайні (промислові підприємства, тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди, житлові і адміністративні будівлі тощо) та спеціальні (об'єкти, що становлять небезпеку для безпосереднього оточення, об'єкти, що становлять небезпеку для екології, об'єкти з обмеженою небезпекою та інші). Для об'єктів пропонується чотири рівня захисту від прямих ударів блискавки. Для I рівня захисту надійність захисту складає $0,99 \div 0,999$, II – $0,95 \div 0,99$, III – $0,9 \div 0,85$, IV – не нижче 0,85. Визначення необхідності виконання блискавкозахисту об'єкту від прямих ударів блискавки та мінімально необхідних рівнів блискавкозахисту здійснюється за додатком А [2] залежно від ступеня небезпеки об'єкту та очікуваної кількості уражень об'єкта за рік.

Стандарт [5] пропонує управління ризиком – встановлюється метод оцінки ризику для об'єктів внаслідок влучення блискавки. Величину допустимого ризику визначає компетентний орган. Типовими є наступні допустимі значення ризиків:

- загибель або травмування людей – $R_T = 10^{-5}$ 1/рік,
- порушення комунального обслуговування – $R_T = 10^{-3}$ 1/рік,
- втрата культурних цінностей – $R_T = 10^{-3}$ 1/рік.

Управління ризиком означає вибір можливих заходів захисту від блискавки з метою зниження ризику до допустимого або більш низького значення.

За обома документами пропонується застосування однакових видів блискавкоприймачів – стрижньові (одиничні, подвійні, багатократні), підвісні тросові різної конфігурації, сітчасті. Але методи розрахунку розмірів зон захисту блискавкоприймачів різні.

Розрахунок форми та розміру зон захисту за нормативним документом [2], проводиться за напівемпіричними формулами, виведеними з геометричних міркувань ще у попередньому сторіччі [10, 11].

Стандарт [6] пропонує застосування розрахункових методів:

- метод сфери, що котиться (rolling sphere design method),
- метод захисного кута (protection angle design method),
- метод захисних сіток (mesh method).

Найбільш точним з методів, що перелічено, є метод сфери, що котиться, який може бути застосований при проектуванні системи блискавкозахисту (або оцінці надійності існуючої) для будівель та споруд будь-якої складної форми. В основу цього методу покладено науково обґрунтоване уявлення про фізичну природу процесу орієнтування блискавки на об'єкт ураження. Дистанція, з якої блискавка може уразити об'єкт, залежить від величини потенціалу на головці лідеру блискавки, та знаходиться в межах від 10 м до 200 м. При цьому, зона ураження має форму півкулі. Напрямок, в якому найбільш вірогідне проростання каналу блискавки, визначається найближчою точкою системи (будівлі сумісно з системою блискавкозахисту), яка має зв'язок з землею.

Метод захисного кута підходить до об'єктів простої форми.

Метод захисної сітки застосовується для захисту плоских поверхонь.

В роботі [12] проведено порівняння зон захисту одиничного стрижньового блискавководводу, розрахованих за формулами [2] та методом сфери, що котиться [6].

Для порівняння визначимо форму та розрахуємо розміри зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу, розрахованих за формулами [2] та методом захисного кута [6].

Припустимо, що висота одиничного стрижньового блискавковідводу $h = 20$ м, захищається об'єкт I рівня блискавкозахисту.

За вимогами таблиці 10 [2] зона захисту одиничного стрижньового блискавковідводу висотою h являє собою круговий конус висотою h_0 з радіусом основи r_0 . Для блискавковідводу висотою $h = 20$ м конус зони захисту для рівня надійності 0,99 має наступні розміри: $h_0 = 0,8 \cdot h = 16$ м, $r_0 = 0,8 \cdot h = 16$ м.

З рисунку таблиці 2 стандарту [6] для об'єкту I рівня захисту та блискавковідводу висотою $h = 20$ м захисний кут $\alpha \approx 23^\circ$. З геометричних міркувань радіус конусу зони захисту $r \approx 7,6$ м.

На рисунку приведено для порівняння переріз у вертикальній площині зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу, що розраховано методом стандарту [2] (горизонтальний штрих) та методом захисного кута [6] (нахильний штрих).

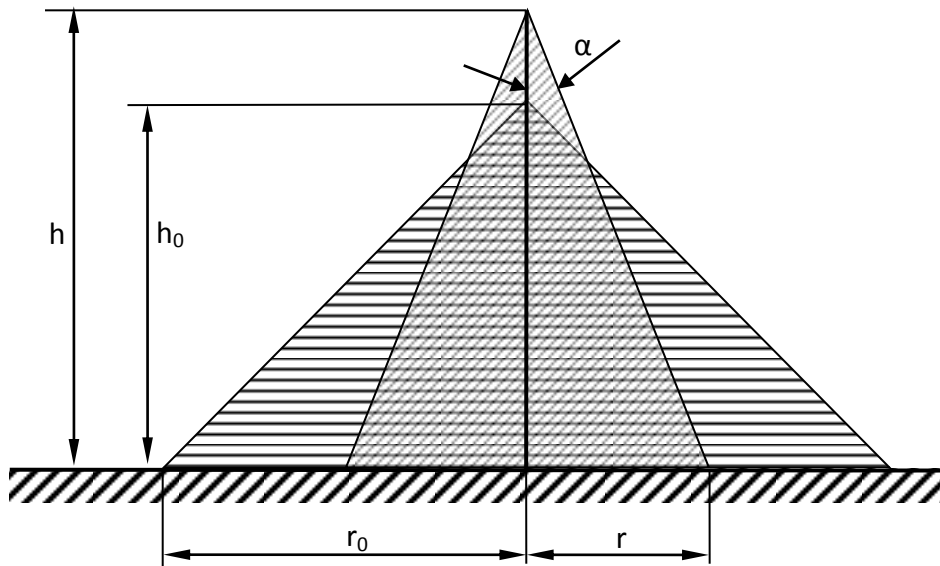


Рисунок – Переріз у вертикальній площині зон захисту одиничного стрижньового блискавковідводу, розрахованих методом стандарту [2] (горизонтальний штрих) та методом захисного кута [6] (нахильний штрих)

Видно, що методом захисного кута [6] отримано зону захисту у вигляді конусу, висота якого більше, а радіус основи менше, ніж у конусу, отриманого методом стандарту [2]. Тобто метод розрахунку стандарту [2] у верхній частині зони захисту є більш жорсткішим, у порівнянні з методом захисного кута [6]. Навпаки у нижній частині зони захисту більш жорсткішим є метод захисного кута [6] у порівнянні з методом стандарту [2].

Висновок. Стосовно улаштування блискавкозахисту для особового складу та працівників Державної служби України з надзвичайних ситуацій базовим слід вважати національний стандарт [2]. Національні стандарти [4-7] можливі до застосування, якщо результати розрахунків за ними не суперечать вимогам [2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>.
2. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IEC 62305:2006 NEC): ДСТУ Б В.2.5-38:2008. – [Чинний від 2009-01-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 63 с. – (Національний стандарт України).
3. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів (ISO/IEC Guide 21-1:2005, NEQ; ISO/IEC Guide 21-2:2005, NEQ): ДСТУ 1.7:2015. — [Чинний від 2015-12-20]. — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. — IV, 30 с. — (Національний стандарт України).
4. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-1:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
5. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
6. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-3:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
7. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-4:2012. – [Чинний від 2012-08-01]. — (Національний стандарт України).
8. Національна стандартизація. Основні положення: ДСТУ 1.0:2003. – [Чинний від 2003-07-01 до 2015-12-20]. – (Національний стандарт України).
9. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджені Наказом МВС України 30.12.2014 N 1417. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 05 березня 2015 р. за N 252/26697.
10. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащита. – Москва: Физматгиз, 2001. - 320 с.
11. Акопян А.А. Исследование защитного действия молниеотводов // Труды ВЭИ. – Москва, 1940. - Т.36. - С.94-159.
12. Кулаков О.В. Аналіз методів розрахунку блискавкозахисту будинків та споруд / О.В. Кулаков, В.В. Князев // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. УГЗ Украины. – 2009. – Вып. 25. – С.94-98.

*O.V. Kulakov, Ph. D, associate professor, Lisin O.S., cadet,
National University of Civil Defense Ukraine*

ANALYSIS OF MODERN METHODS OF CALCULATION OF LIGHTNING PROTECTION

The analysed modern state of home normative base is from arranging of lightning protection houses and building. On the example of the single cored lightning-rod comparison of results of calculation of sizes of zones of protecting is conducted from the direct shots of lightning by different methods.

В.О. Липовий, к.т.н., ст. викладач, НУЦЗУ
М.М. Удянський, к.т.н., доцент, начальник факультету, НУЦЗУ

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НАФТОЗАЛИШКІВ У ВЕРТИКАЛЬНИХ СТАЛЕВИХ РЕЗЕРВУАРАХ

Очищення резервуарів від залишків нафтопродуктів – технологічна операція, яка досить часто повторюється, від якої в значній мірі залежить безпека і ефективність експлуатації резервуарного парку в Україні.

Нормативними документами передбачені наступні строки проведення періодичного очищення резервуарів, а саме: не менше двох разів на рік – для палива для реактивних двигунів, авіаційних бензинів, авіаційних мастил та їх компонентів; не менше одного разу на рік – для присадок до мастил і мастил з присадками; не менше одного разу на два роки – для інших мастил, автомобільних бензинів, дизельного палива, парафінів та інших аналогічних їм за властивостями нафтопродуктів [1].

Крім того, очищення резервуарів необхідно проводити при зміні сорту нафтопродукту, при звільненні від пірофорних відкладень, іржі, води, високов'язких відкладень з наявністю мінеральних забруднень, а також для проведення комплексної дефектоскопії, чергових або позачергових ремонтів.

Нафтозалишки уявляють собою складний конгломерат, який складається з різноманітних за своїм складом і фізико-хімічними властивостями речовин, що мають різні джерела походження, структуру та фазовий стан. Дослідження складу та властивостей нафтозалишків та впливу на ці властивості різних факторів дозволяє обґрунтувати і розробити найбільш ефективні способи і засоби для видалення із резервуарів відкладень, які там утворилися.

Встановлено [2], що нафтозалишки, які накопичилися в резервуарі – це тверді або високов'язкі напіврідкі продукти різної в'язкості, основою яких є залишки нафтопродукту, в якому містяться забруднення різного походження. Колір нафтозалишків, в залежності від вмісту в них води, може змінюватися від чорного до світло-бурого, а густина – від 0,9 до 1,8 т/м³ при 20 °С. Залишкові забруднення містять велику кількість твердих часток, що входять до складу атмосферного пилу, оксиди заліза, які є продуктами корозії, і органічні речовини, які утворюються при фізико-хімічних і хімічних перетвореннях нафтопродуктів.

Забруднення мінерального походження істотно ускладнюють процес видалення залишків нафтопродукту з резервуарів, збільшуючи трудомісткість робіт. Крім того, частки мінерального походження сорбують на своїй поверхні органічні забруднення, створюючи стійкі конгломерати, а тверді частинки оксидів заліза, магнію, кальцію і кремнію є стабілізаторами емульсій і значно уповільнюють їх руйнування.

Вода знаходиться в залишкових забрудненнях у вигляді емульсії зворотного типу, тобто емульгованих у нафтопродукт. Обводненість залишкових забруднень викликана відстоюванням вільної води, що міститься у нафтопродукті, зберігається, а також конденсацією в порожньому резервуарі атмосферної вологи, попаданням в резервуар крапельної вологи при його розгерметизації і т.п.

В'язкість залишків нафтопродукту, що знаходяться в резервуарі, може змінюватися в широкому діапазоні і залежить від вмісту в них емульгованої води. В'язкість різко зростає, якщо вміст води в нафтозалишках досягає 20 - 25 % і вище. В'язкість утворених нафтозалишків різко зростає при зниженні температури, тим самим видалення його із резервуара без підігріву унеможливується.

В літературних джерелах наведені дані про склад нафто залишків, які утворилися у сталевих вертикальних резервуарах після зберігання в них різних сортів нафтопродуктів. Ці дані наведені в роботах [3-6], представлені на рис.1 та узагальнені в таблиці 1.

Таблиця 1

Склад нафтозалишків у резервуарах після зберігання нафтопродуктів

| Показники | Паливо із нафти | | Авіагас | | Крекінг-гас | Етильований бензин | Дизельне паливо | Мазут | | |
|---------------|-----------------|--------------|---------|------|-------------|--------------------|-----------------|-------|------|------|
| | сірчиста | малосірчиста | ТС-1 | Т-1 | | | | 1 | 2 | 3 |
| | | | | | | | | | | |
| Зольність, %: | 77 | 83 | 85 | 75 | 89 | 56-79 | 6-20 | 5,0 | 24,5 | 18,0 |
| Вміст, %: | | | | | | | | | | |
| води | 10 | 7 | 3 | 5 | | | | 12,5 | 7,0 | 20,0 |
| орг. речовин | 13 | 10 | 12 | 20 | 11 | | | 82,5 | 68,5 | 62,0 |
| у тому числі: | | | | | | | | | | |
| асфальтенів | - | - | - | - | - | | - | - | 9,0 | 11,5 |
| карбенів | - | - | - | - | - | | - | 4,5 | 4,0 | 4,4 |
| Склад, %: | | | | | | | | | | |
| Вуглець | 9,9 | 12,3 | 7,2 | 12,3 | 15,3 | - | 50-85 | | | |
| Водень | 5,1 | 6,3 | 3,6 | 6,3 | 2,3 | - | 5-9,5 | | | |
| Сірка | 0,6 | 0,7 | 0,04 | 0,8 | 0,1 | - | 1,3-4,7 | | | |
| Азот | 0,7 | 0,4 | 0,04 | 0,4 | 1,26 | - | 0,5-5,9 | | | |
| Оксиген | 41,6 | 28,3 | 34,8 | 24,7 | 22,7 | - | 6-27 | | | |
| Залізо | 40,3 | 49,3 | 50,5 | 50,1 | 48,5 | 24-49 | - | | | |
| Кремній | 0,7 | 0,5 | 10,5 | 0,98 | 4,1 | 4-5 | - | | | |
| Цинк* | - | - | - | - | 23-45* | - | | | | |
| Свинець | - | - | - | - | - | 4-6 | - | | | |

* Вміст цинку у відкладеннях із оцинкованих резервуарів

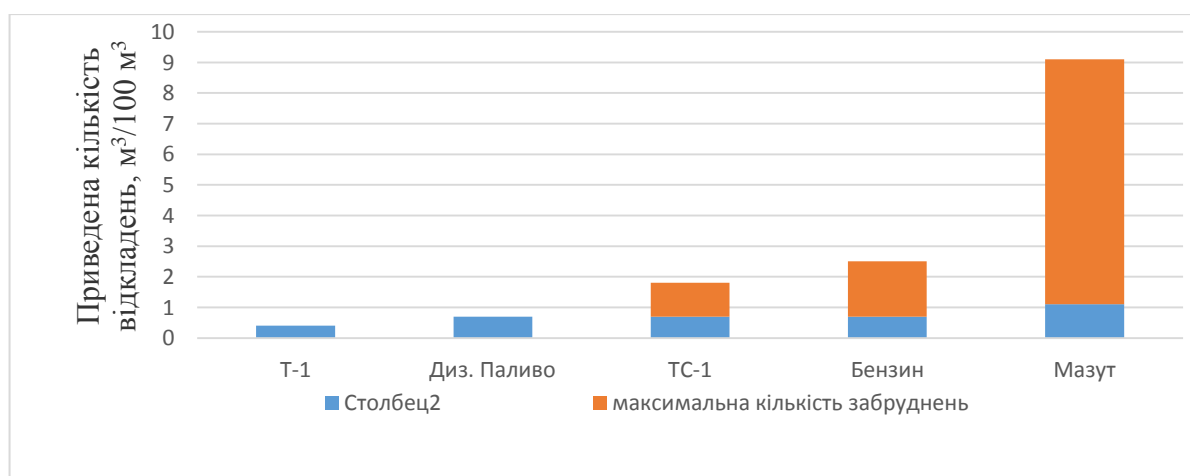


Рис. 1. Приведена кількість відкладень залежно від виду нафтопродукту

Як видно з даних наведених у табл. 1 та рис.1, залишки в резервуарах і інших ємностях характеризуються великим вмістом органічних забруднень – асфальто-смолистих речовин, карбенів і карбоїдів, які є твердими емульгаторами, що створює певні труднощі при очищенні резервуарів від забруднень.

Для визначення кількості нафтозалишку в середині резервуару пропонується використовувати спосіб [7] визначення рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів. Сутність якого полягає в тому, що до початку експлуатації в об'ємі резервуара стаціонарно встановлюються інфрачервоні датчики вимірювання відстані, кількість та схема розташування яких визначається об'ємом та формою резервуара, що контролюється. Система датчиків підключається до блоку управління та контролю, який здійснює їх живлення та обробляє інформаційні сигнали. Система інфрачервоних датчиків вимірює відстані до внутрішніх поверхонь резервуару до та після його першого заповнення і зберігає отримані результати у внутрішній пам'яті блоку управління та контролю як контрольні значення. При утворенні відкладень твердих часток на внутрішніх поверхнях резервуару, що контролюється, система інфрачервоних датчиків реєструє зміну відстані до них. За величиною зміни відстані, розраховується об'єм та маса нафто залишку, який знаходиться в резервуарі, а також швидкість його утворення .

Таким чином, використання запропонованого способу визначення рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів дозволяє підвищити довговічність та техніко-експлуатаційний рівень резервуарів за рахунок оперативного та високоточного визначення наявності та кількісної оцінки відкладень осаду на усіх можливих поверхнях його утворення, що дозволить оптимізувати поточно-експлуатаційні та ремонтні роботи, підвищити рівень пожежної безпеки об'єкту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання: ДСТУ 4454:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 139 с. – (Національний стандарт України).
2. Фатхiev Н.М. Способы очистки резервуаров при подготовке к ремонту / Н.М. Фатхiev, П.М. Бондаренко. – Москва: ЦНИИТЭ «Нефтехим», 1990. – 72 с.
3. Чертков Я.Б. Загрязнения и методы очистки нефтяных топлив / К.В. Рыбаков, В.Н. Зрелов. – Москва: «Химия», 1970. – 224 с.
4. Чертков Я.Б. Предотвращение загрязнений и очистка топлив / К.В. Рыбаков, В.Н. Зрелов. – Москва: ЦНИИТЭ «Нефтегаз», 1963. – 100 с.
5. Евтихин В.Ф. Очистка резервуаров от остатков и отложений нефтепродуктов / С.Г. Малахова. – Москва: ЦНИИТЭ «Нефтехим», 1984. – 64 с.
6. Кацман, Ф. М. Защита от коррозии нефтяных резервуаров-актуальная задача современности [Текст] / Ф. М. Кацман // Журнал Нефтегаз.—2003. – № 11. – С. 17–19.
7. № а201404034 Патент «Спосіб вимірювання рівня відкладень твердих часток на внутрішній поверхні резервуарів при зберіганні світлих нафтопродуктів» Удянський М.М., Ларін О.М., Калиновський А.Я., Ковалев О.О.

Lipovii Vladimir, candidate of technical sciences, teacher, Department of Fire and industrial safety facilities and technology National University of Civil Defense Ukraine

Method for determining sediment in steel tanks of petroleum products

Cleaning tanks from oil slops – technological operations, from which depend in a safe and efficient operation of the tank farm in Ukraine. Normative document defines the timing of cleanings steel tanks. It is found that precipitation accumulated in the tank are semi- solid or highly viscous products. They have different mobility, which are based on the remnants of oil, which contains residual contamination of different origin. It is proposed to use a method for determining the presence and quantification of precipitation deposits on the inner surface of the storage tanks for light oil. It can increase the durability and technical and operational level tanks.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ ПОЛУКОКСА НА ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ ГАЗОВ

Разрабатываемый непрерывный процесс термоллиза позволяет получать из органической массы малометаморфизированных углей при нагреве до 650-700 С жидкие и газообразные химические продукты (в том числе и достаточно сложной структуры) для различных направлений использования, что является актуальным в условиях ограниченности энергоресурсов в Украине. Однако, как установлено в лабораторных условиях, примерно половина сухой массы угля образует твердый продукт - полукокс. Его специфические свойства (низкая прочность, мелкодисперсный состав, высокая реакционная способность) существенно сужают область его возможного использования. В то же время органическую массу полукокса можно перевести в более технологичное газообразное состояние путем газификации - взаимодействия с недостаточным количеством кислорода и водяным паром. Образующийся при этом газ состоит преимущественно из водорода и окиси углерода и может найти широкое применение как энергоноситель и сырье для химических синтезов.

Объектом исследования был полукокс, полученный из концентрата марки ДГ.

В работах [1-6] приведены результаты исследований, направленных на исследование пожарной опасности различных стадий процесса газификации углей. Значительный интерес представляет изучение влияния технологических и эксплуатационных факторов на область воспламенения образующихся многокомпонентных газовых смесей.

Целью исследования является обеспечение эффективной газификации твердых продуктов термоллиза малометаморфизированных углей, получение генераторных газов, обладающих удовлетворительной воспламеняемостью и обладающих необходимыми эксплуатационными свойствами.

Во всех опытах расход реагентов на 100 г полукокса составлял: водяного пара - 70 г, воздуха - 300 л. Результаты исследований влияния температуры на состав и характеристики получаемых газов представлены в табл. 1, а продолжительности процесса газификации в табл. 2.

Таблица 1. – Влияние температуры в реакционной зоне на состав и теплоту сгорания генераторных газов

| № опыта | Температура, С | Состав сухого газа, об. % | | | | | | Низшая теплота сгорания газа, МДж/кг |
|---------|----------------|---------------------------|-----------------|----------------|------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| | | CH ₄ | CO ₂ | H ₂ | CO | N ₂ | O ₂ | |
| 1. | 700 | 1.5 | 8.5 | 17.5 | 22.9 | 49.5 | 0.1 | 5.35 |
| 2. | 800 | 1.5 | 7.7 | 14.6 | 23.9 | 50.0 | 0.3 | 5.43 |
| 3. | 900 | 1.5 | 6.6 | 15.8 | 25.4 | 50.4 | 0.3 | 5.52 |
| 4. | 1000 | 1.5 | 6.0 | 15.2 | 26.2 | 50.8 | 0.3 | 5.52 |
| 5. | 1100 | 1.5 | 5.3 | 14.6 | 27.1 | 51.2 | 0.3 | 5.56 |
| 6. | 1200 | 1.5 | 5.1 | 14.5 | 27.4 | 51.2 | 0.3 | 5.81 |

Анализ данных, представленных в табл. 2 показывает, что в целом повышение температуры процесса позволяет сдвинуть влево химическое равновесие реакции



В результате в получаемом газе снижается содержание диоксида углерода.

Таким образом, рациональный уровень температуры процесса газификации должен определяться с учетом не одного, а нескольких критериев, влияние которых разнонаправлено. Результаты выполненных исследований позволяют рекомендовать в качестве такого уровня температуру в реакционной зоне 900 С.

Таблица 2. – Влияние продолжительности процесса газификации на состав и свойства получаемых газов

| № опыта | Время газификации, мин | Состав сухого газа, об. % | | | | | | Низшая теплота сгорания газа, МДж/кг |
|---------|------------------------|---------------------------|-----------------|----------------|------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| | | CH ₄ | CO ₂ | H ₂ | CO | N ₂ | O ₂ | |
| 1. | 10 | 1.5 | 16.0 | 8.1 | 6.7 | 66.7 | 0.4 | 2.26 |
| 2. | 20 | 1.4 | 12.8 | 10.7 | 13.4 | 61.4 | 0.3 | 3.57 |
| 3. | 30 | 1.3 | 10.5 | 12.4 | 17.9 | 57.6 | 0.3 | 4.08 |
| 4. | 40 | 1.3 | 9.2 | 13.3 | 20.4 | 55.5 | 0.3 | 4.50 |
| 5. | 50 | 1.2 | 7.9 | 14.2 | 23.1 | 53.3 | 0.3 | 4.89 |
| 6. | 60 | 1.2 | 7.9 | 14.2 | 23.1 | 53.3 | 0.3 | 4.89 |

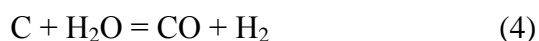
Из этих данных следует, что увеличение продолжительности процесса в целом положительно сказывается на выходе и свойствах получаемых продуктов: увеличивается степень конверсии углерода и водяного пара, повышается выход и теплотворная способность газа, снижаются его плотность и влажность, возрастает содержание в нем целевых компонентов – CO и H₂, уменьшается выход шлака и повышается его зольность. Объяснить эти данные можно, по нашему мнению, исходя из следующих предположений.

Паровоздушное дутье подается в установку противотоком по отношению к углю, поэтому сразу попадает в зону наиболее высоких температур, где с точки зрения термодинамики возможны две реакции углерода полукокса с кислородом воздуха:



Преимущественно протекает реакция (2), так как она имеет большее абсолютное значение уменьшения энергии Гиббса на единицу количества углерода, поэтому паргазообразные продукты, образующиеся в этой зоне, состоят преимущественно из CO₂.

Достаточно высокая скорость реакций приводит к тому, что в этой зоне расходуется практически весь кислород, введенный в реактор в составе паровоздушного дутья. В этой же зоне протекает реакция углерода с водяным паром, а также вторичная реакция CO₂ с углеродом (обе реакции сопровождаются поглощением тепла):



Скорость реакций углерода с водяным паром и CO_2 относительно невелика, так как они протекают лишь на границе раздела фаз (твердой и парогазовой). Поэтому глубина их протекания зависит в первую очередь от времени пребывания углеродистого материала в соответствующей температурной зоне.

При малом времени пребывания снижаются степени конверсии углерода и водяного пара, выход газа, в нем увеличивается содержание CO_2 (за счет снижения доли CO и H_2), сужается область воспламенения и снижается теплотворная способность.

На состав образующихся парогазовых продуктов оказывают влияние также вторичная реакция (1) между образующимися веществами и процессы, протекающие по всему объему полукокса без доступа кислорода в зоне относительно низких температур. В результате этих процессов образуется CH_4 , а также дополнительные количества CO , CO_2 , N_2 и особенно H_2 , что способствует расширению области воспламенения генераторного газа. При постоянном расходе дутья количество переходящих в газ CH_4 , N_2 и O_2 остается практически неизменным, но в связи с изменением выхода газа массовая доля этих компонентов в нем также изменяется.

В целом анализ экспериментальных данных показывает, что для эффективной газификации время пребывания материала в реакторе должно быть не менее 50 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луценко Ю.В., Тарахно Е.В., Олейник В.В. Влияние инертных примесей на концентрационные пределы распространения пламени генераторных газов // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: ХИПБ, 1997. – вып. 2 – С. 103-106.
2. Луценко Ю.В., Тарахно Е.В., Олейник В.В. Влияние начальной температуры на изменение нижних концентрационных пределов распространения пламени генераторных газов // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: ХИПБ, 1998. – вып. 3 – С. 104-108.
3. Луценко Ю.В., Шульга И.В., Олейник В.В., Деревянко И.Г. Оценка изменения качественного состава и пожарной опасности генераторных газов в зависимости от технологических факторов // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: ХИПБ, 1998. – вып. 4 – С. 129-133.
4. Луценко Ю.В., Олейник В.В. Анализ опасности возникновения пожаров и взрывов в генераторных отделениях // Пожежна безпека. Науковий збірник. – Черкаси: ЧПБ, 1999. – С. 52-54.
5. Луценко Ю.В., Яровой Е.А. Оценка влияния продолжительности процесса газификации полукокса на воспламеняемость получаемых газов // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: АГЗУ, 2006. – вып. 19 – С. 123-125.
6. Луценко Ю.В., Яровой Е.А., Стець Н.Н. Влияние температуры на состав и горючесть газов, образующихся в процессе газификации полукокса // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: УГЗУ, 2006. – вып. 20 – С. 125-127.

*Lutsenko YV ..., Ph.D., Associate Professor
National University of Civil Defense of Ukraine
Ustich SV, Students,
National University of Civil Defense of Ukraine*

STUDY OF TEMPERATURE AND DURATION OF GASIFICATION CHAR FLAMMABILITY OF THE GASES

The results of experimental studies of the effect of temperature and duration of the process of gasification of coal char on the composition of gases and flammability

ОЦІНКА ВПЛИВУ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ З ВИБУХОМ ХМАРИ ГАЗОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ

Незважаючи на значну практичну потребу, в Україні на даний час відсутній єдиний теоретико-методологічний підхід до побудови методів, що забезпечують оцінку впливу вибуху хмар газоповітряної суміші (ГПС) в умовах промислового об'єкту з урахуванням особливостей забудови території, режиму вибуху, характеристик вибухонебезпечних речовин. Для кількісної оцінки параметрів повітряних ударних хвиль при вибухах ГПС розглянемо повне руйнування обладнання, що містить горючу речовину в газоподібній фазі, викид цієї речовини в навколишнє середовище, утворення хмари ГПС, вибухове перетворення ГПС [1].

На відкритому технологічному майданчику в результаті надзвичайної ситуації з повною розгерметизацією ємності, що містить скраплений пропан, стався викид 8 тонн газу з утворенням хмари ГПС. Масова концентрація газу в хмарі склала $0,14 \text{ кг/м}^3$, об'єм хмари – близько 57 тис.м^3 . Займання хмари призвело до дефлаграційного вибуху. НС сталася влітку, в денний час, в ясну безвітряну погоду. На відстані 80 м, 100 м і 135 м від місця вибуху розміщуються споруди та відкриті технологічні установки підприємства. Потрібно визначити ймовірність їх пошкодження (руйнування) при вибуху хмари ГПС.

Дані для розв'язання задачі:

- | | |
|---|---------------------|
| • вибухонебезпечна речовина | пропан; |
| • агрегатний стан суміші | газова; |
| • концентрація газу в суміші, c_r , кг/м^3 | 0,14; |
| • маса газу в хмарі, M_r , кг | 8000; |
| • питома теплота згоряння газу q_r , Дж/кг | $4,64 \cdot 10^7$; |
| • навколишній простір | відкритий; |
| • відстані до сусідніх об'єктів, м | 80, 100, 135. |

Розрахунки будемо виконувати відповідно до рекомендацій [2].

Визначаємо ефективний енергозапас E хмари ГПС:

$$E = 2M_r q_r c_{ст}/c_r,$$

де $c_{ст}$ – стехіометрична концентрація пропану в суміші з повітрям, $c_{ст} = 0,077 \text{ кг/м}^3$.
Отримуємо:

$$E = 2M_r q_r c_{ст}/c_r = 2 \cdot 8000 \cdot 4,64 \cdot 10^7 \cdot 0,077 / 0,14 = 4,1 \cdot 10^{11} \text{ Дж.}$$

Розраховуємо величину швидкості V_r фронту полум'я при вибуху хмари ГПС:

$$V_r = k_1 M_r^{1/6},$$

де k_1 – константа, $k_1 = 43$ [1]. Отримуємо

$$V_r = k_1 M_r^{1/6} = 43 \cdot 8000^{1/6} = 192 \text{ м/с.}$$

Визначаємо безрозмірні відстані R_{xi} до сусідніх об'єктів за формулою [3]

$$R_{xi} = r_i / (E/P_0)^{1/3},$$

де r_i – відстань до i -го об'єкта, м; P_0 – нормальний атмосферний тиск, $P_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па. Отримуємо

$$\begin{aligned} r_1 &= 80 \text{ м}, & R_{x1} &= r_1 / (E/P_0)^{1/3} = 80 / (4,1 \cdot 10^{11} / 1,01 \cdot 10^5)^{1/3} = 0,50; \\ r_2 &= 100 \text{ м}, & R_{x2} &= r_2 / (E/P_0)^{1/3} = 100 / (4,1 \cdot 10^{11} / 1,01 \cdot 10^5)^{1/3} = 0,63; \\ r_3 &= 135 \text{ м}, & R_{x3} &= r_3 / (E/P_0)^{1/3} = 135 / (4,1 \cdot 10^{11} / 1,01 \cdot 10^5)^{1/3} = 0,85. \end{aligned}$$

Розраховуємо основні параметри вибуху хмари ГПС при швидкості горіння 192 м/с, до яких відносяться параметри повітряних ударних хвиль вибуху – надмірний тиск ΔP і імпульс хвилі тиску I .

1). Визначаємо безрозмірні величини тиску P_{1xi} і імпульсу I_{1xi} для дефлаграційного вибуху за значеннями безрозмірних відстаней R_{xi} , $i = 1, 2, 3$, [3]. Результати розрахунків зводимо в табл. 1.

2). Для безрозмірних відстаней R_{xi} , $i = 1, 2, 3$, визначаємо величини P_{2xi} і I_{2xi} , які відповідають режиму детонації і для випадку газоповітряної суміші [2]. Результати розрахунків зводимо в табл. 1.

3). Визначаємо остаточні значення безрозмірних величин P_{xi} і I_{xi} , $i = 1, 2, 3$, для трьох об'єктів:

$$P_{xi} = \min (P_{1xi}, P_{2xi}); \quad I_{xi} = \min (I_{1xi}, I_{2xi}).$$

4). Після визначення безрозмірних величин тиску P_{xi} і імпульсу I_{xi} обчислюємо відповідні їм розмірні величини надлишкового тиску ΔP і імпульсу I в повітряній ударній хвилі на відстанях 80 м, 100 м і 135 м від місця вибуху [3]. Результати розрахунків зводимо в табл. 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку основних параметрів вибуху хмари ГПС

| i | r_i , м | R_{xi} | Режим вибуху | | | | Надлишковий тиск, ΔP , Па | Імпульс хвилі тиску, I , Па·с |
|---|-----------|----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | | | Дефлаграція | | Детонація | | | |
| | | | P_{1xi} | I_{1xi} | P_{2xi} | I_{2xi} | | |
| 1 | 80 | 0,5 | 0,35 | 0,0496 | 0,85 | 0,052 | $4,4 \cdot 10^4$ | $2,84 \cdot 10^4$ |
| 2 | 100 | 0,63 | 0,29 | 0,0427 | 0,74 | 0,049 | $2,8 \cdot 10^4$ | $2,04 \cdot 10^4$ |
| 3 | 135 | 0,85 | 0,23 | 0,0368 | 0,68 | 0,041 | $1,9 \cdot 10^4$ | $1,37 \cdot 10^4$ |

Використовуючи дані табл. 1, можна виконати оцінку вражаючої дії вибуху хмари.

Реальний розподіл простору, в якому діють фактори ураження, на дві частини (одна – зона ураження, інша – зона стійкості) не має чіткої межі. Наближення параметрів вибухової хвилі на межі небезпечної зони викликає наростання ймовірності заданого рівня поразки від 0 до 100%. При перевищенні певної величини надлишкового тиску ΔP і імпульсу I досягається 100% ймовірність поразки. Це не дозволяє точно оцінити рівень збитку на основі виділення декількох фіксованих зон ураження. Більш точну оцінку дає визначення ймовірності досягнення рівня збитку за допомогою пробіт-функції [4].

Оцінка ймовірності пошкодження промислових будівель і споруд, при яких можливо їх відновлення, визначається пробіт-функцією виду:

$$Pr_1 = 5 - 0,26 \ln V_1$$

де параметр V_1 знаходиться з виразу

$$V_1 = (17500/\Delta P)^{8,4} + (290/I)^{9,3}.$$

Оцінка ймовірності руйнування промислових будівель і споруд, при яких вони підлягають знесенню, визначається пробіт-функцією виду:

$$Pr_2 = 5 - 0,22 \ln V_2.$$

де параметр V_2 визначається виразом

$$V_2 = (40000/\Delta P)^{7,4} + (460/I)^{11,3}.$$

Використовуючи отримані величини ΔP та I , знаходимо значення відповідних пробіт-функцій для трьох заданих об'єктів і зводимо результати в табл. 2. Зв'язок пробіт-функції Pr_1 з ймовірністю $p, \%$, того чи іншого рівня ураження від вибуху хмари ГПС визначається по [2, табл. 3]. Знайдені ймовірності ураження зводимо в табл. 2

Таблиця 2. Результати розрахунку ймовірностей пошкодження або руйнування будівель, споруд та технологічних установок при вибухах хмар ГПС

| і | $r_i, \text{ м}$ | Пробіт-функція | | Ймовірність | |
|---|------------------|----------------|--------|------------------------|-----------------------|
| | | Pr_1 | Pr_2 | пошкодження будівлі, % | руйнування будівлі, % |
| 1 | 80 | 6,48 | 4,91 | 93 | 47 |
| 2 | 100 | 6,06 | 4,47 | 86 | 28 |
| 3 | 135 | 5,84 | 4,12 | 80 | 19 |

Викладена методика дозволяє оцінити наслідки НС з вибухом хмари ГПС, яка стала наслідком аварійного викиду вибухонебезпечного газу з технологічного обладнання НПЗ. Оцінка виконується з урахуванням характеристик горючого газу, режиму вибухового перетворення, параметрів хмари та інформації про навколишній простір.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чуб І.А. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації з вибухом хмари газоповітряної суміші / І.А. Чуб, В.В. Матухно // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2016. – Вип. 23. – С. 186-191.
2. Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта. Приказ Ростехнадзор 15.07.2013 г. №306 .
3. РД 03-409-01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. – 38 с.
4. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т. 1: Пер. с англ. / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю. Н. Тюрина. — М.: Финансы и статистика, 1989. – 510 с.

I.A. Chub, doctor of the technical sciences, professor, National civil defense university of Ukraine; V.V. Matukhno, National civil defense university of Ukraine

Assessment impact of the emergencies with the explosion a cloud of gas-air mixture

The technique of predicting the effects of an emergency situation in the explosion of gas-air clouds in a refinery. The methodology includes the calculation of the explosion parameters and evaluating the possibility of damage to or destruction of buildings, structures and technological installations.

О.П.Михайлюк, кандидат хімічних наук, доцент, НУЦЗУ
В.В. Коврегін, кандидат технічних наук, доцент, НУЦЗУ

ПРО НЕОБХІДНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КАТЕГОРУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ ТА ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

Існуюча сьогодні в Україні система нормування категорій приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою за останні десятиріччя зазнала багато змін, які позначилися, у першу чергу, у великій кількості понять і визначень, методів розрахунків і допущень тощо. У результаті цього на зміну НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» (далі Норми) затверджено Національний стандарт України Б.В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» (далі ДСТУ), який набуває чинності 01.01.2017 року [1].

Представлений ДСТУ майже не має відмінностей від Норм. Але поряд з цим слід звернути увагу на деякі з них, зокрема, в ДСТУ в переліку об'єктів, на які поширюється порядок визначення категорій приміщень і будинків за вибухопожежною та пожежною небезпекою, наведено лабораторії, а не поширюється цей стандарт на будинки та приміщення, що призначені для виробництва, зберігання та утилізації вибухових речовин і засобів підривань, а також зовнішні установки для виробництва вибухових речовин.

На жаль новий ДСТУ не дає відповіді на безліч питань, що виникають під час визначення категорії приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Особливо недосконалою є методика визначення категорії зовнішніх установок з наявністю горючих речовин і матеріалів.

Пожежі на відкритих технологічних установках протікають у більш складних умовах, ніж у виробничих чи складських будівлях і часто супроводжуються швидким поширенням вогню на сусідні апарати і установки та можуть приймати характер катастрофи з великими матеріальними збитками. У зв'язку з цим більша увага повинна приділятися нормативним вимогам щодо забезпечення вибухопожежної та пожежної безпеки зовнішніх установок, ефективність яких залежить від вірно визначеної категорії пожежовибухонебезпеки.

На відміну від виробничих приміщень технологічне обладнання та апарати відкритих технологічних установок розташовуються на невеликій відстані один від одного і досить часто мають значну висоту. Апарати зовнішніх установок часто заповнені великою кількістю горючих і легкозаймистих рідин і газів та працюють під високим тиском і температурою, що визначає різні сценарії аварій з пожежами і вибухами, з яких для визначення категорії зовнішньої установки обирають найнесприятливіший варіант [1,2].

Серед основних критеріїв вибухопожежної і пожежної небезпеки технологічних установок з горючими газами і рідинами слід відмітити максимальні розміри (радіус і висоту) вибухонебезпечних зон, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я (відповідно до Норм та ДСТУ визначають тільки горизонтальний розмір зони), які розраховують за формулами [3,4]:

для горючих газів (ГГ):

$$R_{HKMP} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{HKMP}} \right)^{0,333}, \quad (1)$$

$$Z_{HKMP} = 0,26 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{HKMP}} \right)^{0,333}; \quad (2)$$

для парів легкозаймистих рідин (ЛЗР):

$$R_{HKMP} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{HKMP}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{\Pi}}{\rho_{\Pi} \cdot P_H} \right)^{0,333}, \quad (3)$$

$$Z_{HKMP} = 0,12 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{HKMP}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{\Pi}}{\rho_{\Pi} \cdot P_H} \right)^{0,333}, \quad (4)$$

де R_{HKMP} - радіус зони, що обмежує область концентрацій, які перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я, м; Z_{HKMP} - висота зони, що обмежує область концентрацій, які перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я, м; m_{Γ} , m_{Π} - маса ГГ і парів ЛЗР відповідно, що потрапили до навколишнього простору під час аварії, кг; $\rho_{\Gamma, \Pi}$ - густина ГГ і парів ЛЗР за розрахункової температури й атмосферного тиску, кг/м³; C_{HKMP} - нижня концентраційна межа поширення полум'я ГГ або парів ЛЗР, % (об.); K - коефіцієнт, що приймається для ЛЗР рівним $K = \tau/3600$ (τ - тривалість надходження парів ЛЗР до навколишнього простору, с); P_H - тиск насичених парів ЛЗР за розрахункової температури, кПа.

Проведені розрахунки горизонтальних і вертикальних розмірів зон, що обмежують газо-, пароповітряні суміші з концентраціями горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я, у разі аварійного потрапляння до навколишнього простору ГГ чи парів ЛЗР показали, що горизонтальний розмір зони значно перевищує вертикальний, як для випадку аварії на зовнішній установці з ГГ, так і у разі аварії на апаратах з легкозаймистими рідинами.

Необхідно відмітити, що формули (1-4) справедливі для нерухомого повітряного середовища [3,4], що обумовлює отримання невірних значень критеріїв для оцінки пожежовибухонебезпеки установок, які розташовуються на відкритих технологічних майданчиках.

Окремого вивчення вимагає положення щодо початку відліку горизонтального розміру зон, що обмежують нижню концентраційну межу поширення полум'я. Доцільно початок відліку горизонтального розміру зон, що обмежують нижню концентраційну межу поширення полум'я, приймати у залежності від розмірів технологічного обладнання, агрегатного стану, пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що обертаються у ньому, а також сценарію розвитку аварії. Так, наприклад, при розгерметизації апаратів з наявністю легкозаймистих рідин без їх руйнування випаровування парів рідини відбувається з поверхні відкритої ємності і за початок відліку горизонтального розміру зон, що обмежують нижню концентраційну межу поширення полум'я, можна прийняти зовнішні габаритні розміри апаратів. Але, якщо аварія супроводжується руйнуванням апарата, розливом рідини з наступним її випаровуванням з площі розливу (для відкритих технологічних установок за відсутності обвалування площа розливу має великі розміри) за початок відліку горизонтального розміру зон, що обмежують нижню концентраційну межу поширення полум'я, приймають зовнішні габаритні розміри розливу [3,4]. Останній варіант не знайшов відображення у нормативних документах системи категорювання об'єктів за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Критерієм оцінки пожежовибухонебезпеки зовнішніх технологічних установок, на яких можливий вибух газо-, пароповітряних сумішей вважають надлишковий тиск вибуху, який розраховують згідно [1,2] за формулою

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(0,8 \frac{m_{np}^{0,33}}{r} + 3 \frac{m_{np}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{m_{np}}{r^3} \right) \quad (5)$$

де P_0 - атмосферний тиск, кПа; r - відстань від геометричного центру апарата, установки до межі розрахункової зони, м; m_{np} - приведена маса ГГ і/або парів ЛЗР та ГР, кг.

За вимогами Норм і Стандарту у даній формулі відстань (r) визначається як відстань від геометричного центру газо-, пароповітряної хмари до межі розрахункової зони. Для обґрунтування даного положення, що виноситься до нормативних актів, необхідно провести більш глибокі дослідження і розрахунки.

Особливої уваги у нормативному забезпеченні потребує система категорювання об'єктів за вибухопожежною та пожежною небезпекою, які мають автономне пожежогасіння, адресні системи автоматичної пожежної сигналізації, системи раннього виявлення загорянь тощо. Якщо від категорії приміщення, будинку за вибухопожежною та пожежною небезпекою залежить його обладнання автоматичною установкою пожежної сигналізації, автоматичною установкою пожежогасіння, ступінь вогнестійкості, площа протипожежних відсіків тощо, то очевидно була б залежність категорії приміщення за вибухопожежною небезпекою не тільки від кількості горючої речовини, але і наявності засобів і систем протипожежного захисту.

Таким чином, аналіз системи категорювання приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою, що знайшла відображення у Національному стандарті України Б.В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» показав, що вона потребує удосконалення, і в першу чергу, уточнення кількісних методів оцінки параметрів пожежовибухонебезпеки приміщень, будинків і зовнішніх установок.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б.В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Наказ від 15.06.2016 №158.
2. НАПБ Б,03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
3. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
4. Приказ МЧС РФ № 404 от 10.07.2009. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.

A. P. Mikhailyuk, candidate of chemical Sciences, associate Professor, NOVSU
**ON THE NECESSITY OF IMPROVING THE SYSTEM OF CATEGORIZATION OF
OBJECTS BY EXPLOSION AND FIRE HAZARD**

The analysis of the system of categorization of premises, buildings and outdoor installation-work on fire and explosion safety, which showed the need doskona-tion, first and foremost, the refinement of quantitative methods for the estimation of the parameters of bozejovice-security industrial facilities and warehouses.

ВПЛИВ ФАКТОРА ТИСКУ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЦТВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПЕРЕРОБКОЮ ПАРОГАЗОВИХ СИСТЕМ

Однією зі специфічних умов експлуатації технологічного устаткування в хімічних виробництвах є присутність стадій, де використовуються знижені тиски не тільки в газових системах, але й у парових середовищах.

Розглядаючи особливості горіння газових систем при тисках до 101 кПа, у роботах [1, 2] були встановлені небезпечні для виробництва особливості. Зокрема, для модельної системи H_2-O_2 , при зниженні тиску, нижня концентраційна межа поширення (КМП) полум'я спочатку зменшується, потім зростає. Дослідження модельних $H_2-O_2-N_2$ систем із $[O_2] = \text{Const} > 4,8\%$ показали, що при зниженні тиску межі горіння модельної системи розширюється, потім звужується до змикання нижньої й верхньої межі. При $[O_2] < 4,8\%$ горіння відсутнє.

Проведений аналіз вказує на наявність невизначеностей у судженнях про зміну КМП полум'я парогазових сумішей при зменшенні тиску. Парогазові суміші теж часто зустрічаються у виробництві при знижених тисках. Тому автори зробили припущення, що вищезгаданий ефект для водень-кисневих сумішей, можна чекати також і у парогазових сумішах і вирішили дослідити залежність КМП від тиску для парогазових сумішей.

З літературних джерел [1, 2] з'ясовано, що більшість авторів для проведення експериментальних робіт, пов'язаних з визначенням впливу тиску на КМП полум'я, використовують різні установки й критерії оцінки займистості, хоча існуючі експериментальні установки принципово одна від одної не відрізняються.

Розглянуті лабораторні установки для визначення КМП полум'я мають наступні недоліки: різні діаметри й обсяги реакційних посудин; різні форми й матеріал реакційної посудини; різне розташування джерела запалювання (у верхній, центральній і нижній частині реакційної посудини); різні джерела запалювання - електрична іскра й спіраль та ін. Мають місце суперечки про найбільш ефективний діаметр реакційної посудини при дослідженні процесів горіння парогазових систем, у яких моделюються середовища, що протікають у технологічному устаткуванні. Якщо визначити найбільш відповідний до тиску діаметр, то буде можливість побачити більш точний результат, дослідити залежність КМП від тиску.

Таким чином, для більш точного вирішення питання впливу тиску на КМП полум'я, потрібно з'ясувати вплив діаметра реакційної посудини на результати експерименту. Для цього необхідно провести експериментальні дослідження швидкості поширення полум'я для різних діаметрів. Якщо ці експерименти покажуть коректність використання лабораторної установки що є в наявності, можливо проведення експериментів по впливу тиску на КМП полум'я. Така робота була виконана.

Розглянемо проблему діаметра реакційної посудини. Традиційно дослідна камера являє собою кварцову циліндричну посудину. При виборі діаметра камери для газових і паро-повітряних сумішей при тиску $9,8 \cdot 10^4$ Па використана сталість значення критерію Пекле на межі гасіння полум'я [3]:

$$d_{кр} = \text{Pe} \frac{RT_0 \lambda_{см}}{U_H C_{p,см} P}, \quad (1)$$

де Pe - критерій Пекле, що згідно [3], дорівнює приблизно 65; R - газова стала, $(\text{см}^3 \cdot \text{кПа})/\text{град}$; T_0 - початкова температура суміші, K ; $\lambda_{см}$ - теплопровідність газової суміші, $\text{кал}/\text{см} \cdot \text{с} \cdot \text{град}$; U_H - нормальна швидкість поширення полум'я для вмісту водню, $\text{м}/\text{с}$; $C_{p,см}$ - теплоємність суміші, $\text{кал}/\text{моль} \cdot \text{град}$; P - атмосферний тиск, кПа .

Якщо молекулярні маси компонентів суміші не сильно відрізняються одна від

одної, застосовується лінійна залежність, що відповідає адитивній теплопровідності суміші [3]:

$$\lambda_{\text{см}} = K_1\lambda_1 + (1 - K_1)\lambda_2, \quad (2)$$

де λ_1 й λ_2 - коефіцієнти теплопровідності; K_1 і K_2 - мольні частки компонентів.

Було враховано, що при великому розходженні молекулярних мас більш точна логарифмічна залежність:

$$\lg\lambda_{\text{см}} = \lg\lambda_2 + K_1(\lg\lambda_1 - \lg\lambda_2); \quad \lambda_{\text{см}} = \lambda_1^{K_1} \cdot \lambda_2^{1-K_1}. \quad (3)$$

Підставляючи значення параметрів у рівняння (1), одержали $d_{\text{кр}} = 0,85 \cdot 10^{-2}$ м, що відповідає результатам оцінок по [4].

З рівняння (1) виходить, що критичний діаметр зростає при зменшенні тиску, а з роботи [5] видно, що нормальна швидкість може зростати при зменшенні тиску. Були проведені експерименти по зміні видимої швидкості поширення полум'я в сумішах з областю спалахування, близькою до критичних меж в інтервалі тисків $1,25 \cdot 10^4 \div 6,4 \cdot 10^4$ Па в камерах діаметром $5 \cdot 10^{-2}$, $8 \cdot 10^{-2}$ і $18 \cdot 10^{-2}$ м, які показали однакові результати. Результати вимірювань видимої швидкості поширення полум'я в сумішах наведені на рис. 1.

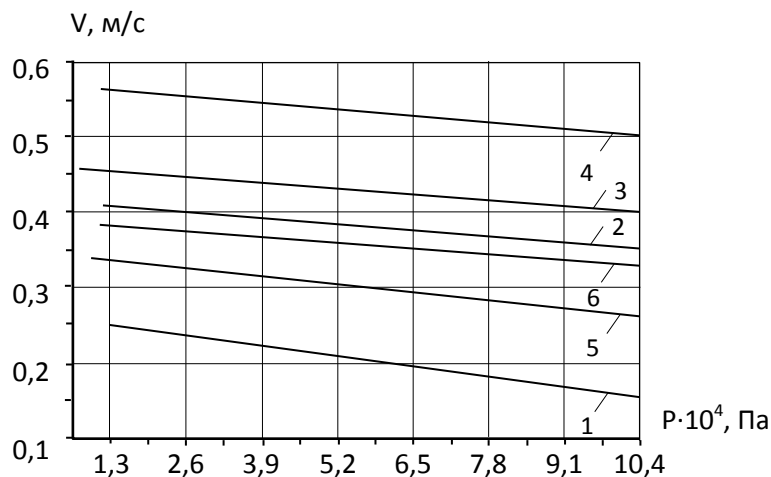


Рис. 1. Результати вимірювань видимої швидкості поширення полум'я в сумішах: 1 - водень-киснева; 2 - ізопропилового спирту; 3 - ацетону; 4 - метанолу; 5 - п-ксилолу; 6 - толуолу.

Аналіз проведених досліджень показав, що отримані результати по вимірюванню видимої швидкості поширення полум'я можливо описувати лінійною залежністю:

$$V = A \cdot P + B \quad (4)$$

Для визначення A і B візьмемо масив експериментальних даних, що використовувався для побудови графіків на рис.1, де для кожної з досліджених речовин був побудований графік зміни видимої швидкості поширення полум'я в сумішах з областю спалахування близькою до критичних меж. Одержане рівняння: $V = 0,27 - 0,0125P$ визначене з дисперсією $0,85 \text{ (м/с)}^2$ і середнім відхиленням $0,93 \text{ м/с}$.

Обробивши, таким чином, всі представлені залежності був отриманий симплекс, що показує, що газові й парогазові суміші при горінні підкоряються одним і тим самим закономірностям, а ефект, що спостерігається у газах, не виключається своїм проявом і

для парогазових сумішей.

На розробленій установці [6] і методиці [7] для вивчення критичних умов поширення полум'я в модельних парогазових системах були проведені дослідження інших речовин: ацетону, метанолу, п-ксилолу, толуолу та дихлоретану. Ці дослідження представлені в табл. 1.

Таблиця 1.

Умови поширення полум'я в паро-повітряних системах

| № з/п | Найменування паро-повітряної системи | Запалювання системи, %, об | |
|-------|--------------------------------------|----------------------------|---------------|
| | | нормальні умови | знижений тиск |
| 1. | Ацетон | 2,2 | 1,9 |
| 2. | Метиловий спирт | 6,0 | 1,0 |
| 3. | П-ксилол | 1,0 | 0,1 |
| 4. | Толуол | 1,3 | 0,34 |
| 5. | Дихлоретан | 6,2 | 5,9 |

За результатами проведеної роботи виходить, що парогазові системи при знижених тисках, представляють ще більшу небезпеку, що потребує внесення змін в особливості конструкції устаткування та технологічні процеси, проведення оцінки потенційної небезпеки технологічного устаткування, в якому присутні ці системи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еременко О.Я., Цариченко С.Г., Шебеко Ю.Н., Козлов П.Н.. Экспериментальное исследование горения газовых смесей при давлении ниже атмосферного. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов.: Сб. науч. трудов. М.: ВНИИПО, 1984.С.202–204.
2. Кривулин В.Н., Баратов А.Н., Бабкін В.С., Кудрявцев Е.А. Новая установка для определения пределов воспламенения. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов: Сб. научн. тр. М.: ВНИИПО, 1982. 222 с.
3. Розловский А.И. Научные основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. М.: Химия, 2 изд. перераб.,1980. 346 с.
4. Потехин Т.С., Прохоров Н.С., Терещенко Г.Ф. Управление риском в химической промышленности. //ЖВХО,1990,Т.35.С.421-424.
5. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука.1980.478 с.
6. Декларацийний патент на винахід № 31864 А, МПК 6 G 01 N 25/22 Заявл. 10.11.98 № 98115944 Пристрій для експериментального визначення концентраційних меж розповсюдження полум'я. /Шульга, Луценко, Васильєв, Дерев'янка, Мозговий. Опубл. 15.12.2000; Бюл. № 7-11.
7. ГОСТ 12.1.044. – 89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

V.V.Oleynik technical candidate of sciences, associate professor, deputy head of the department, NUCPU,

THE EFFECT OF PRESSURE ON THE SECURITY OF INDUSTRIES ASSOCIATED WITH THE PROCESSING OF VAPOR-GAS SYSTEMS

The results, which show that the factor of pressure which posteraro is the combustion of hydrogen-oxygen mixtures, are also found in gas-vapor mixtures, by changing the potential danger of technological equipment, in which the presence of these systems.

ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПУЛЕУЛАВЛИВАТЕЛЯ

Анализ статистических данных показывает, что в последние годы наблюдается увеличение количества пожаров в тирах. Их причинами становится воспламенение сгораемой пыли или опилок в «теле» пылеулавливателя. При этом пожар сопровождается плотным задымлением, что значительно усложняет проведение аварийно-спасательных работ. В настоящее время тирры часто располагают в многофункциональных развлекательных центрах, которые относят к зданиям с массовым пребыванием людей. Поэтому требования пожарной безопасности к ним должны строго соблюдаться. Причинами возгораний чаще всего становится несовершенство конструкции пулеулавливателя. Конструктивно их можно разделить на три типа:

- первый основан на множественном рикошете внутри конструкции самого пулеулавливателя;
- второй - на абсолютно полном поглощении кинетической энергии летящей пули;
- третий – различные комбинации предыдущих принципов.

Песчаный пулеулавливатель - устройство, предназначенное для торможения летящих пуль при стрельбе из любых типов огнестрельного оружия. Также оно предотвращает рикошет в каком-либо направлении. В отличие от любых цельнометаллических пулеулавливателей, он изготавливается с применением недорогих низколегированных сталей и обычного песка. Применяемая технология позволяет делать из песка вертикальную нерассыпающуюся стенку любой толщины. Это означает что возможно торможение пуль с любой кинетической энергией изготовленных из любого материала и без их механического разрушения. Снизить вероятность возникновения пожара можно за счет использования воды в конструкции пулеулавливателя.

Одним из способов обеспечения пожарной безопасности тиров является применение пулеулавливателей с системой оборотного водоснабжения. Она предназначена для увлажнения песка в теле пулеулавливателя, отвода отработанной воды; очистки воды фильтрацией, автоматического регулирования подачи воды [1-3]. Актуальным остается вопрос влияния параметров пулеулавливателя и времени его заполнения водой на требуемый напор насоса и потери напора в перфорированной части водяной системы.

Для определения рабочих характеристик водяной защиты пылеулавливателя необходимо определить влияние его размеров и количества воды на требуемый напор, а в результате – на марку насоса. Расчет предложенной водяной системы песчаного пулеулавливателя проводят в таком порядке:

1. Определяют требуемое количество воды в зависимости от размеров пулеулавливателя и объемного соотношения воды и песка (составляет 1:9):

$$Q = \frac{a \cdot b \cdot z}{9 \cdot t}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где Q – расход воды в системе, $\text{м}^3/\text{с}$; a, b, z – соответственно длина, толщина и высота тела пулеулавливателя, м ; t – время заполнения водой тела пулеулавливателя, с .

2. Рассчитывают потери напора в перфорированном трубопроводе, обеспечивающем подачу воды от насоса в верхнюю часть тела пулеулавливателя:

$$h = a \cdot k \cdot Q^2, \text{ м}, \quad (2)$$

где h – потери напора в перфорированной части водяной системы пулеулавливателя, м; k – удельное сопротивление перфорированной части водяной системы.

Значение удельного сопротивления k перфорированной части было определено экспериментально на действующем макете пулеулавливателя. Получено, что k изменяется в пределах (0,7÷5).

3. Рассчитывают требуемый напор насоса, который обеспечит работоспособность системы:

$$H = h_m + h + z + H_{св}, \text{ м}, \quad (3)$$

где h_m – потери напора в магистральной части водяной системы пулеулавливателя, м; $H_{св}$ – свободный напор в диктующей точке, м.

Подставляя выражения (1) и (2) в (3), а также учитывая, что $H_{св}=1$ м, для двух предельных размеров пулеулавливателя (минимальные значения – 3 м×0,3 м×0,7 м; максимальные значения – 5 м×0,5 м×1 м) получены результаты, позволяющие проанализировать влияние размеров пулеулавливателя на напор.

На рис. 1 представлены результаты расчета напора в оборотной системе пулеулавливателя в зависимости от коэффициента сопротивления трубопровода и толщины конструкции. Расчетное время заполнения принято равным 60 с.

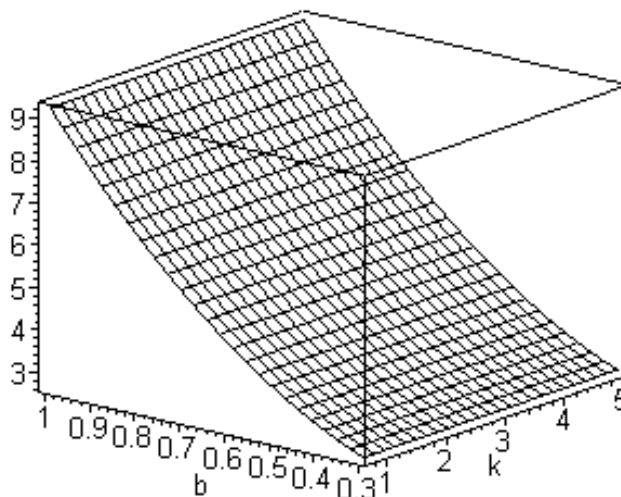


Рис. 1. – Зависимость напора (H) от толщины пулеулавливателя (b) и удельного сопротивления перфорированного трубопровода (k)

Результаты расчета показывают, что толщина конструкции оказывает значительное влияние на напор, который должен создаваться в системе. Удельное сопротивление трубопровода практически не влияет на результат. Для расчетного времени заполнения системы напор должен составлять от 4 (для конструкции толщиной 0,3 м) до 9 м (для конструкции толщиной 1 м). Чем толще пулеулавливатель, тем больше требуется напор.

На рис. 2 представлены результаты расчета напора в оборотной системе в зависимости от коэффициента сопротивления трубопровода и высоты конструкции. Результаты расчета показывают, что высота конструкции меньше влияет на напор, создаваемый в системе. Удельное сопротивление трубопровода практически не влияет на результат. Для расчетного времени заполнения системы напор составит от 1,6 (для высоты 0,5 м) до 2,6 (для конструкции высотой 1 м). Чем больше высота, тем больше требуется напор.

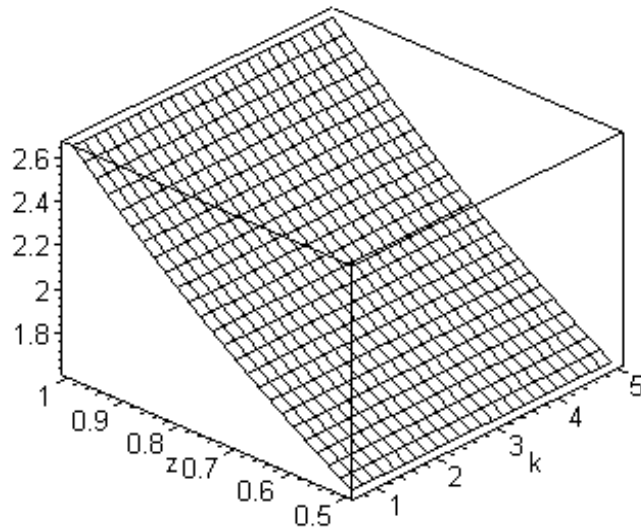


Рис. 2. – Зависимость напора (H) от высоты пулеулавливателя (z) и удельного сопротивления перфорированного трубопровода (k)

Проанализировав полученные данные, видим, что для времени заполнения системы водой 60 с наибольшее влияние на требуемый напор насоса оказывает толщина пулеулавливателя. Значение напора для преодоления толщины слоя практически в 3 раза больше, чем напор, который необходимо создать для преодоления высоты конструкции.

Выводы. Предложено повысить пожарную безопасность песчаного пулеулавливателя путем оснащения его системой обратного водоснабжения. Исследование требуемого напора насоса и потерь напора в перфорированной части водяной системы пулеулавливателя показало, что размеры конструкции значительно влияют на напор, который необходимо создать при помощи насосной установки. Большее значение на значение необходимого напора оказывает толщина пулеулавливателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петренко Е.С. Современное состояние и перспективы развития пулеулавливателей для отстрела нарезного огнестрельного оружия // Специальная техника, 2000. – Вып.6. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tairis.ru/publications/1461/>.
2. Пат. 216986 Российская Федерация, МПК⁷ F4 1J1/12. Пулеулавливатель / Сильников М.В.; Петровичев С.А.; Васильев Н.Н.; заявитель и патентообладатель Общество с огранич. ответств. "Научно-производ. объединение специальных материалов". - №2000102114/02; заявл. 25.01.00; опубл. 27.06.01, Бюл. №21.
3. Петухова Е.А. О.А. Визначення робочих характеристик водяного захисту в кулеуловлювачі. / О.А. Петухова, С.А. Горносталь, С.С. Пазюра, Д.А. Жук. // Проблемы пожарной безопасности, 2013. – Вып.33. - С. 132-135. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol33/petuhova.pdf>.

E.A. Petuhova, S.A. Hornostal INCREASING FIRE SAFETY BULLET CATCHER

Research of a demanded pressure of the pump and pressure loss in the punched part of water system of a bullet catcher depending on his sizes and a consumption of water is conducted.

Т.В.Поліщук, начальник управління нагляду у сфері техногенної безпеки та цивільного захисту Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям, ДСНС України

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

На початку третього тисячоліття основні процеси життєдіяльності людства все більше набувають ознак системної кризи, причинами якої є глобалізація всіх сфер суспільної діяльності та загострення негативів загального техногенезу.

У таких умовах підтримання стійкої динамічної рівноваги держави у всіх сферах суспільного життя можливе лише за умов зменшення соціальних криз, надзвичайних ситуацій, пожеж, та інших небезпечних подій, послаблення ступеня їх впливу на суспільство.

Аналізуючи стан безпеки усіх сфер суспільного життя держави фахівцями зроблено принциповий висновок стосовно необхідності проведення узгоджених дій у всіх сферах державного управління, у тому числі під час формування державної політики у сфері техногенної та пожежної безпеки. Принципове значення у процесі такого формування мають фундаментальні наукові дослідження та необхідність приведення національного законодавства до вимог законодавства Європейського Союзу.

Враховуючи економічні можливості держав на сучасному рівні, слід зауважити, що порівняння підходів щодо підвищення безпеки промислових підприємств у розвинутих країнах має діаметрально різні підходи з підходами, що існують в Україні.

Спираючись на необхідність підвищення якості суспільної безпеки, розвинуті країни приділяють більшу увагу найбільш небезпечним виробництвам.

Такий підхід, крім економії коштів, дає органу державного нагляду можливість підвищити якість перевірок, провести повний аналіз технічних, організаційних та управлінських помилок з управління виробництвом та протягом чотирьох місяців відпрацювати рекомендації щодо підвищення безпеки небезпечного об’єкта, які доводяться до відома суб’єкта господарювання. Після отримання таких рекомендацій суб’єкту господарювання надається термін не більше ніж півроку для забезпечення реалізації рекомендованих заходів.

Усі вищезазначені процедури передбачені Директивою 2012/18/ЄС Європейського парламенту і Ради від 4 липня 2012 року “про контроль значних аварій, пов’язаних з небезпечними речовинами” (СЕВЕЗО III).

Щоб зрозуміти різницю підходів, розглянемо розподіл небезпечних об’єктів, що підпадають під дію СЕВЕЗО III у Польщі





Якщо у Польщі налічується 362 об'єкти, які підпадають під дію СЕВЕЗО III, то в Україні таких об'єктів налічується більше 6 тис., не враховуючи інших об'єктів перевірки. За такої кількості об'єктів органи державного нагляду, намагаючись забезпечити виконання планів перевірок, подекуди нехтують якістю цих перевірок через нестачу часу на якісне їх здійснення.

Не зважаючи на те, що законодавством передбачено проведення перевірок у термін до 15 днів, перевірки небезпечних об'єктів промисловості, як правило, проводяться протягом кількох годин.

Крім втрати якості таких перевірок це викликає одночасно збільшення додаткових (позапланових) перевірок та ріст оскаржень суб'єктами господарювання дій осіб, уповноважених здійснювати зазначені перевірки, а подекуди веде до корупційних проявів.

При відсутності фахових пропозицій і рекомендацій від органів державного нагляду та практичного досвіду у суб'єктів господарювання до усунення недоліків, суб'єкти господарювання у своїй більшості не здатні забезпечити повне усунення виявлених недоліків. Внаслідок цього, з року в рік виявляються однотипні недоліки, а їх кількість, як правило, не тільки не знижується, а й постійно зростає. Це породжує певну байдужість з боку суб'єктів господарювання на дії посадових осіб органів державного нагляду, знижуючи ефективність перевірок.

Враховуючи європейський досвід до підвищення безпеки суспільства на цьому напрямку, Урядом України, взято курс на набуття Україною членства в Європейському Союзі, про що проголошено у постанові Верховної Ради України від 13 березня 2014 року № 874 "Про підтвердження курсу України на інтеграцію до Європейського Союзу та першочергові заходи у цьому напрямі".

З метою реалізації визначених шляхів Законом України від 16 серпня 2014 року № 1678 ратифіковано Угоду про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, на 2014-2017 роки.

Подальша реалізація цих шляхів визначена у Плані заходів з імплементації зазначеної Угоди, затвердженим розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2014 р. № 847-р.

Пунктом 258 цього Плану заходів передбачено розроблення та подання на розгляд Кабінету Міністрів України проектів нормативно-правових актів з метою імплементації Директиви 2012/18/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 4 липня 2012 р. про контроль значних аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами (СЕВЕЗО III).

Співвиконавцями цих заходів визначено Міненерговугілля, Мінприроди, Мінінфраструктури, Держпраці та інші органи виконавчої влади.

Більш конкретні напрямки з реалізації поставлених завдань відображено у розробленому ДСНС України Плані імплементації Директиви 2012/18/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 4 липня 2012 р. про контроль значних аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами, схваленому розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25 лютого 2015 р. № 132-р "Про схвалення розроблених Державною службою з надзвичайних ситуацій планів імплементації деяких актів законодавства ЄС".

Планом імплементації СЕВЕЗО III передбачено:

проведення аналізу стану ідентичності заходів, що застосовуються до промислових об'єктів у національному законодавстві, та заходів, що застосовуються відповідно до Директиви СЕВЕЗО III, та удосконалення нормативно-правової бази у сфері техногенної безпеки;

приведення термінів, визначених у національному законодавстві до термінів, наведених у СЕВЕЗО III;

упорядкування узагальненого переліку органів державного нагляду, до повноважень яких віднесені питання здійснення державного нагляду за об'єктами підвищеної небезпеки;

визначення процедури припинення експлуатації установки (джерела небезпеки), якщо це призвело до виникнення аварії, пов'язаної з експлуатацією ОПН;

упорядкування процедури розроблення плану локалізації і ліквідації аварії (внутрішнього плану, що розробляється керівництвом ОПН) і плану реагування на надзвичайні ситуації на ОПН (зовнішнього плану, що розробляється місцевими органами виконавчої влади);

відміна погодження планів локалізації і ліквідації аварій (внутрішніх планів) державними органами;

упорядкування небезпечних об'єктів за класами небезпеки з урахуванням вимог СЕВЕЗО III;

визначення компетентного органу, відповідального за здійснення державної політики у сфері господарської діяльності, пов'язаної з об'єктами, що підпадають під дію СЕВЕЗО III, та виконання процедур надсилання аварійного оповіщення та інформації в разі транскордонного впливу аварії в Україні, одержання аварійних оповіщень та інформації в разі аварії на об'єктах підвищеної небезпеки в інших державах;

визначення конкретних дій компетентного органу після виникнення значної аварії (надзвичайної ситуації) на об'єкті стосовно процедур проведення попереджувальних заходів на ньому та подібних об'єктах з метою недопущення виникнення таких аварій (надзвичайних ситуацій);

упорядкування процедури інформування громадськості та об'єктів, де може виникнути "ефект доміно".

Усі перелічені заходи передбачено відобразити у Законі України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" та постанові Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. № 956 "Про ідентифікацію та декларування об'єктів підвищеної небезпеки", які потребують внесення таких змін.

Реалізація запланованих заходів здійснюється міжвідомчою робочою групою з імплементації Директиви Севезо III, яка утворена наказом ДСНС України від 08.07.2015 № 367, що та затвердив її персональний склад з представників Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України, Міненерговугілля, Мінінфраструктури, Мінприроди, Держпраці, ДРС, Національного інституту стратегічних досліджень України, Науково-дослідного інституту цивільного захисту України та Національного університету цивільного захисту України.

Практична підтримка дій міжвідомчої робочої групи здійснюється експертами ЄС, якими у лютому 2015 року у рамках консультативної місії ЄС з надання підтримки Уряду

України у сфері цивільного захисту надано допомогу та розроблено рекомендації в частині імплементації Директиви 2012/18/ЄС.

У квітні 2016 року експертами ЄС позитивно оцінено стан виконання рекомендацій та надано додаткові пропозиції щодо їх виконання. Проведено робочі зустрічі з керівництвом центральних органів виконавчої влади – співвиконавцями щодо визначення обсягу змін, що мають бути внесені у нормативно-правові акти з метою імплементації Директиви 2012/18/ЄС.

На цих робочих зустрічах на рівні керівників вирішені принципові питання визначення компетентного органу, відповідального за взаємодію з Європейським Союзом у сфері господарської діяльності, пов'язаної з об'єктами, що підпадають під дію СЕВЕЗО III, та напрямки подальшої співпраці.

Стан виконання Плану імплементації розглянуто на засіданні науково-технічної ради ДСНС України, за результатами якого до Плану науково-технічної роботи ДСНС України на 2016 рік включено заходи щодо розробки автоматизованої методики ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до вимог СЕВЕЗО III.

З метою отримання практичного досвіду щодо імплементації СЕВЕЗО III, фахівцями ДСНС України в період з 18 по 20 квітня 2016 р. у рамках програми технічної допомоги Європейського Союзу TAIEХ здійснено навчально-ознайомчу поїздку до Французької Республіки, протягом якої отримано практичні знання стосовно:

процедури імплементації СЕВЕЗО III;

порядку ідентифікації та декларування безпеки об'єктів, які підпадають під дію СЕВЕЗО III;

особливостей здійснення державного нагляду за зазначеними об'єктами;

порядку складання і коригування внутрішніх та зовнішніх планів реагування на аварії;

діяльності компетентного органу (ДРЕАЛЬ).

На сьогодні розроблено проект Закону України "Про внесення змін до Закону України "Про об'єкти підвищеної небезпеки", який уже містить вищенаведені вимоги. Цей законопроект отримав позитивну оцінку від співвиконавців. Зараз йде підготовка для погодження його у центральних органах виконавчої влади.

Після прийняття Закону буде розроблено проект постанови Кабінету Міністрів України "Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. № 956 "Про ідентифікацію та декларування об'єктів підвищеної небезпеки", який буде поданий для прийняття Кабінетом Міністрів України.

За результатом проведеної роботи передбачається зменшення кількості об'єктів, що підпадають під дію СЕВЕЗО III майже у 10 разів. Це дозволить скоротити кількість перевірок на інших об'єктах і підняти на новий рівень відношення суб'єктів господарювання до органів державного нагляду, що у свою чергу має дати більш позитивні результати з усунення недоліків та підвищення безпеки небезпечних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

8. Директива 2012/18/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 4 липня 2012 р. про контроль значних аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами: Програма щодо попередження, підготовки та реагуванню на природні і техногенні катастрофи у країнах східного партнерства (PPRD East), 2012. 39 с.

9. Кодекс цивільного захисту України: Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458.

10. Закон України "Про об'єкти підвищеної небезпеки": Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, N 15, ст.73.

11. Закон України від 16 серпня 2014 року № 1678 "Про ратифікацію Угоди про

асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, на 2014-2017 роки": Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 40, ст.2021.

12. Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. № 956 "Про ідентифікацію та декларування об'єктів підвищеної небезпеки": Офіційний вісник України від 02.08.2002 р., № 29, стор. 23, стаття 1357.

13. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2014 р. № 847-р: Про імплементацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: Офіційний вісник України від 03.10.2014 р., № 77, стор. 178, стаття 2197.

14. План заходів з імплементації Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, на 2014-2017 роки, затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2014 р. № 847-р. Пункт 258: Офіційний вісник України від 03.10.2014 р., № 77, стор. 178, стаття 2197.

15. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 лютого 2015 р. № 132-р "Про схвалення розроблених Державною службою з надзвичайних ситуацій планів імплементації деяких актів законодавства ЄС": Офіційний вісник України від 13.03.2015 р., № 18, стор. 130, стаття 496.

16. Статистичні дані ДСНС України, 2006-2016 роки.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ ПАРО-ПОВІТРЯНОДУВНИХ СТАНЦІЙ ПІДПРИЄМСТВ МЕТАЛУРГІЇ

Технологічні підходи до управління технологічними процесами потребують оновленого підходу, заснованому на використанні сучасного обладнання і програмного забезпечення, а також автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) виробництва.

Статистика надзвичайних ситуацій в зазначеній галузі свідчить про наступне. У лютому 2012 року на Маріупольському металургійному комбінаті імені Ілліча (Донецька обл., Україна), в результаті витоку доменного газу на теплоелектроцентралі пароповітродувної станції (ТЕЦ-ПВС) 3 людини загинули і 8 чоловік було шпиталізовано. Причиною виникнення такої ситуації стало неспрацювання засобів аварійного відключення подачі доменного газу при раптовому відключенні електроживлення. Після чого обладнання по відкачуванню диму зупинилося і доменний газ потрапив до котельної.

27 липня 2016 на території Донецького металургійного заводу стався великий викид доменного газу. Відзначається, що інцидент стався близько восьмої години ранку.

З метою попередження виникнення надзвичайних ситуацій та загибелі працівників, а також мінімізації збитків в даний час отримують широкий розвиток удосконалення щодо АСУ ТП [1-6] .

Під час управління технологічним процесом на АСУ ТП покладаються такі основні функції: інформаційні функції, управляючі функції, а також допоміжні функції.

Склад інформаційних функцій: збір і первинна обробка аналогових і дискретних сигналів, відображення інформації операторові-технологові, відображення оперативних і історичних трендів сигналів окремих процесів і технологічного процесу в цілому, технологічна сигналізація, реєстрація подій і відхилень, реєстрація аварійних ситуацій, наповнення інформації у базі даних, архівація даних, генерація звітів і технологічної відомості, аналіз дії систем захисту та блокування. На основі даних системи, яка реалізує інформаційні функції, виконує свої функції система управління.

Відносно вказаної ділянки ТЕЦ-ППС, то її удосконалення стосується частини управління АСУ ТП по таких напрямках:

- контроль та управління обладнанням теплофікації ТЕЦ-ППС в нормальних, перехідних і передаварійних режимах роботи;
- захист турбоагрегату шляхом останову при загрозі аварії;
- скорочення помилок оперативного персоналу;
- підвищення економічності та строку роботи технологічного обладнання.

Управляючі функції АСУ ТП, а саме, дистанційне управління електроприводами арматури та обладнанням, автоматичне регулювання, автоматичне логічне управління та технологічні блокування, виконання технологічного захисту обладнання – є основними факторами, які потребують розвитку при розробці, вдосконалення та впровадження АСУ ТП виробництва.

Як показав аналіз сучасного стану виробництва, вживані нині як відсічні пристрої технічні засоби і схемні рішення відносно їх управління не гарантують безвідмовної роботи систем безпеки управління технологічним процесом. З метою підвищення надійності роботи систем безпеки агрегатів, що використовують як паливо доменний, коксовий і інші гази, пропонується вдосконалити існуючу систему :

1. Пропонується використовувати в якості швидкодіючих нормально закритих відсічних клапанів нормально закриті герметичні дискові затвори (клас герметичності А – повна відсутність пропусків) в комплекті з моностабільними превмоприводами, що забезпечують високу швидкість закриття до 1 секунди [4].

2. Для гарантованого перекриття газу електрифікованою засувкою 5 при зникненні напруги

пропонується використовувати систему незалежного електроживлення за схемою «впрямляч (В) – акумуляторна батарея (АКБ) – інвертор (І)», яка забезпечує роботу електрифікованої арматури від акумуляторної батареї при знеструмленні. Функціональна схема запропонованої системи безпеки наведена на рис.1. Де позначено, що: 1 – соленоїд електропневморозподільвач; 2 – пневмопривід; 3 – дисковий затвор; 4 – пружина, 5 – компресор (К), для автономного забезпечення системи безпеки стислим повітрям; 6 – ресивер (Р) на групу агрегатів.

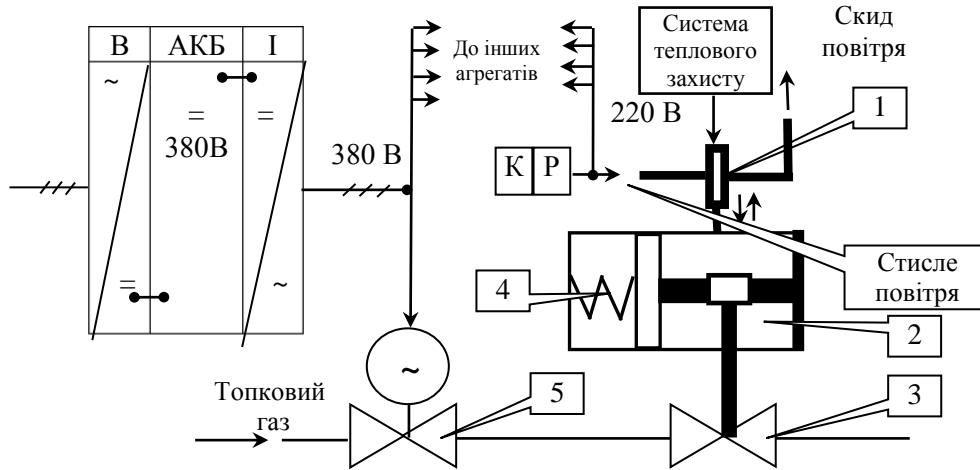


Рис.1. Запропонована функціональна схема безпеки

Для оцінки вірогідності виникнення пожежі або вибуху використано методику, яка наведена в додатку 3 [2]. Зокрема, виникнення пожежі (вибуху) у будь-якому з технологічних апаратів (подія ПТА), обумовлено одночасним створенням горючого середовища (подія ГС) і появою в цьому середовищі джерела запалювання (подія З). Вірогідність $Q_i(ПТА)$ розраховується по формулі:

$$Q_i(ПТА) = 1 - \prod_{k=1}^K \prod_{n=1}^N [1 - Q_i(ГС_k) \cdot Q(ДЗ_n)] \quad (1)$$

де $Q_i(ГС_k)$ – вірогідність появи в і-му елементі k-го об'єкту горючого середовища протягом року;

$Q_i(ДЗ_n)$ – вірогідність появи в і-му елементі n-го об'єкту джерела запалювання для k-ої горючого середовища.

Вірогідність появи k-й горючого середовища протягом року обчислюють по формулі:

$$Q_i(ГС_k) = Q_i(ГР_\ell) \cdot Q_i(ОК_m) \quad (2)$$

где k, m – порядкові номери горючого середовища, горючої речовини та окисника;

$k = \ell + 10 \cdot (m - 1)$, k, ℓ , m – порядкові номери горючої речовини та окисника;

$Q_i(ГР_\ell)$ – вірогідність появи ℓ -го горючої речовини в і-м елементі об'єкту протягом року в кількості, достатній для створення горючого середовища;

$Q_i(ОК_m)$ – вірогідність появи m-го окисника в і-м елементі об'єкту протягом року в кількості, достатній для створення горючого середовища;

Поява в елементі об'єкту горючої речовини k-виду є наслідком реалізації будь-якої з a_n причин:

a_1 – постійна присутність горючої речовини;

- a_2 – розгерметизація апаратів або комунікацій с горючою речовиною;
 a_3 – створення горючої речовини в результаті хімічної реакції;
 a_4 – зниження нижче припустимої концентрації флегматизатора в горючому газі, парі, рідини або аеровзвісі;
 a_5 – порушення періодичності очистки елементу об'єкту від горючих відходів, пилу та таке інше.

Верогідність $Q_i(GP_k)$ обчислюється по формулі:

$$Q_i(GP_k) = 1 - \prod_{n=1}^z [1 - Q_i(a_n)] \quad (3)$$

де $Q_i(a_n)$ – верогідність реалізації якої з a_n причин; визначається за формулою:

$$Q_i(a_n) = \frac{K_b}{\tau_p} \cdot \sum_{j=1}^m \tau_j \quad (4)$$

де K_b – коефіцієнт безпеки;

τ_δ – період часу, що аналізується;

m – кількість реалізацій a_n -ї причини за період часу, що аналізується;

τ_j – тривалість існування a_n -ї причини появи горючої речовини протягом періоду часу, що аналізується.

Отримані при моделюванні результати стосовно реалізації запропонованої системи безпеки показали, що запропонована схема дозволить знизити ризики стосовно виникнення надзвичайних ситуацій при витоках доменного газу на ТЕЦ ППС до рівня 10^{-6} .

ЛІТЕРАТУРА

1. Статистика [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://undicz.mns.gov.ua/content/statistics.html>.
2. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – [Введений 1992-07-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с. – (Державний стандарт СРСР).
3. Втюрин В.А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУТП: учебное пособие [для студентов ВУЗов] / Втюрин В.А. – Санкт-Петербург: СГЛА им. С.М. Кирова, 2006. – 152 с.
4. Автоматизация непрерывных технологических процессов: каталог [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://festo.kiev.ua/files/VZAB_RU.pdf

A.N. Roianov, technical candidate of sciences, chief lecturer, deputy head of the department, NUCPU

WAYS OF INCREASE OF SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THERMAL POWER PLANTS STEAM-POTREBNIH STATIONS OF METALLURGY

On the example of Mariupol metallurgical Ilyich iron and steel works of the proposed technical solution for improvement of process automation in the system of fire safety of cogeneration plants operating on gaseous fuels. Technical solutions will reduce the likelihood of flammable environment and hazardous to human body.

В.О. Собина, к.т.н., доцент, начальник кафедри, Національний університет цивільного захисту України

Л.В. Борисова, к.ю.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що найбільш уразливими об'єктами забезпечення інформаційної безпеки України в умовах надзвичайних ситуацій є система прийняття рішень з оперативних дій (реакцій), пов'язаних із розвитком таких ситуацій і ходом ліквідації їхніх наслідків, а також система збору та обробки інформації про можливе виникнення надзвичайних ситуацій [1,2]. Безпека системи – це показник її якості, цілісності, стан у процесі функціонування. Відповідно, розрізняють постановки задач дослідження внутрішньої й зовнішньої функцій безпеки: у першому випадку головна увага приділяється динаміці середовища в умовах впливу з боку системи, а в другому – поведінці системи щодо активного середовища [4]. Вибір конкретної математичної моделі оцінки ризику залежить від кожної із ситуацій. Як наслідок – існує значна кількість як самих моделей, так і підходів до моделювання оцінок ризику [3].

Приймемо раніше розроблені методичні апарати аналізу ризиків для обґрунтування рішень і дій посадових осіб за збереження всіх основних якостей інформації – конфіденційності, цілісності та доступності. Автор моделі оцінки ризику О.Л. Рогозін [3] припускає, що за певний проміжок часу середній ризик, спричинений подією А, можна визначити за допомогою виразу (1)

$$R(A) = P(A)Y(A), \quad (1)$$

де $R(A)$ – частота події А, що має розмірність, обернену до часу; $Y(A)$ – можливий одноразовий збиток, спричинений подією А, що має розмірність втрат.

Частота у формулі (1) чисельно дорівнює статистичній імовірності події А і виражається числом негативних подій за одиницю часу (відмов/міс., аварій/рік тощо), до якої можна застосувати основні теореми теорії ймовірності. Вважаємо, що ймовірність негативних подій – безрозмірна величина, і згідно з формулою значення повинні мати розмірність збитків. Такий ризик є комбінованим або зведеним (до одиниці часу).

Статична ймовірність події А (ризик, що трапився під час події) дорівнює

$$R(A) = \frac{\nu(t)}{T}, \quad (2)$$

де $\nu(t)$ – кількість проявів події А за час t ; T – період спостереження.

Тоді формула (1) набуває вигляду, визначаючи зміст показника $R(A)$ як кількість підданих ризику протягом періоду спостереження елементів:

$$R(A) = \frac{\nu(t)}{T} Y(A), \quad (1')$$

Ризик, що трапився під час події, є однією з характеристик небезпеки негативної події і є показником уразливості об'єкта. Скористаємося показником ступеня уразливості $C_y(A)$ (або $R(A)$), який є відношенням уражених об'єктів (елементів) $C_{вр.ул.}$ до їхньої загальної кількості $M_{заг.}$ (число загальних елементів – кількість елементів ООТ, які опинилися в зоні ураження), зафіксований для події певної інтенсивності

$$C_y(A) = \frac{M_{\text{вр.ел.}}}{M_{\text{заг.}}}, \quad (3)$$

Збиток у формулі (1) пов'язаний зі ступенем уразливості співвідношенням

$$Y(A) = C_y(A)Y_n(A), \quad (4)$$

де $Y_n(A)$ – умовний повний збиток унаслідок реалізації події A , який чисельно дорівнює кількості або вартості всіх елементів ООТ або кількості або вартості тих елементів ООТ, що опинилися в зоні ураження.

З урахуванням виразу (2) і (4), формула (1) набуде наступного вигляду:

$$R(A) = \frac{v(t)}{T} C_y(A)Y_n(A), \quad (5)$$

Ця формула є загальною для обчислення ризику. При розгляді частних ризиків, притаманних саме для певного типу елементів ООТ, які підпали під вплив небезпечної події, до формули (5) вводяться необхідні уточнення. Тоді ризик розраховується за наступною модифікованою формулою:

$$R_q(A) = \frac{v(t)}{T} P(H)C_{yч}(A)H, \quad (6)$$

де $R_q(A)$ – частний ризик; $P(H)$ – ймовірність перебування елементів певного типу в зоні ураження; $C_{yч}(A)$ – ступінь уражаємості цієї групи елементів; H – кількість елементів, що відповідає умовному повному збитку $Y_n(A)$ згідно з формулою (5).

Очевидно, що повний ризик як наслідок реалізації події A дорівнюватиме сумі ризиків цієї події для груп елементів ООТ кожного типу. Зазначимо, що кількість компонент кожного з рівнів може варіюватися відповідно до частних випадків, як і число рівнів декомпозиції. Слід брати до уваги, що небезпечні події можуть класифікуватися за масштабом, тяжкістю наслідків та іншими ознаками. Існують відомчі (галузеві), національні та міжнародні системи класифікації таких подій.

Розглянемо приклад нарахування загального ризику.

Нехай унаслідок декомпозиції до I рівня (рис.1) об'єкту ООТ із 10 комплектами ООТ виділено небезпечні події з такими ймовірними показниками:

I. ймовірність виникнення проблеми з технікою $P_I(A) = 0,7$;

II. ймовірність перехоплення інформації або НСД через допоміжне обладнання $P_{II}(A) = 0,6$;

III. ймовірність лихого задуму $P_{III}(A) = 0,25$;

IV. ймовірність виникнення реальної техногенної або стихійної загрози ззовні $P_{IV}(A) = 0,06$.

Для спрощення вважаємо, що: ймовірності виникнення означених подій вже обчислені за формулою (2); повний умовний збиток дорівнює кількості всіх комплектів ООТ $Y(A) = 10$ усі події вважаємо незалежними одна від одної.

Розглянемо приклад нарахування загального ризику.

Нехай унаслідок декомпозиції до I рівня (рис.1) об'єкту ООТ із 10 комплектами ООТ виділено небезпечні події з такими ймовірними показниками:

I. ймовірність виникнення проблеми з технікою $P_I(A) = 0,7$;

II. ймовірність перехоплення інформації або НСД через допоміжне обладнання $P_{II}(A) = 0,6$;

III. ймовірність лихого задуму $P_{III}(A) = 0,25$;

IV. ймовірність виникнення реальної техногенної або стихійної загрози ззовні $P_{IV}(A) = 0,06$.

Для спрощення вважаємо, що: ймовірності виникнення означених подій вже обчислені за формулою (2); повний умовний збиток дорівнює кількості всіх комплектів $OOTY(A) = 10$ усі події вважаємо незалежними одна від одної.

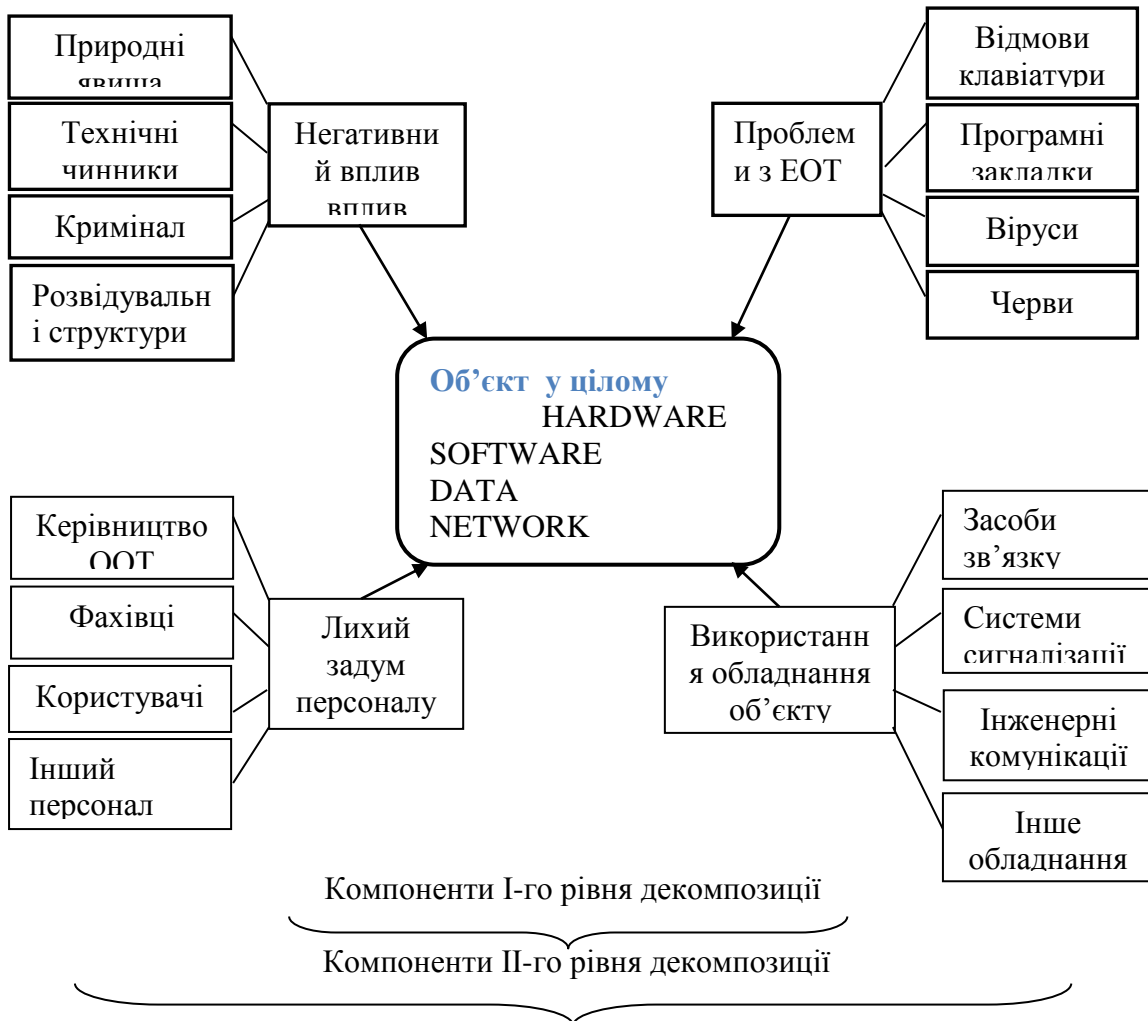


Рис. 1. Схема нарахування загального ризику

Потрібно: обчислити часткові ризики від подій кожного виду; обчислити комбінований ризик.

1. За формулою (1) середні ризики становлять:

– від подій I виду (відмови в ООТ): $R_I(A) = 0,7 \cdot 10 = 7$;

– від подій II виду (перехоплення через допоміжне обладнання):

$R_{II}(A) = 0,6 \cdot 10 = 6$;

– від подій III виду (злий задум персоналу): $R_{III}(A) = 0,25 \cdot 10 = 2,5$;

– від подій IV виду (негативний вплив середовища): $R_{IV}(A) = 0,25 \cdot 10 = 2,5$.

1. Обчислимо відповідні ступені ураженості елементів об'єкту за формулою (3) з урахуванням фізичного змісту формули (1):

$$C_I = \frac{7}{10}; C_{II} = \frac{6}{10}; C_{III} = \frac{2,5}{10}; C_{IV} = \frac{0,06}{100};$$

2. Можливі одномоментні збитки від тих же подій відповідно до (5) становитимуть:

$$R_{Iодн.}(A) = 4,9; \quad R_{IIодн.}(A) = 0 = 3,6; \quad R_{IIIодн.}(A) = 0,625; \quad R_{IVодн.}(A) = 0,36.$$

Комбінований одномоментний збиток дорівнює: $R_{Кодн.}(A) = 9,16$

Комбінований середній збиток дорівнює: $R_{Кср.}(A) = 16,1$

3. Припустимо, що на кожному з 10-ти комплектів ООТ встановлено 5 комплектів програмного забезпечення. У разі виникнення події I-го виду в зоні ураження може опинитися приблизно чверть наявних ООТ із своїм програмним забезпеченням, 2,5 комплекти апаратури і 12,5 комплектів програмного забезпечення відповідно. Часткові ступені уражаємості дорівнюють:

для апаратури: $C_{чI}^{(HARD)}(A) = 0,175;$

для програмного забезпечення: $C_{чI}^{(SOFT)}(A) = 0,175.$

Частні ризики від події I-го виду за формулою (6) становитимуть відповідно:

для апаратури: $R_I^{(HARD)}(A) = 0,31$

для програмного забезпечення: $R_I^{(SOFT)}(A) = 1,53$

У разі виникнення події II-го виду в зоні ураження може опинитися приблизно половина наявних ООТ зі своїм програмним забезпеченням, тобто 5 комплектів апаратури і 25 комплектів програмного забезпечення відповідно. Звідси

для апаратури: $C_{чII}^{(HARD)}(A) = 0,3;$

для програмного забезпечення: $C_{чII}^{(SOFT)}(A) = 0,3;$

Тоді частні ризики від події II-го виду за формулою (6) відповідно становитимуть:

для апаратури $R_{II}^{(HARD)}(A) = 0,9;$

для програмного забезпечення $R_{II}^{(SOFT)}(A) = 4,5.$

У разі виникнення події III-го і IV-го виду у зоні ураження опиняться всі наявні ЕОМ із своїм програмним забезпеченням. Звідси

для апаратури: $C_{чIII}^{(HARD)}(A) = 0,25; \quad C_{чIV}^{(HARD)}(A) = 0,06;$

для програмного забезпечення: $C_{чIII}^{(SOFT)}(A) = 0,25; \quad C_{чIV}^{(SOFT)}(A) = 0,06.$

Тоді частні ризики від події III-го виду за формулою (6) становитимуть:

для апаратури: $R_{III}^{(HARD)}(A) = 0,625;$

для програмного забезпечення: $R_{III}^{(SOFT)}(A) = 03,125.$

Відповідно, частні ризики від події IV-го виду становитимуть:

для апаратури: $R_{IV}^{(HARD)}(A) = 0,036$;

для програмного забезпечення: $R_{IV}^{(SOFT)}(A) = 0,18$.

4. Повний ризик для даного об'єкта: $R_{нов.}(A) = 8,206$.

Без введення в дію СТЗ інформації робота даного ООТ неможлива.

Таким чином, інформаційні потоки сприймаються як різні відомості про стан елементів НС та оточуючого середовища, про впливи на інші дані, що необхідні для досягнення мети. При управлінні безпекою ООТ слід керуватися наступним:

– в оцінку ризику вводити весь спектр небезпек, можливих для досліджуваного ООТ при його роботі;

– заходи щодо зниження ризику приймаються на найбільш несприятливих напрямках (рис.1). При виборі засобів захисту перевагу надавати таким, які при однакових витратах забезпечують найбільше зниження ризику.

ЛІТЕРАТУРА

6. Качинський А.Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем / А.Б. Качинський. – К.: ДП «НВЦ «Євроатлантикінформ», 2006. – 336 с.

7. Кузьмин И.П., Романов С.В. Риск и безопасность с точки зрения системной динамики. Радиационная безопасность и защита АЭС. – 1991. – Вып. 13. – С. 82-105.

8. Рагозин А.Л. Оценка и картографирование опасности и риска от природных и техноприродных процессов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1993. – № 4. – С. 16-41.

9. Могилевский В.Д. Введение в теорию управления безопасностью систем (методика и примеры) // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2001. – № 5. – С. 4-22.

V.A. Sobina, Ph.D., L.V. Borisova, Ph.D., National University of Civil Defense of Ukraine

ANALYSIS AND FORECAST OBJECT COMPUTING SECURITY IN EMERGENCIES

It is proposed to adapt the previously developed teaching aids risk analysis due to emergency facilities for computer equipment. In managing the security object computing should be guided by the following: a risk assessment to introduce the whole range of hazards, possible for the object under study computer engineering at its work; risk reduction measures are taken in the most unfavorable direction. When selecting remedies provide such an advantage that for the same cost provide the greatest reduction in risk.

О.М. Соболев, докт. техн. наук, с.н.с., начальник кафедри, НУЦЗУ

С.Я. Кравців, ад'юнкт, НУЦЗУ

Н.В. Кравченко, здобувач вищої освіти, НУЦЗУ

Ю.О. Гудков, здобувач вищої освіти, НУЦЗУ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

На теперішній час в умовах реформування ДСНС України актуальною науково-прикладною проблемою є використання ризик-орієнтованого підходу для обґрунтування параметрів, які характеризують функціонування пожежно-рятувальних підрозділів. Однією із задач, яка сприятиме зменшенню значень інтегральних пожежних ризиків на регіональному рівні, є задача оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) та потенційно небезпечних об'єктів (ПНО).

Питання ідентифікації ОПН, декларації безпеки, розробки плану локалізації і ліквідації аварій на ОПН тощо розглянуті в [1]. Проведення ідентифікації, паспортизації та моніторингу ПНО визначені в [2-4]. Разом з тим, на сьогоднішній день дослідження щодо забезпечення ефективного реагування на пожежі та НС, що можуть виникнути на ОПН та ПНО (особливо у сільській місцевості) не проводились.

Розглянемо постановку задачі оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів. Нехай задано область S_0 , в якій знаходяться об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти S_d , $d = 1, \dots, D$. Область S_0 може бути задана у вигляді багатокутника у власній системі координат. Об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти являють собою точки, положення яких визначаються в системі координат об'єкта S_0 . Область S_0 має об'єкти заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$, в яких неприпустимо розміщувати пожежно-рятувальні підрозділи. Необхідно покрити область S_0 мінімальною кількістю районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів P_i , $i = 1, \dots, N$ (дані райони являють собою багатокутники зі змінними метричними характеристиками), так, щоб виконувались наступні обмеження:

– мінімум площі перетину районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів;

– належність районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів області S_0 ;

– мінімум площі перетину районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів з областями заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$;

– належність об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів S_d , $d = 1, \dots, D$, області перетину M_d районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів, що забезпечують реагування на аварію (пожежу) на ОПН або ПНО відповідно до номеру виклику.

– час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до найвіддаленішої точки району виїзду P_i , $i = 1, \dots, N$, має не перевищувати заданого T^* ;

– розміщення пожежно-рятувальних підрозділів здійснюється у населених пунктах, де кількість населення перевищує задане значення C^* .

Очевидно, що дана задача відноситься до класу оптимізаційного геометричного проектування [5], а саме, являє собою задачу оптимального покриття області S_0

геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками P_i , $i=1, \dots, N$, з урахуванням «центрів тяжіння» S_d , $d=1, \dots, D$.

Математична модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів може бути записана наступним чином:

$$u^* = \arg \min_{u \in W} N(u); u = \{m_i; v_i\}; i = 1, \dots, N; \quad (1)$$

де W :

$$\omega \left(\begin{matrix} m_N, m_0, v_N, v_0 \\ \bigcup_{i=1}^N P_i, \bigcup_{i=1}^N P_i \end{matrix} \right) = S^0; \quad (2)$$

$$\omega(m_i, m_j, v_i, v_j) \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, N; j = i+1, \dots, N;$$

$$\omega(m_i, m_{cS_0}, v_i, v_{cS_0}) \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$i = 1, \dots, N; S_0 \cup cS_0 = R^2;$$

$$\omega(m_i, m_\xi, v_i, v_\xi) \rightarrow \min; \quad (5)$$

$$i = 1, \dots, N; \xi = 1, \dots, L;$$

$$S_d \in \bigcap_{k=1}^{M_d} P_k'; d = 1, \dots, D; P_k' \in \{P_i\}, i = 1, \dots, N; \quad (6)$$

$$T(P_i) \leq T^*; i = 1, \dots, N; \quad (7)$$

$$C(v_i) \geq C^*; i = 1, \dots, N. \quad (8)$$

В моделі (1)÷(8) вираз (1) являє собою цільову функцію задачі, при цьому m_i - метричні характеристики об'єктів P_i , $i = 1, \dots, N$ (наприклад, координати вершин багатокутників в локальній системі координат), v_i - параметри розміщення об'єктів P_i (положення локальної системи координат i -го об'єкта в глобальній системі координат) [5]; вираз (2) являє собою умову покриття всієї області S_0 , m_N і v_N , відповідно, $\bigcup_{i=1}^N P_i$ і $\bigcup_{i=1}^N P_i$, метричні характеристики та параметри розміщення об'єкта $\bigcup_{i=1}^N P_i$, m_0 і v_0 - метричні характеристики і параметри розміщення області S_0 , S^0 - площа об'єкта S_0 ; вираз (3) - умова мінімуму взаємного перетину об'єктів P_i та P_j ; вираз (4) - умова мінімуму

перетину об'єктів P_i з доповненням області S_0 до евклідового простору R^2 ; вираз (5) – умова мінімуму взаємного перетину об'єктів P_i з областями заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$; вираз (6) – умова належності об'єктів S_d , $d = 1, \dots, D$, області перетину об'єктів P_k' , що належать множині об'єктів P_i ; вираз (7) – умова щодо припустимого часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику; вираз (8) – умова розміщення пожежно-рятувальних підрозділів у відповідних населених пунктах. Треба відзначити, що обмеження математичної моделі (2)÷(5) представлені за допомогою ω -функції покриття [5].

Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз особливостей розробленої математичної моделі оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів, побудову області припустимих розв'язків та розробку метода розв'язання даної задачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2245-14>.
2. Наказ МНС України від 23.02.2006 р. №98 «Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0286-06>.
3. Наказ МНС України від 18.12.2000 р. №338 «Про затвердження Положення про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0062-01>.
4. Наказ МНС України від 06.11.2003 р. №425 «Про затвердження Положення про моніторинг потенційно небезпечних об'єктів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1238-03>.
5. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. – К.: Наукова думка, 1986. – 268 с.

*O.M. Sobol, doctor of technical sciences, senior researcher, head of department, NUCPU
S.Ya. Kravtsiv, PhD student, NUCPU,
N.V. Kravchenko, student, NUCPU
Yu.O. Gudkov, student, NUCPU*

THE MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMUM PLACEMENT FIRE AND RESCUE SERVICES FOR HIGH-RISK AND POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS PROTECTION

In this paper the problem statement is given and the mathematical model of definition optimum number and placement fire and rescue services for high-risk and potentially dangerous objects protection is developed. The ways of further researches are defined.

Keywords – problem statement, mathematical model, optimum number, fire and rescue service.

ОСОБЛИВОСТІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПОВ'ЯЗАНИХ З ТЕРОРИСТИЧНИМИ АКТАМИ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

У світі щорічно виникають тисячі складних надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають мільярдів доларів. В Україні ж ситуація ускладнюється тим, що у зв'язку з небезпечними соціальними та військовими явищами, аварії та катастрофи можуть мати терористичний характер.

До надзвичайних ситуацій пов'язаних з терористичними актами відносимо надзвичайні ситуації соціального характеру (пов'язані з протиправними діями антиконституційного спрямування) та надзвичайні ситуації воєнного характеру.

Надзвичайні ситуації пов'язані з терористичними актами можна класифікувати за місцями їх виникнення:

- на державних, регіональних, міських підприємствах і системах управління;
- на транспорті;
- на підприємствах промисловості (потенційно небезпечних об'єктах);
- в установах та організаціях громадського призначення, на підприємствах постачання та інженерних комунікаціях.

Розглянемо детальніше надзвичайні ситуації пов'язані з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах.

Терористичний акт, скоєний на промисловому об'єкті, як вид стратегічної небезпеки, що створює умови до виникнення аварій та катастроф (людські жертви, вибухи, пожежі, викиди отруйних і радіоактивних речовин та ін.) відносимо до надзвичайних ситуацій терористичного характеру.

Однією з форм об'єктивної сторони терористичного акту [1] – є застосування зброї (використання її вражаючих властивостей проти життя, здоров'я, майна чи довкілля), вчинення вибуху, підпалу чи інших дій (застосування радіоактивних, отруйних та інфекційних речовин, біотероризм, затоплення, обвали, каменепади, газові атаки, зруйнування будівель, споруд, доріг, засобів зв'язку, пошкодження об'єктів довкілля, нафтових родовищ, систем життєзабезпечення тощо), які створюють небезпеку для життя чи здоров'я людини або заподіяння значної майнової шкоди чи настання інших тяжких наслідків;

Найбільш поширеними у світі терористичними актами є напади на державні або промислові об'єкти [2]. Це пояснюється тим, що виробнича діяльність потенційно небезпечних об'єктів, пов'язана з наявністю в них великої кількості хімічно небезпечних, легкозаймистих, вибухо- і пожежонебезпечних речовин, представляє серйозну загрозу екологічній безпеці територій. Надзвичайні ситуації на таких об'єктах призводять до великих матеріальних збитків, а також: є ефективним засобом залякування та демонстрації сили. Ці особливості відносять потенційно небезпечні об'єкти до числа вразливих у терористичному відношенні.

Створення надзвичайної ситуації терористичного характеру на потенційно небезпечному об'єкті спрямовано на руйнування або виведення з ладу технологічних систем об'єкту з метою дестабілізації випуску, переробки, перевезення, зберігання продукції; хімічне або радіоактивне забруднення місцевості; знищення людей, поширення паніки серед населення; тиск на державні органи з метою задоволення політичних чи економічних вимог і т.д.

Основною особливістю надзвичайних ситуацій пов'язаних з терористичними актами є *лихий намір*.

Надзвичайні ситуації пов'язані з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах в свою чергу можна класифікувати за наступними видами терористичного акту, що провокують їх виникнення:

1. Надзвичайна ситуація в результаті традиційного терористичного акту – терорист (група осіб) не законним шляхом або під прикриттям потрапляє на територію потенційно небезпечного об'єкта, здійснює терористичний акт будь-якою з форм цього злочину, що провокує виникнення надзвичайної ситуації з важкими наслідками. Один з таких випадків відзначений у 1972 році, коли стався вибух заводу в м. Гамбург.

2. Надзвичайна ситуація в результаті так званого «машинного» тероризму, коли завантажений вибухівкою автомобіль чи інший транспортний засіб направляється до будівель потенційно небезпечного об'єкта, що провокує порушення цілісності технологічного обладнання чи будівель та виникнення надзвичайної ситуації. У 1983 році такий вид надзвичайної ситуації терористичного характеру вперше було організовано в Лівії та Бейруті.

3. Існують побоювання з приводу виникнення нового виду надзвичайних ситуацій в результаті «електронного» тероризму, коли від впливу потужного потоку електромагнітного випромінювання можуть бути виведені з ладу системи контролю параметрів технологічного процесу або системи контролю і забезпечення безпеки потенційно небезпечного об'єкта, що в свою чергу може призвести до порушення технологічного процесу та виникнення надзвичайної ситуації.

4. Завдяки сьгоднішнім передовим технологіям існує можливість виникнення надзвичайних ситуацій в результаті застосування терористами наведеного землетрусу, спрямованого на конкретний потенційно небезпечний об'єкт. Сила таких землетрусів може перевищувати 6 балів за шкалою Ріхтера. До прикладу вибух на заводі добрив у м. Вест, США, який стався 17 квітня 2013 року. Причиною вибуху стало загоряння на території заводу одного з резервуарів з безводним аміаком. За офіційними даними у результаті вибуху загинуло 14 осіб (4 з них – пожежні, які на момент вибуху гасили пожежу на заводі) понад 160 осіб зазнали поранень, від 35 до 40 осіб вважають зниклими безвісти. Вибухом зруйновано будинки у радіусі 25 кілометрів від епіцентру катастрофи. Геологічна служба США повідомила, що вибух спровокувало коливання земної поверхні магнітудою 2,1 бали, хоча м. Вест знаходиться у безпечній з погляду сейсмологічної активності зоні і до цього випадку тут землетрусів не фіксували.

5. Ще одним видом надзвичайних ситуацій терористичного характеру є віддалене застосування важкої зброї до комунікацій, технологічного обладнання чи будівель потенційно небезпечного об'єкта, що провокує виникнення вибуху з важкими наслідками. Попередження такого виду надзвичайних ситуацій є зараз дуже актуальним питанням для України, враховуючи ту кількість зброї, яка безконтрольно потрапляє на її територію із зони проведення антитерористичної операції, а також для забезпечення безпеки потенційно небезпечних об'єктів у самій зоні. Так, один з найпотужніших вибухів за час проведення АТО стався 20 жовтня 2014 року у м. Донецьк в результаті потрапляння військового снаряду в завод хімічних виробів. Вибухова хвиля погнула застосування стадіону «Донбас Арена», обвалився один з його секторів, зруйновано щонайменше 20 приватних та багатоповерхових будинків, загинули мирні жителі.

Як показує статистика, надзвичайні ситуації на хімічно небезпечних об'єктах можуть призвести до особливо важких наслідків. Досі у світі не зафіксовано надзвичайних ситуацій терористичного характеру на об'єктах з аміачними холодильними установками, але як приклад можливих наслідків можна привести надзвичайну ситуацію, що трапилася на хімічному комбінаті компанії Badische Anilin- & Soda-Fabrik в німецькому м. Оппау (сьогодні частина м. Людвігсхафен-на-Рейні). Побудований в 1913 році завод став першим у світі підприємством, на якому був освоєний каталітичний синтез аміаку за методом Габера. Під час Першої Світової війни завод в м. Оппау також робив бойові отруйні речовини, а після капітуляції Німеччини був переведений на випуск продукції господарського призначення. 21 вересня 1921 року там стався подвійний вибух, в результаті якого загинуло близько 600 людей і понад 1,5 тис. отримали поранення. Однією з причин вибуху називають диверсію британської терористичної групи.

Аналіз стану антитерористичної захищеності потенційно небезпечних об'єктів (рівень підготовленості об'єкта до зниження ймовірності виникнення джерела надзвичайної ситуації терористичного характеру і пом'якшення її наслідків у разі реалізації терористичних актів, що забезпечують прийнятний ризик її виникнення [3]) показує, що, незважаючи на неодноразові терористичні прояви на об'єктах подібного типу, заходи з її підвищення носять періодичний і безсистемний характер. Це проявляється у слабкій технічній оснащеності об'єктів, низькому рівні підготовки працівників.

Аналіз статистичної інформації щодо терористичної діяльності в Україні показав, що на можливість здійснення терористичного акту стосовно потенційно небезпечного об'єкта впливають:

- місце розташування об'єкта на території країни;
- кількість об'єктів, що представляють інтерес для терористів;
- його привабливість і доступність для терористів у порівнянні з іншими об'єктами.

Вивчення особливостей надзвичайних ситуацій терористичного характеру на потенційно небезпечних об'єктах, їх видів та причин виникнення дозволило розробити стратегію забезпечення безпеки об'єкта з ам'ячними холодильними установками від терористичних проявів, а саме застосування системних заходів за наступними чотирма напрямками:

- усунення причин, негативних факторів і умов, що породжують або сприяють виникненню терористичних проявів на об'єкті;
- адекватне і своєчасне реагування на негативні процеси, які становлять загрозу безпеки об'єкта;
- надання ефективної допомоги правоохоронним органам і спецслужбам у їх боротьбі з терористичними проявами;
- пом'якшення та мінімізація наслідків терористичних актів, які не вдалося запобігти.

Висновки. Як показує статистика, надзвичайні ситуації пов'язані з терористичними актами на потенційно небезпечних об'єктах не є рідкісним явищем. Тому при проведенні аналізу потенційної небезпеки об'єктів контролю їх виникнення обов'язково необхідно враховувати, а виходячи із результатів аналізу особливостей таких надзвичайних ситуацій, їх можна віднести до **блоку показників небезпеки зовнішнього впливу**, до якого також відносяться імовірність виникнення надзвичайної ситуації в результаті каскадного розвитку аварії на сусідньому об'єкті, що є актуально, враховуючи велику щільність забудови та техногенну перевантаженість великих міст; аварії на об'єктах енергетики та водопостачання, що можуть негативно вплинути на штатне протікання технологічного процесу; кількісна оцінка можливості виникнення інших зовнішніх факторів природного та антропогенного характеру, що чинять негативний вплив на безпеку об'єкта контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кримінальний кодекс України Верховна Рада України; Кодекс України, Кодекс, Закон від 05.04.2001 № 2341-III <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2341-14/page>.
2. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів акредитації / Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В.; за ред. Є.П. Желібо і В.М. Пічі. – Львів: «Новий Світ-2000», 2002. – 328 с.
3. О противодействии терроризму / Федеральный закон от 06.03.2006 N 35-ФЗ. [Електронний ресурс] / Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Електрон. дан. – 2014. – Режим доступу: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173583/.

D. V. Taraduda, Ph.D., National University of Civil Defense of Ukraine

FEATURES EMERGENCIES RELATED TO TERRORIST ACTS ON POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS

Peculiarities of emergency situations of a terrorist nature in the potentially dangerous objects, their types and causes, which made it possible to develop a security strategy for such objects.

*А.А. Тесленко, кандидат физико-математических наук, доцент,
Национальный университет гражданской защиты Украины*

ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ С ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ.

Производства с использованием природного газа очень распространены. Их опасность связана с опасными свойствами природного газа. Однако, свойства природного газа не постоянны. Они меняются от скважины к скважине и даже для одной скважины со временем. В местах потребления могут использоваться смеси газов из разных месторождений. Взрывоопасность производств может зависеть от состава используемого природного газа.

В статье [2] рассматривается вопрос устойчивости математического алгоритма из [1] для наружных установок. Была рассмотрена взрывоопасность установки по переработке газа. Определена надежность алгоритма для этого случая. Неоднородность газа не рассматривалась. Главная задача этого и предыдущих исследований автора [1,2 и др.] сделать оценки опасности надежными. Надежность алгоритма в данной работе понимается как свойство алгоритма получать верный результат при всех возможных отклонениях (погрешностях) заданных данных. Неверным результатом в рамках этой статьи является отнесение помещения к разряду взрывоопасных, когда к взрывоопасным оно не относится и наоборот. Надежность оценок связана с устойчивостью математического алгоритма к возмущениям исходных данных. Алгоритм решения задачи называются вычислительно неустойчивыми, если малые изменения входных данных приводят к заметным изменениям решения. Поскольку осуществляются с некоторой погрешностью, вычислительная неустойчивость приводит к невозможности решения ряда задач некоторыми алгоритмами, которые при абсолютно точных вычислениях давали бы решения. В предложенном здесь исследовании в качестве таких возмущений рассматривается неоднородность состава газа.

Основную часть природного газа составляет метан (СН₄) — от 70 до 98 %. Неопределенность в неизвестности процента метана ведет к неопределенности его свойств: плотность, теплоемкость, удельная теплота сгорания... Разброс в этих свойствах может быть следующий.

1. Плотность природного газа может изменяться от 0,68 до 0,85 кг/м³.
2. Удельная теплота сгорания: 28—46 МДж/м³ (используем в расчетах 35,5МДж/м³).
3. Молярная масса природного газа меняется 16-20г/моль.

Рассмотрим опасность котельной, которая имеет размеры 25 × 15 × 10м. В котельной находится котел с подогревом природным газом. Производительность компрессора - 0,5м³ / с. Кратность вентиляции 12ч⁻¹, отключение автоматическое (25с), температура воздуха в помещении - 20°С.

На основе математической модели документа [1] определим избыточное давление взрыва.

$$\Delta P = (P_m - P_0) \frac{m^* \cdot z}{V_g \cdot \rho_{z.n.}} \cdot \frac{100}{\varphi_{ст.}} \cdot \frac{1}{K_u} = (900 - 101) \frac{9,35 \cdot 0,5}{3638,16 \cdot 0,75} \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 4,87 \text{ кПа. (1)}$$

где

P_{max} — максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газозоудушной или парозоудушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным;

P_0 - начальное давление, кПа;

m — масса горючего газа, вышедшего в результате расчетной аварии в помещение, кг;

Z — коэффициент участия горючих газов и паров в горении;

$C_{ст}$ - стехиометрическая концентрация горючего газа;

$V_{св}$ — свободный объем помещения, m^3 ;

ρ — плотность при расчетной температуре t_p , kg/m^3 .

K_n коэффициент, учитывающий не герметичность помещения и неадиабатичность процесса горения.

Согласно документу, если давление превышает 5 кПа, помещение считается взрывоопасным. Таким образом, помещение компрессорного отсека следует рассматривать как не взрывоопасное помещение. Однако, избыточное давление взрыва может зависеть от плотности природного газа в пределах естественных изменений его химического состава. Построим график такой зависимости (рис.1). В результате естественных химических изменений природного газа избыточное давление взрыва может превзойти 5кПа. Значит помещение может относиться к категории «А».

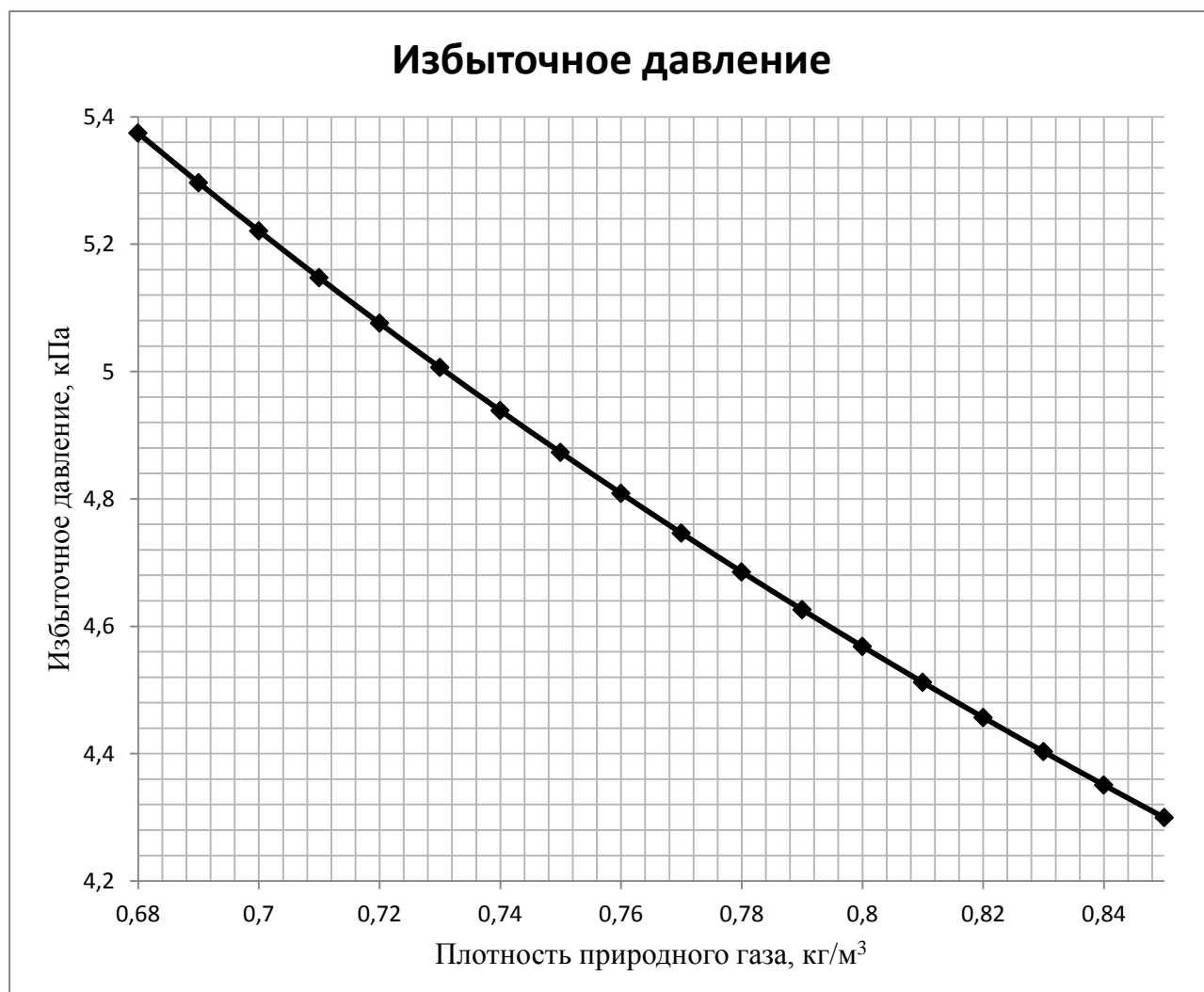


Рис. 1. – График зависимости избыточного давления взрыва от плотности природного газа.

Аналогичный результат можно ожидать для удельной теплоты сгорания и молярной массы газа (рис. 2).

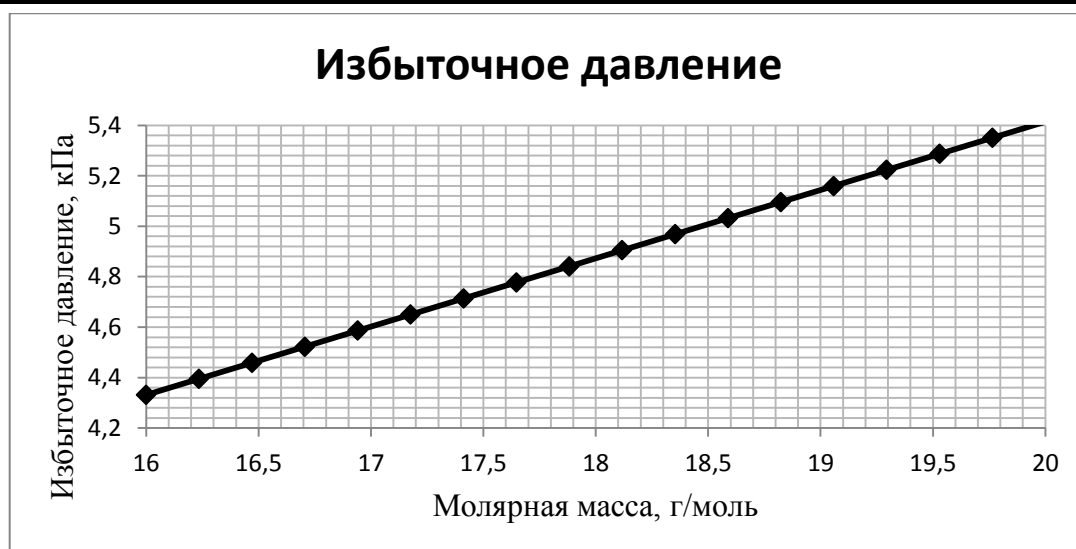


Рис. 2. – График зависимости избыточного давления взрыва от молярной массы газа.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Время отключения является тем параметром, к которому очень чувствительно избыточное давление. Именно этим параметром можно эффективно управлять взрывоопасностью объекта.

2. От плотности природного газа нет зависимости избыточного давления в рамках математической модели [1]. Обусловлено это тем, что плотность присутствует в знаменателе (формула 1) и в неявном виде находится в массе газа (формула 6).

3. Молярная масса не влияет на избыточное давление в рамках формулы 1 по причинам сходным с пунктом 2. В формуле 1 молярная масса фигурирует в вычислении плотности.

При определении категории помещения неоднородность реального природного газа оказывает влияние на результаты определения опасности помещения.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : НАПБ Б.03.002-2007. — Офіц. вид. — К. : МНС України, 2007. — 25с. — (Наказ МНС від 03.12.2007 року № 833)..

2. Teslenko A.A. Reliable estimates explosion for externalunitin Russia, Belarus and Ukraine / A.A.Teslenko, A. I. Tokar // Eastern european scientific journal. Dusseldorf. – 2014. – DOI 10.12851/EESJ201410. – P.210-215.

A.A. Teslenko, Candidate of Physico-Mathematical Sciences,
National University of Civil Defense Ukraine

EXPLOSIVE PROPERTY FOR SHOP FLOOR WITH NATURAL GAS.

The dispersion of explosive properties of production facilities that use natural gas were considered. The influence of the natural gas composition, density, specific heat of combustion, etc. on explosion criteria was studded. The stability of the algorithm for determining the explosive properties of the dispersion of these factors was researched.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖІ ОБ'ЄКТІВ ЗБЕРІГАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя людей, національного багатства і природного середовища. І в той же час, коли Україна йде шляхом економічної самостійності, вирішуючи глобальні проблеми зовнішньої політики, культурного і суспільного розвитку, необхідний надійний, поставлений на потрібну основу, захист народного й історичного надбання від пожеж і стихійних лих.

Одним з пріоритетних напрямків розвитку агропромислового комплексу України є підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів зі зберігання та переробки рослинної сировини. До об'єктів даного класу відносяться: елеватори, комбикормові заводи, склади силосного типу, хлібоприймальні підприємства, зерносховища.

Об'єкти зберігання та переробки зерна, зернопродуктів та іншої рослинної сировини відносяться до об'єктів з великою пожежо- та вибухонебезпекою. У випадку виникнення на них пожежі обстановка ускладнюється наявністю великої кількості горючих матеріалів та можливістю нанесення великих збитків. На об'єктах зберігання рослинної сировини протягом 2015 року в Україні виникло 126 пожеж та вибухів, загальні збитки від яких перевищують суму в 2356 тисяч гривень.

У цих умовах зростає роль системи забезпечення пожежної безпеки (СЗПБ) на вказаних об'єктах. Невід'ємною складовою СЗПБ є система моніторингу, до задач якої належить визначення параметрів і характеристик НС, що відбулась, та прогнозування загроз виникнення надзвичайних ситуацій для їх попередження.

Система моніторингу пожежі потенційно-небезпечного об'єкту (ПНО) об'єднує комплекс технічних засобів та організаційних заходів, спрямованих на оперативне виявлення, попередження виникнення пожежі (і вибуху), а також мінімізацію її наслідків.

На систему моніторингу ПНО покладають наступні оперативно-тактичні завдання:

- оперативне виявлення виникнення пожеж та інших надзвичайних ситуацій (НС) на ПНО;
- визначення параметрів і характеристик НС, що відбулась, і динаміки їх впливу на стан природних середовищ і безпеки населення;
- прогнозування погроз виникнення пожеж та інших НС на ПНО;
- збір, обробка, зберігання й передача інформації про параметри стану ПНО і інших необхідних даних;
- інформаційна підтримка робіт, які виконуються з метою підготовки й реалізації заходів щодо забезпечення безпечного функціонування ПНО.

Функціональна схема системи моніторингу потенційно-небезпечного об'єкта відповідно до зазначених завдань представлена на рис. 1.

- У складі системи моніторингу передбачені наступні спеціалізовані функціональні блоки *контрольно-вимірвальний блок*, у якому проводиться збір інформації про всі виділені для контролю параметри ПНО, зовнішніх впливів і природних середовищ;
- *блок попередньої оцінки стану пожежної (техногенної) безпеки ПНО*, у якою здійснюється оцінка поточного рівня пожежної (техногенної) безпеки ПНО;

- *геоінформаційна система (ГІС)*, призначена для збору, зберігання, аналізу й графічної візуалізації розподілених просторових даних і пов'язаної з ними інформації про характеристики ПНО.

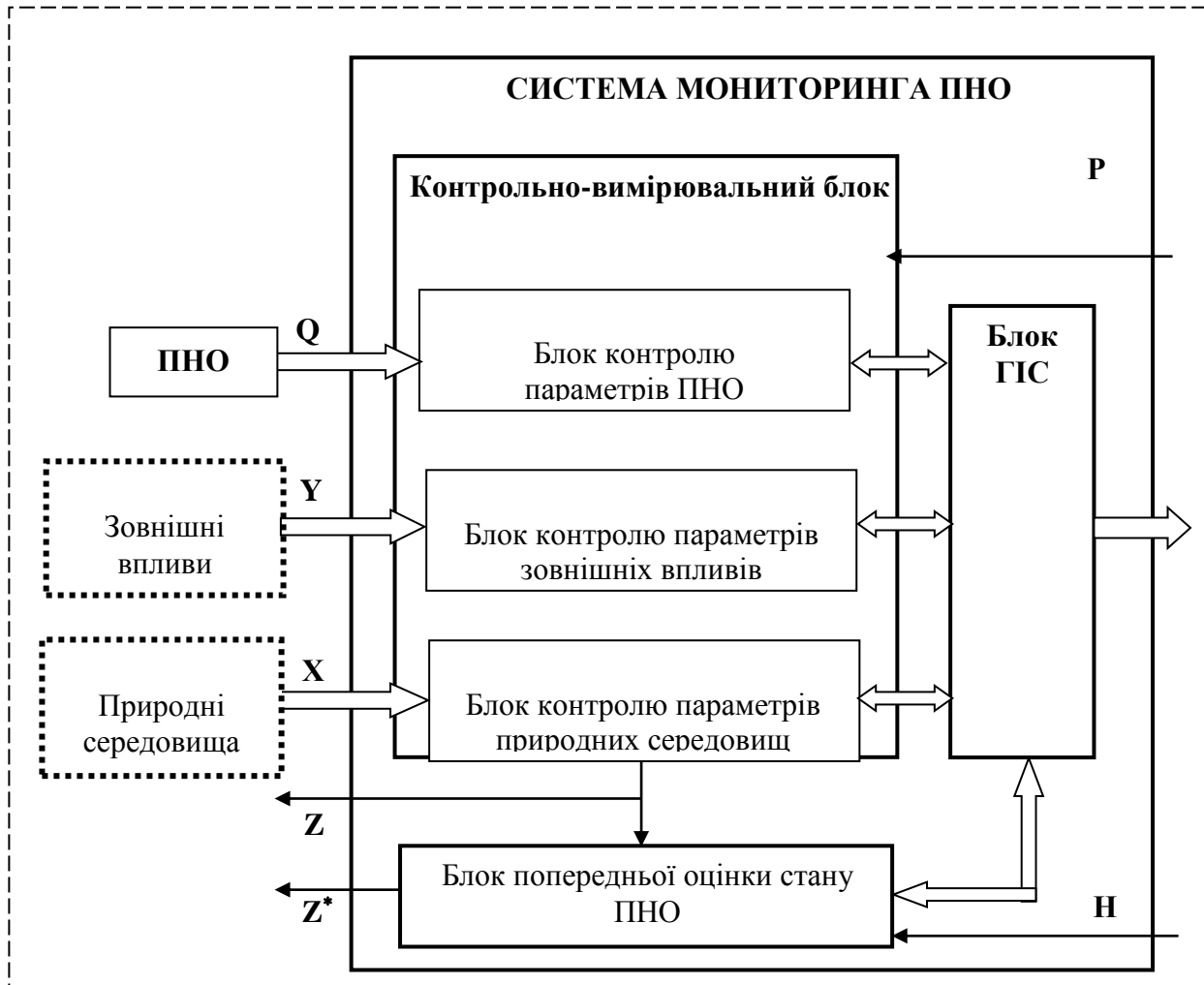


Рис. 1. Функціональна схема системи моніторингу

Збір первинної інформації про стан ПНО, зовнішніх впливах і параметрах природного середовища (компоненти множин Q , Y , X) здійснюється в контрольно-вимірювальному блоці.

Рішення задачі виявлення в зерновій масі, що зберігається, осередку самонагрівання і прогноз його подальшого розвитку вимагає точних відомостей

Для визначення цих даних використовуються спеціальні засоби контролю температури (ЗКТ), тип і характеристики яких визначаються конструкцією і місткістю сховищ.

1). Температуру зернопродуктів, що зберігаються в зерноскладах з плоскими підлогами і в насипах невеликої висоти, вимірюють за допомогою переносних термометричних штанг і щупів ТЩ і ТМЩ-11, а також зерновим електротермометром ЕТЗ-58. Загальним недоліком термощупів і електротермометрів є недостатня ефективність їх застосування для контролю температури при зберіганні великих об'ємів рослинної сировини [1, 2].

2). У складах з похилими підлогами застосовують системи дистанційного контролю температури ДКТС та ДКТТ-11 [3].

3). Для контролю температури зерна, що зберігається в силосах елеваторів, використовують системи дистанційного контролю ДКТЕ-4М та ДКТЕ-4МГ і системи дистанційно-автоматичного контролю (ДАК) САТС, а також ДАК з установками МАРС-

1500 та М-5. На деяких елеваторах ще експлуатуються системи дистанційного контролю ДКТЕ-4, але їх так само, як і системи ДКТЕ-4М,

Необхідними технічними елементами будь-якої системи дистанційного і дистанційно-автоматичного контролю температури зернової маси є:

- датчики-прилади (термометри), які сигналізують про зміну температури;
- приймачі-прилади, що приймають сигнали від датчиків і перетворюють їх у різні форми: у вигляді відхилень стрілки, умовних сигналів, накреслення кривих;
- селекторний (комутаційний) пристрій, що дозволяє вибрати для контролю будь-який об'єкт з числа підключених до установки;
- електролінії зв'язку, що з'єднують датчики з приймачами.

В даний час провідні світові виробники СКТ значно скоротили відстань між термодатчиками в силосах (0,9...2,5) м. Даний діапазон дозволяє враховувати особливості теплового режиму, а також типи сховищ зернової сировини [4-6]. Однак і це не завжди забезпечує надійність його зберігання.

Основними і загальними елементами СКТ служать термopідвіски, встановлені в силосах елеватора. Число силосів і, отже, термopідвісок визначається видом системи. Правилами ведення технологічного процесу на елеваторах рекомендується встановлювати системи ДКТ на елеваторах місткістю 35000 т і ДАК на елеваторах більшої місткості [16].

Термopідвіски являють собою гнучкий кабель-трос, виготовлений з використанням новітніх матеріалів. Термopідвіски виготовляють як висячими в силосі, так і закріпленими на його стінках [7].

ЛІТЕРАТУРА

1. Севриков В.В., Карпенко В.А., Севриков И.В. Автоматические быстродействующие системы пожарной защиты. – Севастополь: Издательство «СевГТУ», 1996. – 260 с.
2. Сергунов В.С. Дистанционный контроль температуры зерна в элеваторах. – М.: Колосс-М, 1997. – 175 с.
3. Семенов Л.И., Теслер Л.А. Взрывобезопасность элеваторов, мукомольных и комбикормовых заводов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 367 с.
4. Севриков В.В., Карпенко В.А., Севриков И.В. Автоматические быстродействующие системы пожарной защиты. – Севастополь: Издательство «СевГТУ», 1996. – 260 с.
5. Бодянский Е.В., Откидач Д.Н. Анализ тенденций развития систем пожарной сигнализации // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Юб. вып. – Часть 2. – Харьков: ХИПБ. – 1998. – С. 20-24.
6. Вогман Л.П., Комов В.Ф., Дегтярев А.Г., Боровой К.И. Температурный контроль при хранении комбикормов // Пожарное дело. – 1988. – № 2. – С. 26.
7. Сергунов В.С. Дистанционный контроль температуры зерна при хранении. – М.: Агропромиздат, 1987. – 174 с.

I.A. Chub, doctor of the technical sciences, professor, National civil defense university of Ukraine; A.I. Budko, National civil defense university of Ukraine

Fire monitoring system objects storage plant material.

Consider fire monitoring system of storage of plant raw material objects. The system includes a unit measuring the grain temperature to determine the heating chamber and the processing unit and the unit for transmitting a signal to raise the temperature of the grain.

С.М. Чумаченко докт. техн. наук, с.н.с., начальник відділу моделювання надзвичайних ситуацій, УкрНДІЦЗ

В.В. Троцько, канд. військ. наук, с.н.с., науковий співробітник відділу моделювання надзвичайних ситуацій, УкрНДІЦЗ

А.С. Парталян, заступник начальника відділу екологічної безпеки управління екологічної безпеки та протимінної діяльності МО України

РОЗРОБЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ АЛГОРИТМІВ ТА МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ТА ЗАГРОЗ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Активний розвиток різних методів аналізу ризиків та загроз засвідчує, що спільність цілей аналізу ризиків в галузі безпеки і надійності спрямована на систематичну ідентифікацію потенційних небезпек і можливих видів відмов, помилок управління, цілісності, доступності; можливості вибору заходів і прийомів щодо забезпечення зниження ризику. Також треба відмітити розвиток процесів стандартизації в галузі управління ризиком, у тому числі на національному та міжнародному рівнях. Окреслені стандарти визначають цілі, завдання, елементи системи, етапи процесу управління ризиками, необхідну організаційну структуру.

Маючи унікальні можливості для повноцінного аналізу та оперування географічною інформацією, ГІС є тим реальним інструментом, який здатний забезпечувати інформаційну основу для прийняття оптимального управлінського рішення. Здатність обробляти інформацію просторового характеру, представлена на географічних картах, принципово відрізняють ГІС від інших інформаційних систем.

Сучасні комп'ютерні ГІС технології дають можливість поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем космо- та аерозображень земної поверхні) з екологічно-техногенною інформацією (різноманітні статистичні дані, списки, екологічні показники тощо). Такі системи зв'язку, як Інтернет та стільниковий телефон, прискорюють обмін усіма видами інформації, в тому числі оперативними екологічно-техногенними даними. З'єднуючи між собою розташовані на великій відстані інтелектуальні сенсори, мережа допомагає працювати над вирішенням проблем аналізу та оцінки реальних і потенційних загроз на об'єктах критичної інфраструктури. Завдяки цьому можна управляти техногенними ризиками на об'єктах критичної інфраструктури, підвищити рівень національної безпеки держави та більш оперативніше інформувати, прогнозувати та запобігати можливим техногенним та природним катастрофам.

Таким чином, використання можливостей ГІС для оцінки ризиків і загроз забезпечує:

1. Отримання якісних даних стосовно забруднених територій, які неможливо отримати іншими способами. Зображення великих ділянок земної поверхні засобами дистанційного зондування Землі дає змогу отримати набагато більший масив інформації ніж, наприклад статистичне збирання інформації.
2. Поєднання різнотипної інформації стосовно ризиків в різних географічних шарах, а також вибіркоче використання цієї інформації на різних етапах оцінки ризиків.
3. Можливість моделювання каскадних ефектів через використання шарів та можливості здійснювати обчислення в кожному шарі окремо з подальшим синтезом отриманих результатів.
4. Отримання і використання інформації реального масштабу часу та відображення її засобами ГІС на значних територіях дає додаткові можливості для оцінки ризику тих об'єктів критичної інфраструктури для яких гранично важливим є зміна параметрів їх функціонування і які потребують постійного моніторингового контролю.

Алгоритмізація моделей оцінки ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури повинна ґрунтуватися на універсальних та специфічних методах, які дозволяють проводити оцінювання, виходячи із умов виникнення надзвичайних ситуацій. Якщо для оцінки загрози виникнення НС можуть бути застосовані універсальні підходи (здебільшого експертноорієнтовані), то для оцінки ризику доцільно використовувати більш специфічні підходи, оскільки поняття ризику містить в собі ймовірнісну складову.

Розглянемо розробку комп'ютерної моделі для оцінки ризиків і загроз виникнення НС, які пов'язані з пожежами на торф'яниках. Ця комп'ютерна модель побудована на основі експертно-аналітичної процедури методу аналізу мереж (ANP-process) [1] у поєднанні із засобами ГІС. В якості оболонки ГІС обрана програма QGIS. Експертно-аналітична оцінка подається в дещо спрощеному вигляді для максимальної результативності оцінки.

Галузь – запобігання НС, пов'язаних з пожежами на торфовищах. Об'єкт критичної інфраструктури – сільськогосподарські угіддя та транспортна інфраструктура, розташовані біля торфовищ Київської області. Надзвичайна ситуація – пожежі на торфовищах Київської області та аварії на транспортній інфраструктурі.

Рівні загрози:

низький – можливе виникнення поодиноких загорянь на окремих ділянках торфовищ, які швидко локалізуються і ліквідуються зусиллями пожежних команд. Виникнення НС малоімовірне і обумовлене дією додаткових факторів, таких, як навмисні підпали на значних територіях;

середній – виникнення пожеж на локалізованих територіях, що характеризуються значним ризиком виникнення загорянь. Виникнення НС можливе у випадку короткотермінового (до двох тижнів) продовження утримання погодних умов, сприятливих для цього;

високий – виникнення НС, що характеризується пожежами на значних територіях (сотня гектарів і більше) можливе протягом декількох днів. Дія всіх факторів сприяє цьому.

Фактори, які обумовлюють виникнення загрози певного рівня.

Кластер №1. Стан повітряних мас:

елемент 1 – зволене повітря, сильні вітри; елемент 2 – зволене повітря слабкі вітри; елемент 3 – сухе повітря сильні вітри; елемент 4 – сухе повітря слабкі вітри.

Кластер №2. Тривалість бездощового періоду:

елемент 1 – тривалість 1 місяць;

елемент 2 – тривалість 1,5 місяці; елемент 3 – тривалість більше 2 місяців.

Кластер №3. Техногенне навантаження:

елемент 1 – незаконне осушування територій;

елемент 2 – перешкоджання заходам з відновлення меліорованої місцевості; елемент 3 – здійснення підпалів власниками земельних ділянок; елемент 4 – незаконна розробка торфовищ.

На рис. 1. показана мережа, що описує модель оцінки загрози. Практично модель реалізована за допомогою комп'ютерної програми.

Мережа, побудована в цій програмі показана на рис. 2.

Оцінювання пріоритетів та аналіз узгодженостей в матрицях парних порівнянь було здійснене також за допомогою комп'ютерної програми. Результат оцінювання показаний на рис. 3.

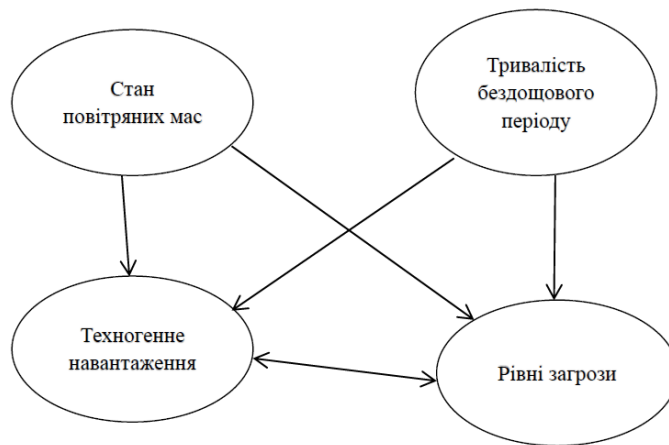


Рис. 1. Мережа, що описує модель оцінки загрози

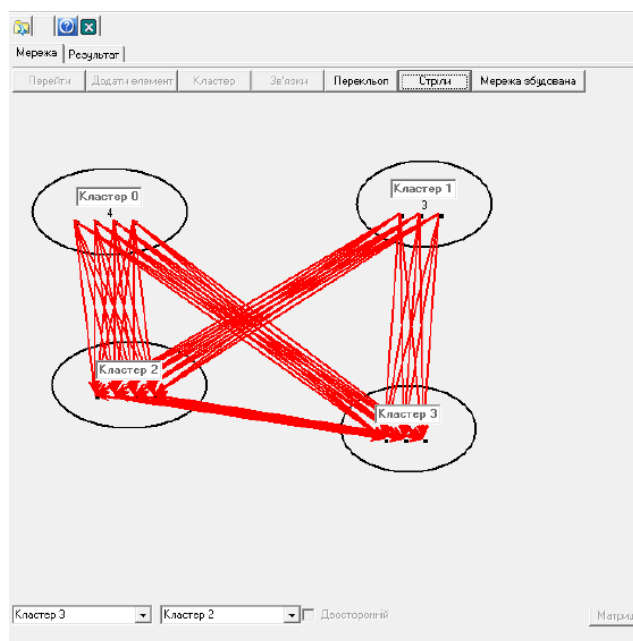


Рис. 2. Мережа збудована в середовищі комп'ютерної програми

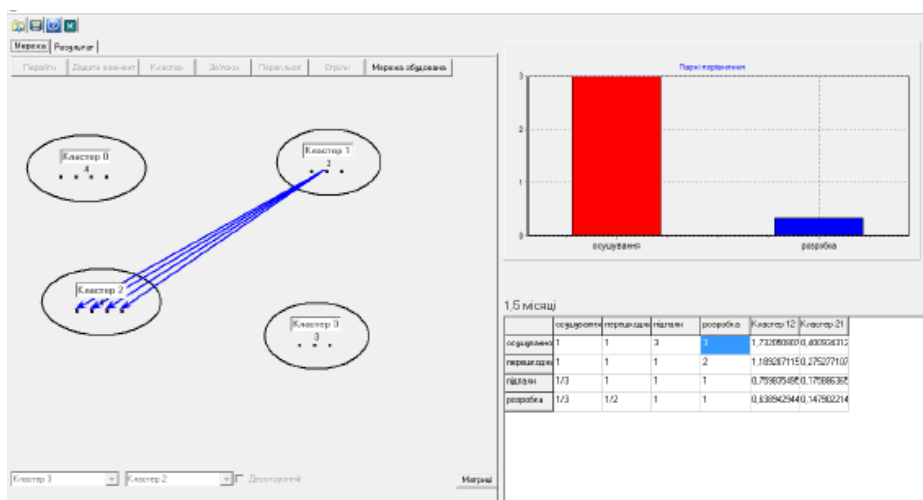


Рис. 3. Фрагмент оцінювання однієї з матриць парних порівнянь

Відповідно до цього результату існує високий рівень загрози виникнення масштабних пожеж на торфовищах Київської області, обумовлений тривалою сухою погодою та впливом людського фактору (рис. 4).



Рис. 4. Результат оцінювання рівня загрози виникнення масштабних пожеж на торфовищах Київської області

На рис. 5 показні зони виникнення торф'яних пожеж на території Київської області. На рис. 6 показані зони підвищеного ризику, утворені каскадним ефектом і обумовлені реалізацією загрози виникнення НС на торфовищах Київської області.

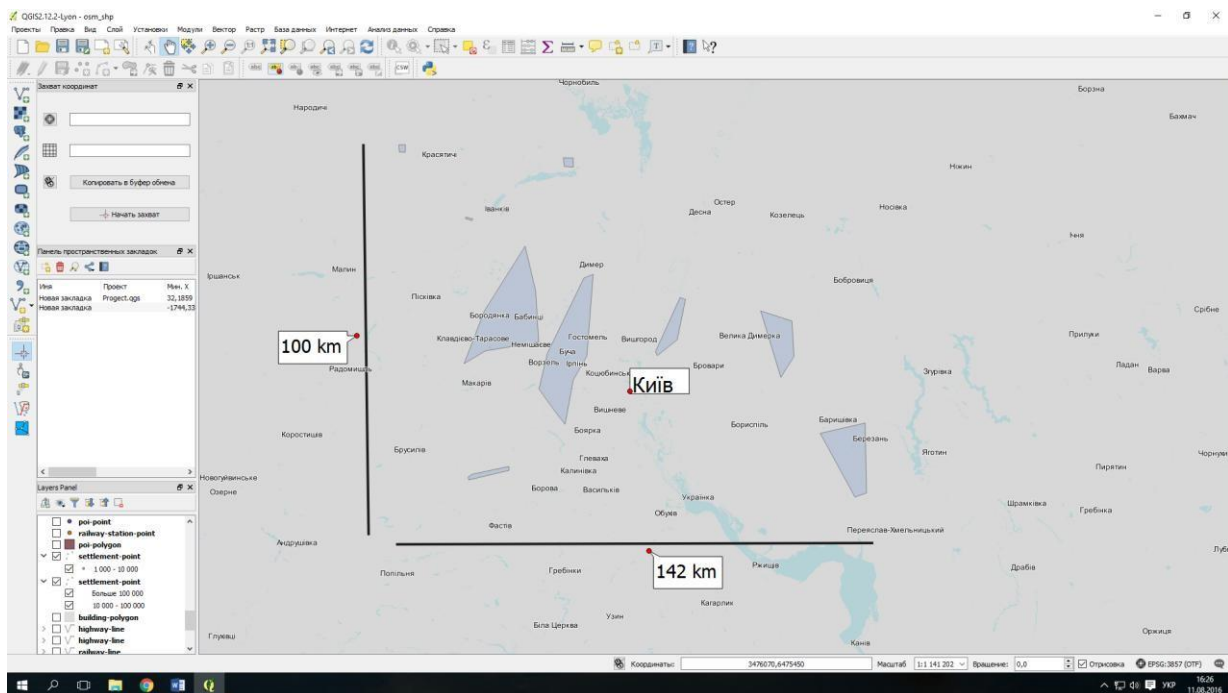


Рис. 5. Території Київської області на яких виникнуть торф'яні пожежі

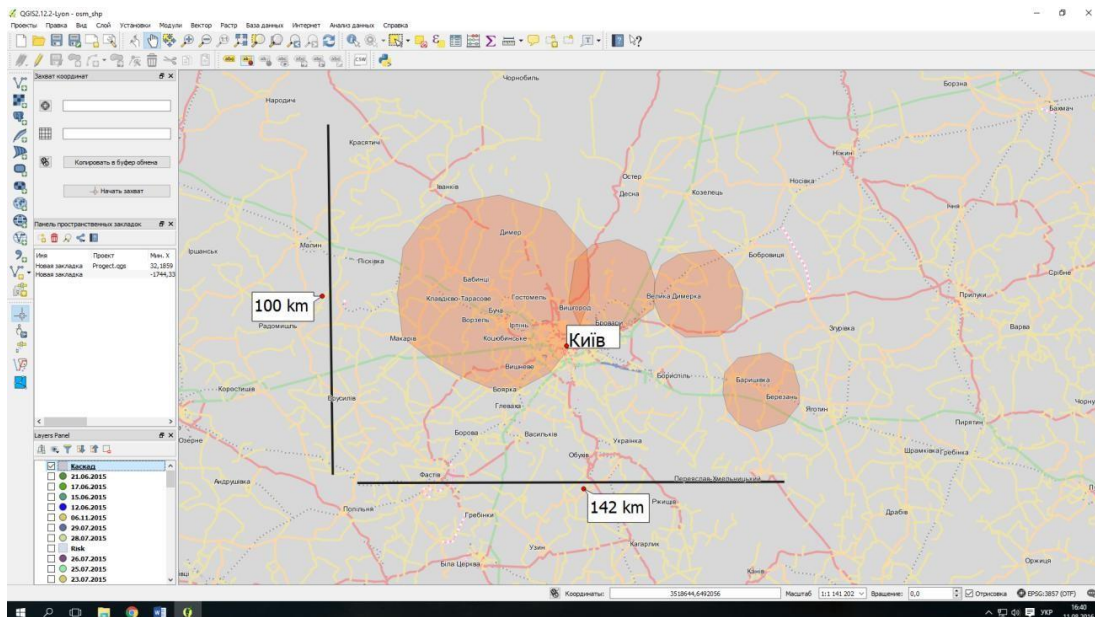


Рис. 6. Автотраси і населені пункти Київської області які максимально постраждають внаслідок каскадного ефекту НС на торфовищах

Після отриманого результату оцінку для оцінки каскадного ефекту була використана геоінформаційна програма QGIS. Каскадний ефект при виникненні НС на торфовищах Київської області полягав у наступному:

збільшення частоти транспортних аварій на автошляхах області внаслідок задимлення автотрас прилеглих до територій горіння торфовищ;

перешкоджання веденню сільськогосподарських робіт на території Київської області внаслідок виникнення небезпечних зон горіння;

створення загрози повітряному рухові внаслідок задимлення значних територій області;

вкрай негативний вплив на здоров'я людей, що мешкають в населених пунктах області диму та продуктів горіння, що приводить до отруєнь та зростання смертності серед населення;

поширення панічних настроїв серед населення та в засобах масової інформації за кордоном через близькість Чорнобильської зони до торф'яних пожеж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Принятие решений при зависимостях и обратных связях : аналит. сети / Т.Л. Саати ; пер. с англ. О.Н. Андрейчиковой ; науч. ред.: А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – Москва : URSS, 2007. – 357 с..

*S.M.Chumachenko doctor of technical science, head of the emergency simulation, UkrNDICZ,
V.V.Trotsko, PhD. troops science, research fellow the emergency simulation, UkrNDICZ,
A.S.Partalyan, deputy head of the Environmental Safety Department of Environmental Safety
and Mine Ministry of Defense of Ukraine*

DEVELOPMENT OF COMPUTER ALGORITHMS AND MODELS OF RISK ASSESSMENT AND THREAT OF EMERGENCY SITUATIONS CRITICAL INFRASTRUCTURE WITH GIS TECHNOLOGY

The article presents the results of the development of computer models to assess the threat of disasters on critical infrastructure facility using the method of analysis of networks

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕЙ НА ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ ГАЗОВ

В настоящее время большое внимание во всем мире уделяется получению заменителей традиционных энергоносителей: нефти и природного газа. Разрабатываются новые технологии, при внедрении которых одной из наиболее важных проблем будет обеспечение пожаровзрывобезопасности при получении, хранении, транспортировании и использовании синтетических горючих газов.

В результате проведенных ранее исследований [1,2,3] установлено влияние ряда отдельных факторов на воспламеняемость горючих газов, однако вопрос их комплексного влияния на область воспламенения многокомпонентных газовых смесей со значительным содержанием негорючих компонентов остается недостаточно изученным.

Задачей проводимых исследований было определение влияния расхода воздуха (x_1), расхода пара (x_2) и температуры в реакционной зоне (x_3) на нижний концентрационный предел распространения пламени.

Влияние всей совокупности технологических факторов процесса подземной газификации угля на нижние КПП пламени получаемого газа можно наглядно увидеть при построении функции (y) с фиксированными параметрами (в нашем случае на нулевом уровне). На рис. 1 изображена зависимость нижних КПП пламени $y = f(x_1; x_2)_{x_3 = 0}$

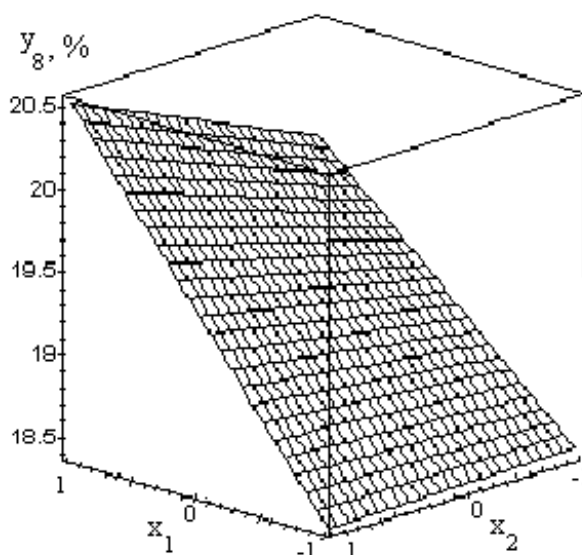


Рис. 1. Зависимость нижних КПП пламени от расхода воздуха (x_1) и расхода пара (x_2), подаваемых на дутье при газификации.

Максимальное значение нижнего КПП пламени достигается при $x_1 = 1$ и $x_2 = 1$. Минимум нижнего КПП пламени достигается в диапазоне $x_2 \in (-1 \div 1)$ и при $x_1 = -1$.

Зависимость $y = f(x_1; x_3)_{x_2 = 0}$ представлена на рис. 2.

Максимальное значение нижнего КПР пламени достигается в точке с координатами $x_1 = 1, x_3 = 1$. Зависимость нижних КПР пламени от x_1 и x_3 носит линейный характер. При уменьшении расхода воздуха и температуры в реакционной зоне нижний КПР пламени снижается.

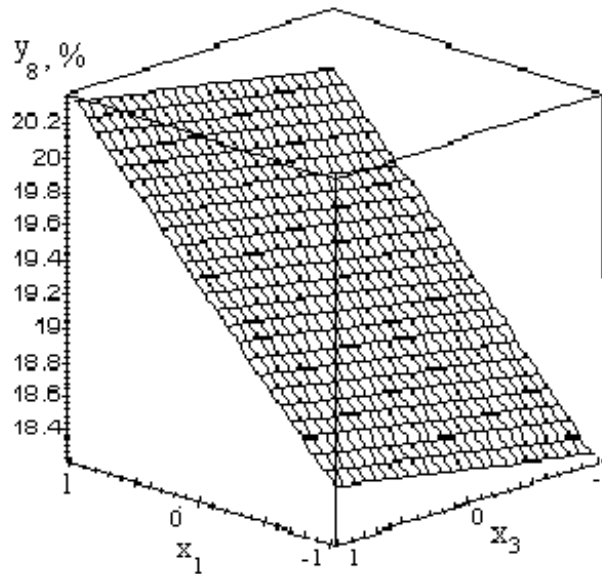


Рис. 2. Зависимость нижних КПР пламени от расхода воздуха (x_1) подаваемого на дутье при газификации и температуры в реакционной зоне (x_3).

Если рассматривать $y = f(x_2; x_3) \Big|_{x_1=0}$ (рис. 3), то можно сделать вывод, что

при увеличении x_2 и x_3 нижний КПР пламени y возрастает. При этом зависимость носит явно нелинейный характер. Максимальное значение y_8 достигается при $x_2 = x_3 = 1$. Минимальное в точках при $x_2 = 1, x_3 = -1$ и $x_2 = -1, x_3 = 1$.

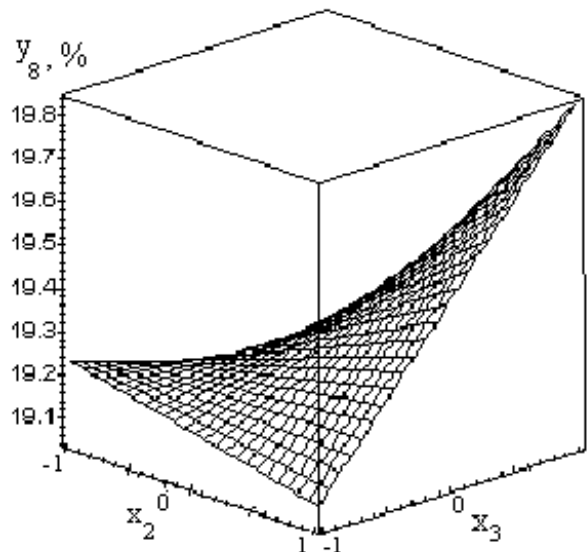


Рис. 3. Зависимость нижних КПР пламени от расхода пара (x_2) подаваемого на дутье при газификации и температуры в реакционной зоне (x_3).

Из общего анализа зависимостей нижних КПР пламени (рис. 1 – 3) можно сделать

вывод, что влияние факторов не одинаково. Наиболее сильно влияет x_1 . Влияние x_2 и x_3 проявляется в меньшей мере.

Для получения горючего газа с максимальным нижним КПП пламени используем полученную нами функцию отклика y от варьируемых факторов. Таким образом, речь идет о нахождении максимального значения y в интервале $-1 \leq x_i \leq 1$. Для решения данной задачи используем метод прямого перебора и пакет прикладных программ «Microsoft Excel». В результате получено, что максимальное значение нижнего КПП пламени находится на краю интервала в точке $x_{1 \max} = \{1; 1; -1\}$. Таким образом, максимальные значения нижнего КПП предела достигаются при максимальном расходе воздуха и пара на дутье при газификации, минимальных значениях температуры в реакционной зоне.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что нижний КПП пламени достигает максимального значения при расходе воздуха на дутье при подземной газификации – 6500 м³/т твердого топлива; расходе пара на дутье при подземной газификации – 910 кг/т твердого топлива; температуре в реакционной зоне – 860 °С. При этом нижний КПП пламени для получаемого газа равен φ_n – 24,2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луценко Ю.В. Влияние основных технологических факторов подземной газификации углей на воспламеняемость получаемых газов/ Ю.В.Луценко, Е.А.Яровой // Проблемы пожарной безопасности. – 2009. – №26. – С.113-117.
2. Луценко Ю.В. Влияние основных технологических факторов подземной газификации углей на верхний концентрационный предел распространения пламени/ Ю.В.Луценко, Е.А.Яровой // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – №27. – С.136-139
3. Луценко Ю.В., Яровой Е.А. Получение горючих газов методом подземной газификации углей // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: УГЗУ, 2006. – вып. 20 – С. 128-132.
4. Луценко Ю.В., Яровой Е.А. Определение состава и области воспламенения газов, образующихся при подземной газификации угля // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: УГЗУ, 2007. – вып. 22 – С. 138-142.
5. Луценко Ю.В., Попов В.М., Яровой Е.А. Влияние инертных разбавителей на воспламеняемость газов, получаемых при подземной газификации углей // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: УГЗУ, 2008. – вып. 23 – С. 119-123.

*U.V. Lutsenko, Ph. D, associate professor, National University of Civil Defense Ukraine
E.A.Yarovoy, National University of Civil Defense Ukraine*

INFLUENCE OF BASIC TECHNOLOGICAL FACTORS OF UNDERGROUND GASIFICATION OF COALS ON INFLAMMABILITY OF THE GOT GASES

Dependence of lower concentration limits of distribution of flame of combustible gases of underground gasification of coals, temperatures, is set in a reactionary area, expense of air and steam, given on blowing.

*Ю.В.Луценко, кандидат технических наук, доцент,
Национальный университет гражданской защиты Украины
Е.А.Яровой, Национальный университет гражданской защиты Украины*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА И ОБЛАСТИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ГАЗОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

Основной процесс подземной газификации угля - образование горючих газов. Изучение этого процесса в научно-технической литературе преимущественно ограничивается перечнем возможных химических реакций [1,2]. Вместе с тем известны методы расчета состава газа при газификации угля в наземных газогенераторах, например методики Доброхотова, Грум-Гржимайло [3] или более современная методика [4].

Для описания процесса газообразования при ПГУ они мало пригодны в связи с тем, что базируются на практических данных и заданном распределении отдельных элементов топлива между составными частями генератора газа или предполагают известными термодинамические условия газообразования. При ПГУ последние отличаются существенной неоднородностью и главным образом неопределенностью, пути преодоления которой в настоящее время неизвестны.

Задачей исследования является разработка математической модели процесса ПГУ, позволяющей прогнозировать компонентный состав и пожаровзрывоопасность образующихся газов. На основе анализа данных о работе подземных газогенераторов закрытых станций «Подземгаз», обобщения многочисленных исследований в области газообразования при газификации угля и его сжигании предложена новая гипотеза, которая заключается в следующем. Поступающее в канал газификации дутье трансформируется в совокупность рабочих, дожигающих и балластных потоков. К первым относятся потоки дутья, кислород которых выгорает в гетерогенной реакции с углеродом, образуя диоксид углерода, ко вторым - те из них, кислород которых расходуется на гомогенные реакции горения преимущественно водорода (в случае «недостатка» водяного пара) или оксида углерода (в случае «избытка» водяного пара), а также и продуктов пиролиза, когда имеет место дополнительное дожигание (при различных переходных процессах), к третьим – непрореагировавшее дутье, доля которого велика при подземном сжигании угля по технологии «Углегаз».

Выделяющаяся при выгорании кислорода рабочих и дожигающих потоков дутья, а также поступающая с ними из массива тепловая энергия частично расходуется на разложение водяного пара и пиролиз угля, которые обогащают исходный поток горючими компонентами, в последующем частично выгорающими. Модели, соответствующие известной и новой гипотезам газообразования при ПГУ, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Модели газообразования

| № | Реакция процесса | Тепловой эффект реакции (усл. обозн.) | Математическое выражение мольных долей реакции (на 1 моль выгоревшего кислорода дутья) | |
|---|-----------------------|---------------------------------------|--|--|
| | | | известная гипотеза | новая гипотеза |
| 1 | $C + O_2 = CO_2$ | q_1 | 1 | α_1 |
| 2 | $C + CO_2 = 2 CO$ | q_2 | $\alpha_0 d$ | - |
| 3 | $C + H_2O = CO + H_2$ | q_3 | k_0 | $\eta_1 \{k\alpha_1 + (1-\alpha_1)[k_1d + k_2(1-d)]\}$ |
| 4 | $2CO + O_2 = 2CO_2$ | q_4 | - | $(1-\alpha_1) (1-d)$ |
| 5 | $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ | q_5 | - | $(1-\alpha_1) d$ |

| | | | | |
|----|----------------------------|-------|-------------------------|-----------------|
| 6 | $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ | q_6 | $\alpha_0 \delta (1-d)$ | - |
| 7 | $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ | q_7 | $\alpha_0 (1-d)$ | - |
| 8 | $O_2 = O_2$ | 0 | $(1-\delta)$ | $1/\beta - 1$ |
| 9 | - | 0 | - | λ/β |
| 10 | Сорбция - десорбция CO_2 | - | - | $\pm n^{c-d}$ |
| 11 | Дегазация пласта от CH_4 | - | - | $n^{cb}_{CH_4}$ |
| 12 | Пиролиз угля | - | $\{n_x\}$ | $\{n_x\}$ |

Вклад газообразных продуктов пиролиза в формировании газового потока определяется по методике Доброхотова, при этом исходят из предположения о существовании динамического равновесия между пиролизом угля и выгазовыванием углерода в реакциях с кислородом и водяным паром.

Полученные математические выражения имеют следующий вид:

$$n_{CH_4}^{\Pi} = \frac{\alpha_{CH_4} H^r [(1 + k\eta)(1 - \alpha) + \alpha\eta(k_1 d + k_2)]}{C^r / 3 - H^r (\alpha_{CH_4} + \alpha_{C_n H_m}) - 0,25 O^r (\alpha_{CO} + 0,5 \alpha_{CO_2})}, \quad (1)$$

$$n_{H_2}^{\Pi} = \left[2H^r (1 - \alpha_{CH_4} - \alpha_{C_n H_m}) - 0,25 (\alpha_{H_2O} O^r + 0,5 \alpha_{H_2S} S^r) \right] \frac{n_{CH_4}}{\alpha_{CH_4} H^r}, \quad (2)$$

$$n_{C_n H_m} = \alpha_{C_n H_m} n_{CH_4} \alpha_{CH_4}, \quad (3)$$

$$n_{CO_2}^{\Pi} = \alpha_{CO_2} O^r n_{CH_4} / (8 \alpha_{CH_4} H^r), \quad (4)$$

$$n_{CO}^{\Pi} = \alpha_{CO} O^r n_{CH_4} / (4 \alpha_{CH_4} H^r), \quad (5)$$

$$n_C^{\Pi} = \alpha_{O_2} O^r n_{CH_4} / (8 \alpha_{CH_4} H^r), \quad (6)$$

$$n_{N_2}^{\Pi} = N^r n_{CH_4} / (7 \alpha_{CH_4} H^r), \quad (7)$$

где $\alpha_{CH_4}, \alpha_{C_n H_m}$ - доля водорода угля, вошедшего соответственно в состав пиролизных метана и прочих газообразных углеводородов;

$\alpha_{CO}, \alpha_{CO_2}, \alpha_{H_2O}, \alpha_{O_2}$ - доля кислорода угля, израсходованного на образование оксида и диоксида углерода, воды и молекулярного кислорода соответственно;

α_{H_2S} - доля содержащейся в угле серы, перешедшей в сероводород; H^r, C^r, O^r, S^r ,

N^r - содержание основных компонентов элементного состава угля на рабочую массу, %.

При медленном нагревании угля преобладающая часть содержащегося в нем кислорода связывается водородом и переходит в воду [3], поэтому вкладом пиролизных оксида и диоксида углерода, а также молекулярного кислорода можно пренебречь. Кроме того, расчеты показали, что концентрация пиролизного азота более чем на два порядка

ниже концентрации атмосферного азота в газе ПГУ, поэтому его также можно не учитывать.

Приведенная выше совокупность уравнений достаточна для перехода к математическим выражениям, описывающим состав газа ПГУ. Формулы для расчета имеют следующий вид (%):

$$C_{H_2} = \frac{100}{Y} [\alpha_0 \eta_1 (k_1 d + k_2) + k \eta_1 (1 - \alpha_0) - 2\alpha_0 d + n_{H_2}^{\Pi}] \quad (8)$$

$$C_{CO} = \frac{100}{Y} [\alpha_0 \eta_1 (k_1 d + k_2) + k \eta_1 (1 - \alpha_0) - 2\alpha_0 (1 - d)], \quad (9)$$

$$C_{CO_2} = \frac{100}{Y} (1 + \alpha_0 - 2\alpha_0 + n^{cd}), \quad (10)$$

$$C_{N_2} = \frac{100}{Y} (C_{N_2}^{\delta} / (\beta_1 C_{O_2}^{\delta}) + n_{N_2}^{\Pi}), \quad (11)$$

$$C_{O_2} = \frac{100}{Y} \left(\frac{1}{\beta_1} - 1 \right), \quad (12)$$

$$C_{CH_4} = \frac{100}{Y} (n_{CH_4}^{\Pi} + n_{CH_4}^{c\delta}), \quad (13)$$

$$C_{H_2S} = \frac{100}{Y} n_{H_2S}, \quad C_{C_nH_m} = \frac{100}{Y} n_{C_nH_m}, \quad (14)$$

$$Y = 100 / (\beta_1 C_{O_2}^{\delta}) - \alpha(1 + 2d) + 2k\eta_1(1 - \alpha_1) + 2\alpha_1\eta_1(k_1d + k_2) + n_{CH_4}^{c\delta} + n^{cd} + n_{CH_4}^{\Pi} + n_{H_2}^{\Pi} + n_{C_nH_m} + n_{N_2} + n_{H_2S}, \quad (15)$$

где β_1 - доля дутьевого потока, кислород которого выгорел в подземном газогенераторе. При ПГУ $\beta \approx 1$, при подземном сжигании угля по технологии "Углегаз" сильно отличается от 1; Y - выход газа ПГУ на единицу объема кислорода дутья.

Для определения области воспламенения генераторных газов целесообразно применить следующие выражения [5]:

$$\varphi_n = 100 / (1 + \nu_{\delta}), \quad (16)$$

где ν_{δ} — число молей воздуха, приходящееся на 1 моль исходной смеси, определяют по формуле

$$\nu_{\delta} = \sum_{k=1}^n \varphi_k / \varphi_{нк} - 0,01 \left(\sum_{k=1}^n \varphi_k + \sum_{j=1}^m \varphi_j C_j \right), \quad (17)$$

где $\varphi_{нк}$ — нижний предел распространения пламени k-го горючего компонента, % об.;

φ_j — концентрация j-го негорючего компонента, % об.;

C_j — коэффициент j-го негорючего компонента;

m — число негорючих компонентов смеси.

$$\varphi_{\varepsilon} = \left(\sum_{k=1}^n \varphi_k + \sum_{j=1}^m \varphi_j \right) / \left(\sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{\varepsilon k}} + \sum_{j=1}^m \frac{\varphi_j}{\varphi_{\varepsilon j}} \right) \quad (18)$$

где $\varphi_{\varepsilon k}$ — верхний предел распространения пламени для бинарной смеси k -го горючего компонента с воздухом, % об.;

$\varphi'_{\varepsilon j}$ — верхний условный предел распространения пламени j -го негорючего компонента

$$\varphi_{\text{см}}^0 = \frac{100\varphi_{\text{пр}}^0 \left(1 + \frac{\varphi_{\text{нг}}^0}{100 - \varphi_{\text{нг}}^0} \right)}{100 + \frac{\varphi_{\text{пр}}^0}{100 - \varphi_{\text{нг}}^0}}, \quad (19)$$

где $\varphi_{\text{см}}^0$ - пересчитанные концентрационные пределы с учетом наличия негорючих примесей;

$\varphi_{\text{пр}}^0$ - расчетные концентрационные пределы без учета примеси негорючих газов;

$\varphi_{\text{нг}}^0$ - суммарная концентрация всех негорючих газов и паров.

Выводы. Как видно из приведенных формул, для расчета состава сухого газа ПГУ при известном составе дутья и угля достаточно отыскать α_0 , η и d , чтобы найти содержание каждого компонента. Было обнаружено, что α_0 определяется как абсолютное значение расчетной величины. Знак (плюс или минус) этой расчетной величины однозначно свидетельствует о значении d (ноль или единица). Следовательно, достаточно знать концентрации двух любых компонентов сухого газа, чтобы, решая два уравнения с двумя неизвестными, рассчитать полный состав газа а также область его воспламенения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скафа П.Р. Подземная газификация углей. М.: Госгортехиздат, 1960, 320 с.
2. Хоффман Е. Энерготехническое использование угля (Пер. с англ.). М.: Энергоатомиздат, 1983. 328с.
3. Бесков С.Д. Технологические расчеты. М.: Высш.шк., 1966, 250с.
4. Федосеев С.Д. // Химия твердого топлива. 1987, №5. С.91-105.
5. ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов

*U.V. Lutsenko, Ph. D, associate professor, National University of Civil Defense Ukraine
E.A.Yarovoy, National University of Civil Defense Ukraine*

THE COMPOSITION AND REGION OF IGNITION GASES PRODUCED BY UNDERGROUND COAL GASIFICATION

The integrated mathematical model of the formation of combustible gases in underground coal gasification to assess the composition and degree of fire and inflammation resulting gases

THE METHODS OF DETECTING SELF-HEATING OF VEGETABLE RAW MATERIALS FOR STORAGE: CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

In the practice of storing vegetable raw materials in elevators and warehouses An important role for the organization of systematic monitoring of the state of the grain mass at all stages of processing and storage. This is due to the prevention of accidents on fire and explosion dangerous and grain loss due to self-heating.

Availability of reliable and timely information about the processes occurring in the grain mass, allows time to detect self-heating of grain and take the necessary steps to eliminate it.

Obtaining such information is related to the measurements, different grain parameters (temperature, composition of the gaseous medium, humidity, odor, etc.), which changes during the storage of evidence about the origin and development of centers of self-heating in the mound. Hence the task of choosing the controlled parameter, which is the minimum time frame of the hearth give the most complete information about it.

Certain complexity of the technical implementation of the control of individual parameters associated with the actual conditions of grain storage, as well as the physical and physiological characteristics of the grain mass does not allow us to make a clear choice. Therefore, at the present time to determine the early stage of development of self-heating of grain developed and implemented a number of different methods and techniques.

The most widely used thermal method, based on the registration of temperature changes in the grain mass, as the temperature most accurately describes the state of the grain mass. It is to place within the grain mass contact temperature sensors (thermocouples), established with a certain step on special thermopendants.

The main disadvantage of this method is the local temperature measurement, which does not control the entire protected volume. Getting the information about the temperature field profiles in various sections and evaluation of the temperature distribution non-uniformity associated with large hardware expenses, the need to use and placement of many tens and hundreds of temperature sensors located in different points of the field and the respective measuring circuits that convert the values of the temperature field into electrical signals. The cost of such systems increases sharply, and the reliability decreases.

In addition, the use of contact thermometry determines the need for extension of forecast estimates on the distribution of temperature field is the location of the sensors. In the real world it is possible to establish a definite pattern of change of the temperature of grain, fixed sensor, in time, while having a fairly accurate mathematical model of thermal field and reliable data on the thermal characteristics of a particular type of plant material, which is practically hard to implement.

Improved methods of contact is achieved by reducing the absolute error of temperature measurement systems through the development and application of high-precision temperature sensors, improvement schemes sensor placement in storage, as well as the structural, functional and electrical circuits plants themselves with the latest achievements of the measuring and computing.

Lack of efficiency of modern ways of implementing the method of temperature led to the need to find and develop alternative methods for early detection of fire situations in silos. One of these methods is a gas analysis method based on monitoring changes in the composition of the gas environment silo space.

Patterns of occurrence and change self-heating gas concentrations at various kinds of vegetable raw materials as the basis for gas analytical methods for registration of self-heating process. There are two ways of practical implementation of the method of gas detection. The first approach is based on the appearance of control and registration in the headspace silage hydrogen

and carbon monoxide at a concentration of 1 vol.%, indicating that the product of self-heating (temperature range up to 150°C). Another method is to determine the threshold changes in the concentration of carbon dioxide in a fixed time, and compared it with the actual concentration of CO₂ over the silo space. At the same time as the main criterion serves specific intensity CO₂ gassing, dependent on the temperature which has been determined by the authors experimentally in the laboratory.

Along with this, the use of this method can not always be sufficiently effective. This is primarily due to the late appearance of tracer gases (when the temperature in the hearth of 100 - 120°C). Register the change in carbon dioxide concentration in the over the silo space appearing at lower temperatures, it is not always the result of self-heating of grain. It can be caused by natural processes in the grain mass -. Breathing, self-preservation of grain, etc., while in the process of allocation of CO₂ involved the entire grain mass, which makes it practically comparable emission rate of CO₂ during respiration with the same intensity in a much smaller outbreak self-heating.

A common drawback of all the ways to implement the gas method is the inability to determine the coordinates (location) hearth, its size and the relatively rough estimate of the temperature inside. Therefore, the use of this method is recommended in combination with thermometric. With regard to the granaries technical embodiment of the method has not been studied. Besides the lack of data on the molecular composition of smell, depending on its concentration on the temperature in the hearth, the complexity of the selection of the reference material makes it difficult to use this method in the practice of storing grain.

The methods of early detection of foci of spontaneous combustion of grain chemo-ionization phenomenon, which consists in placing in the silo with the production of passive electrical probes (conductors) and the measurement by the recording equipment of the electric current in the circuit probes. About the beginning of the auto-ignition process is judged by the appearance of the DC circuit sensor - silage. However, this method is not yet sufficiently investigated, and requires further testing in natural conditions.

The analysis shows that despite the wide variety of methods, the problem of early detection of hidden pockets of self-heating in the grain elevators remain open, and the task of finding new and improved methods has not lost its relevance.

In particular it is of interest to develop new ways to implement the thermal method and the study of their applicability for the task of prevention of spontaneous combustion of the grain at the facilities. The distance (proximity) methods for measuring the temperature distribution within the grain mass can be used as such. It should be noted that the use of gauges noncontact infrared temperature is only possible to control the temperature of the grain surface.

Implementation of non-contact temperature measurement method implies the availability of reliable experimental data on the physical and radio physical parameters of grain, characterize the radiation and its losses in grain weight in different wavelength ranges. In addition, it is necessary to identify and substantiate the requirements for measuring radiometric equipment and its technical characteristics.

The main advantages of this method are: the possibility of temperature measurements around the controlled volume of the grain; high sensitivity to changes in temperature; the ability to determine the coordinates of the centers of self-heating; remotely (contactless) measurement; high reliability of measuring equipment.

Technical implementation of the method in the system of fire safety of grain storage facilities will solve the problem of timely and reliable determination of the temperature and the coordinates of the centers of grain self-heating and thus prevent on fire and explosion dangerous situations of spontaneous combustion of vegetable raw materials.

СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ В ПОЖЕЖНІЙ БЕЗПЕЦІ

Ю.А. Абрамов, докт. техн. наук, проф., НУГЗУ
Я.Ю. Кальченко, ад'юнкт, НУГЗУ

МОДЕЛИ ТЕСТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Тестирование пожарных извещателей является одним из элементов процедуры, обеспечивающей высокий уровень пожарной безопасности охраняемого объекта. Принципиально возможно два варианта формирования алгоритма тестирования пожарных извещателей – путем внешнего тест-воздействия или путем внутреннего тест-воздействия. В настоящее время превалирует первый вариант, который реализуется с помощью генераторов тепла, дыма аэрозоля и др. [1]. Второй вариант менее проработан, однако потенциальные возможности при его реализации перекрывают достоинства первого варианта тестирования. В этой связи представляет интерес получение математического описания процесса формирования тест-воздействия на чувствительный элемент пожарного извещателя при реализации второго варианта тестирования.

Если на чувствительный элемент теплового пожарного извещателя поступает тепловой поток $q = const$, то его температура $T(t)$ будет описываться уравнением

$$\frac{\partial T(r,t)}{\partial t} = a \left[\frac{\partial^2 T(r,t)}{\partial r^2} + \frac{2\nu + 1}{r} \frac{\partial T(r,t)}{\partial r} \right] - m^2 [T(r,t) - T_0] \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями

$$T(r,0) = T_0; \lambda \frac{\partial T(R,t)}{\partial r} = q, \quad (2)$$

где a, λ – коэффициент температуропроводности и теплопроводность материала чувствительного элемента; T_0 – температура окружающей среды; R – характерный размер чувствительного элемента; ν – параметр, характеризующий форму чувствительного элемента ($\nu = -0,5$ – для пластины, $\nu = 0$ – для цилиндра, $\nu = 0,5$ – для шара); m^2 – параметр, определяемый выражением

$$m^2 = \frac{2\alpha}{c\rho R}; \quad (3)$$

α – коэффициент теплопередачи; c, ρ – удельная теплоемкость и плотность материала чувствительного элемента.

Использование интегральных преобразований Ханкеля и Лапласа с последующим усреднением полученного результата по объему чувствительного элемента теплового пожарного извещателя приводит к следующему выражению, описывающему распределение температуры в чувствительных элементах

$$T(t) = T_0 + \frac{0,5Kq}{\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{2\alpha}{c\rho R} t\right) \right], \quad (4)$$

где $K = \sqrt{\frac{2}{\pi}}$ – для прямоугольной пластины; $K = 2$ - для цилиндра; $K = 3\sqrt{\frac{2}{\pi}}$ - для шара; α - параметр, определяемый с помощью критериального уравнения

$$\alpha = d_1 \lambda_0 l^{-1} Re^{d_2} Pr_1^{d_3} \left(\frac{Pr_1}{Pr_2} \right)^{0,25}. \quad (5)$$

Здесь λ_0 - теплопроводность воздушной среды; l - длина чувствительного элемента (для шара $l = R$); Re, Pr_1, Pr_2 , - число Рейнольдса и число Прандтля при температуре воздушного потока, падающего на чувствительный элемент, и при температуре поверхности чувствительного элемента соответственно, d_i - параметры, значения которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения параметров d_i

| Re | d_1 | d_2 | d_3 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
| $5 < Re < 10^3$ | 0,5 | 0,5 | 0,38 |
| $10^3 < Re < 2 \cdot 10^5$ | 0,25 | 0,6 | 0,38 |
| $2 \cdot 10^5 < Re < 2 \cdot 10^6$ | 0,023 | 0,8 | 0,37 |

В первом приближении можно положить, что имеет место $Pr_1 = Pr_2$.

Модели (4), описывающие тепловые процессы в терморезистивных чувствительных элементах пожарных извещателей, имеющих форму прямоугольной пластины, цилиндра или шара, при воздействии на них постоянного теплового потока, создаваемого от внутреннего источника тепла, совпадают с точностью до постоянного множителя. Их динамические свойства определяются реологическими и геометрическими характеристиками материала чувствительного элемента, а также условиями теплообмена.

Модели вида (4) являются основой для формирования алгоритмов тестирования тепловых пожарных извещателей [2] независимо от используемых для их построения физических принципов.

ЛИТЕРАТУРА

3. Баканов, В.В. Тепловые пожарные извещатели. Пути совершенствования / В.В. Баканов, Н.А. Неплохов // Алгоритм безопасности. – 2012. - №3. – С. 26-30.
4. Пат. 111924, Україна, МПК G08B17/06. Тепловий пожежний сповіщувач/ Абрамов Ю.О., Кальченко Я.Ю., Собина В.О.; власник НУЦЗУ. - № 20155720; заявл. 10.06.2015; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12.

Y.A. Abramov, Y.Y. Kalchenko

MODELS FOR TESTING THERMAL FIRE DETECTORS

Was suggested mathematical models for testing thermal fire detectors.

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

Математическое описание процессов, имеющих место при тушении пожаров класса В распыленной водой, в подавляющем числе случаев является эмпирическим и, как правило, сводится к получению функциональной зависимости между показателем, отражающим эффект от использования системы пожаротушения, и показателем, который характеризует управляющее воздействие на очаг горения [1,2]. В качестве таких показателей обычно используются время тушения и интенсивность подачи распыленной воды. Автоматизация процесса тушения пожаров, в частности, с использованием распыленной воды, обуславливает распространение методов анализа и синтеза систем автоматического управления на системы автоматического пожаротушения. Удачным примером такого подхода следует отметить синтез системы автоматического газового пожаротушения, оптимальной по быстродействию [3]. Дальнейшее развитие такого подхода получило в системах автоматического пожаротушения с использованием распыленной воды. Однако в этих работах решение задач синтеза систем автоматического пожаротушения не предполагает использование частотных методов, что обусловлено отсутствием частотных характеристик таких систем.

Процесс тушения пожара класса В распыленной водой как процесс функционирования объекта управления системы автоматического пожаротушения в переменных вход-выход может быть формализован с помощью передаточной функции вида [4]

$$W_1(p) = \frac{arK}{\lambda v(T_K - T_0)} \left[0,5 + (0,25 + p)^{0,5} \right]^{-1} = \frac{arK}{\lambda v(T_K - T_0)} W(p), \quad (1)$$

где T_K, T_0 - температура кипения горючей жидкости и температура окружающей среды соответственно; a, v, λ - коэффициент температуропроводности, линейная скорость горения и теплопроводность горючей жидкости соответственно; r - теплота испарения воды; K - коэффициент использования воды; $W(p)$ - приведенная передаточная функция объекта управления.

Выражение для амплитудно-фазовой характеристики (АФХ) объекта управления системы автоматического пожаротушения формально имеет вид

$$W(j\omega) = W(p) \Big|_{p=j\omega} = \left[0,5 + (0,25 + j\omega)^{0,5} \right]^{-1}, \quad (2)$$

где j - мнимая единица; ω - частота, однако его использование для решения инженерных задач не представляется возможным.

Вводя обозначение

$$(0,25 + j\omega)^{0,5} = \alpha(\omega) + j\beta(\omega), \quad (3)$$

где $\alpha(\omega), \beta(\omega)$ - вещественная и мнимая части комплексной функции, подлежащие определению путем решения уравнения, представленного в комплексной форме.

После определения комплексных функций $\alpha(\omega)$ и $\beta(\omega)$ выражение для АФХ объекта управления принимает вид

$$W(j\omega) = \left[1 + \left[2(1 + 16\omega^2)^{0,5} + 2 \right]^{0,5} + (1 + 16\omega^2)^{0,5} \right]^{-1} \times \\ \times \left[2 + \left[2(1 + 16\omega^2)^{0,5} + 2 \right]^{0,5} - j \left[2(1 + 16\omega^2)^{0,5} - 2 \right]^{0,5} \right]. \quad (4)$$

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазово-частотная характеристика (ФЧХ) объекта управления систем автоматического пожаротушения в соответствии с (4) имеют соответственно вид

$$Q(\omega) = - \left[1 + \left[2(1 + 16\omega^2)^{0,5} + 2 \right]^{0,5} + (1 + 16\omega^2)^{0,5} \right]^{-1} \cdot \left[2(1 + 16\omega^2)^{0,5} - 2 \right]. \quad (5)$$

$$A(\omega) = 2 \left[1 + \left[2(1 + 16\omega^2)^{0,5} + 2 \right]^{0,5} + (1 + 16\omega^2)^{0,5} \right]^{-0,5}. \quad (6)$$

Необходимо отметить, что АФХ, АЧХ и ФЧХ объекта управления систем автоматического пожаротушения являются универсальными частотными характеристиками, т.е. справедливы применительно к любой горючей жидкости.

Адаптация частотных характеристик к конкретной горючей жидкости производится путем учета коэффициента передачи

$$arK[\lambda v(T_K - T_0)]^{-1} \quad (7)$$

и перехода к размерной круговой частоте Ω .

ЛИТЕРАТУРА

5. Кухно А.Н. Зависимость времени тушения от интенсивности подачи воды / А.Н. Кухно, Е.Н. Панин // Пожаротушение. – М.: ВНИИПО, 1984. – С. 84-93.
6. Абдурегимов И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / И.М. Абдурегимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980. – 253 с.
7. Губарев А.П. Управление в технических системах с газовым или жидким компонентом / А.П. Губарев, А.В. Узунов, Ю.А. Абрамов и др. – К.: ИСМО, 1997. – 288 с.
8. Абрамов Ю.А. Математические модели пожара класса В при его тушении распыленной водой / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – Гомель: ГИИ МЧС республики Беларусь, 2013. – Т.8. - №1. – С. 15-19.

Y.A. Abramov, E.A. Tihchenko

FREQUENCY CHARACTERISTICS OF OBJECT FOR MANAGEMENT AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS

Was considered frequency characteristics of object for management automatic fire extinguishing systems.

В. А. Андронов, доктор технічних наук, професор, НУЦЗУ,

Б. Б. Поспелов, доктор технічних наук, професор, НУЦЗУ,

Є. О. Рибка, кандидат технічних наук, НУЦЗУ

МАКСИМАЛЬНО-ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПОЖЕЖНИЙ СПОВІЩУВАЧ З ПІДВИЩЕНОЮ ШВИДКОДІЄЮ ВИЗНАЧЕННЯ ОЗНАК ПОЖЕЖІ

Важливим напрямком сучасного протипожежного захисту об'єктів є гарантоване виявлення технічними засобами загорянь на їх ранній стадії. Гарантоване виявлення загорянь, навіть за умови абсолютної надійності елементів технічних засобів, висуває підвищені вимоги до швидкодії визначення ознак пожежі максимально-диференційним тепловим пожежним сповіщувачем, в якому ознаками пожежі є температура оточуючого середовища та швидкість її зміни за часом.

Недоліками відомих способів [1, 2] підвищення швидкодії максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача є те, що швидкодія в режимі визначення температури при пожежі або обмежується швидкодією теплового пожежного сповіщувача максимального типу, або підвищення швидкодії реалізується лише в режимі визначення температури. При цьому швидкодія сповіщувача в режимі визначення швидкості зміни температури при пожежі обмежується швидкодією теплового пожежного сповіщувача максимального типу, яка суттєво менша за швидкодію, яка реалізується в режимі визначення температури. Крім того в режимі визначення швидкості зміни температури при пожежі величина швидкості зміни температури, що вимірюється у сталому стані, залежить від різниці величини постійної часу теплового пожежного сповіщувача максимального типу та величини постійної часу максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача у режимі визначення температури підвищеної швидкодії.

Таким чином, відоме підвищення швидкодії максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача у режимі визначення температури пов'язано із пропорційним помилковим зростанням величини швидкості зміни температури, що вимірюється в сталому стані, яке визначається різницею відповідних постійних часу.

В основу способу, що пропонується, покладена задача підвищення швидкодії максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача в режимі визначення швидкості зміни температури при пожежі та виключення пропорційного помилкового зростання вимірюваної величини швидкості зміни температури при пожежі у сталому стані.

Поставлена задача вирішується тим, що в максимально-диференційний тепловий пожежний сповіщувач, що включає тепловий пожежний сповіщувач максимального типу та РС-елементи, які підключені до виходу теплового пожежного сповіщувача максимального типу та підсилювач, при цьому конденсатор з'єднаний паралельно із першим резистором, який з'єднаний із виходом теплового пожежного сповіщувача максимального типу і через другий резистор з'єднаний із входом підсилювача, до зворотного зв'язку якого включено третій резистор, а добуток величини електричного опору першого резистора та величини електричної ємності конденсатора обрано таким, який дорівнює величині постійної часу теплового пожежного сповіщувача максимального типу, згідно запропонованого способу додатково введено другий операційний підсилювач, інверсний вхід якого через четвертий резистор підключений до виходу підсилювача, а до зворотного зв'язку другого операційного підсилювача включено п'ятий резистор, та третій операційний підсилювач інверсний вхід якого через другу ємність підключений до виходу підсилювача, а до зворотного зв'язку третього операційного підсилювача включено шостий резистор, при цьому величина електричного опору четвертого резистора дорівнює величині електричного опору п'ятого резистора, а добуток величини

електричного опору шостого резистора та величини електричної ємності другого конденсатора обрано таким, що дорівнює одиниці.

Результат, який може бути одержаний при реалізації запропонованого способу та пристрою, що його реалізує, полягає в підвищенні швидкодії максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача в режимі визначення швидкості зміни температури при пожежі та виключення пропорційного помилкового зростання вимірюваної величини швидкості зміни температури при пожежі у сталому стані шляхом визначення першої похідної вихідного сигналу підсилювача після динамічної корекції вихідного сигналу теплового пожежного сповіщувача максимального типу.

На рис. 1 наведена схема такого максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача на якій зображені: 1 – тепловий пожежний сповіщувач максимального типу; 2 – підсилювач; 3 – другий операційний підсилювач; 4 – третій операційний підсилювач; $R_1 \div R_6$ – резистори; C , C_2 – конденсатори (ємності); $U_1(t)$, $U_2(t)$, $U_3(t)$ – сигнали на виході підсилювача, другого операційного підсилювача та третього операційного підсилювача відповідно. Конденсатор C з'єднаний паралельно із резистором R_1 який з'єднаний із виходом теплового пожежного сповіщувача 1 і через резистор R_2 з'єднаний із входом підсилювача 2, до зворотного зв'язку якого включено резистор R_3 , вихід якого з'єднаний із вхідним резистором R_4 пристрою інвертування та вхідним конденсатором C_2 диференційного пристрою. Величини C та R_1 обрано таким чином, щоб мало місце $CR_1 = \tau_1$, де τ_1 – постійна часу теплового пожежного сповіщувача 1 максимального типу. Величина $R_4 = R_5$, а величини C_2 та R_6 обрано таким чином, щоб мало місце $C_2R_6 = 1$.

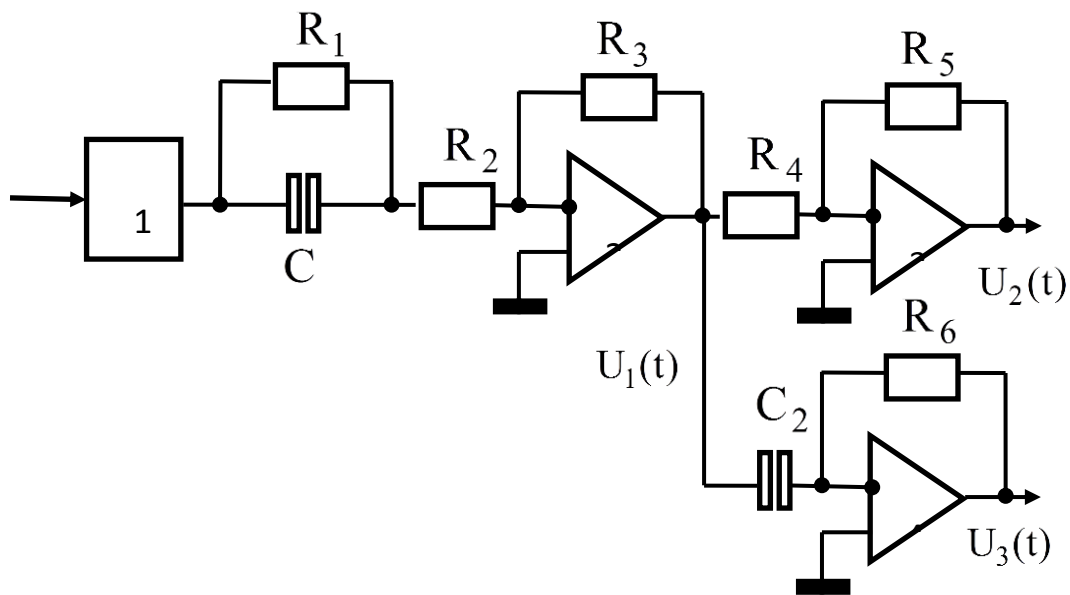


Рис. 1. Схема максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача

На вході теплового пожежного сповіщувача 1 діє сигнал $T(t)$ – температура. Якщо $T(t) = bt$, де b – швидкість зміни температури, то на виході сповіщувача 1 буде мати місце сигнал

$$U(t) = Kb \left[t - \tau_1 + \tau_1 \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) \right], \quad (1)$$

де K , τ_1 – статичний коефіцієнт передачі та постійна часу теплового пожежного сповіщувача 1 відповідно.

Цей сигнал подається через елементи C і $R_1 \div R_3$ та операційний підсилювач 2 до входу інвертора, зібраного на операційному підсилювачі 3, вхідному резисторі R_4 , що підключений до інверсного входу операційного підсилювача 3, та резисторі R_5 зворотного зв'язку. На виході підсилювача 2 формується сигнал $U_1(t)$, який визначається

$$U_1(t) = L^{-1}(W_1(p)W_2(p)T(p)), \quad (2)$$

де L^{-1} – оператор зворотного інтегрального перетворення за Лапласом; $W_1(p)$ – передаточна функція теплового пожежного сповіщувача 1 максимального типу; $W_2(p)$ – передаточна функція RC-елементів спільно із операційним підсилювачем 2, що зібраний на резисторах R_2 та R_3 ; $T(p)$ – інтегральне перетворення за Лапласом відповідного вхідного сигналу. Внаслідок того, що

$$W_1(p) = \frac{K}{\tau_1 p + 1}; W_2(p) = \frac{K_2(\tau_k p + 1)}{K_3 \tau_k p + 1}; T(p) = \frac{b}{p^2},$$

$$\text{де } K_2 = \frac{R_3}{R_1 + R_2}; K_3 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}; \tau_k = R_1 C.$$

У випадку $R_3 = R_1 + R_2$ і $\tau_k = \tau_1 = RC_1$ буде мати місце формування сигналу

$$U_1(t) = -Kb \left[t - K_3 \tau_1 + K_3 \tau_1 \exp\left(-\frac{t}{K_3 \tau_1}\right) \right], \quad (3)$$

тобто цей сигнал буде нести інформацію стосовно температури при пожежі зі знаком мінус (інвертований сигнал). З метою перетворення сигналу (3) він подається до входу інвертора, що зібраний на операційному підсилювачі 3, резисторах R_4 та R_5 і має передаточну функцію $W_3(p) = -1$. Таким чином, на виході інвертора формується сигнал $U_2(t) = -U_1(t)$, який є вихідним сигналом максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача в режимі визначення температури, тобто сигнал виду

$$U_2(t) = Kb \left[t - K_3 \tau_1 + K_3 \tau_1 \exp\left(-\frac{t}{K_3 \tau_1}\right) \right]. \quad (4)$$

Якщо порівняти вирази (1) та (4), тобто швидкодію теплового пожежного сповіщувача максимального типу і максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача, то в останньому варіанті в режимі визначення температури буде мати підвищення швидкодії в K_3^{-1} разів.

Сигнал $U_1(t)$, який є вихідним сигналом підсилювача 2 використовується для формування сигналу $U_3(t)$ в режимі визначення швидкодії зміни температури при пожежі. Для цього сигнал $U_1(t)$ подається до диференційного пристрою, що зібраний на операційному підсилювачі 4 та конденсаторі C_2 і резисторі R_6 . На виході диференційного пристрою буде діяти сигнал

$$U_3(t) = C_2 R_6 K b \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{K_3 \tau_1}\right) \right]. \quad (5)$$

У сталому стані сигнал (5) визначатимешь величиною $C_2 R_6 K b$. Оскільки в корисній моделі конденсатор C_2 і резистор R_6 обиратимуться такими, що їх добуток дорівнює одиниці, матиме величину $U_3(\infty) = K b$, яка не залежить від різниці постійних часу теплового пожежного сповіщувача максимального типу та величини постійної часу максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача у режимі визначення температури підвищеної швидкодії.

Крім того, згідно з виразом (5), щодо максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача швидкодія каналу визначення швидкості зміни температури при пожежі визначатимешь постійною часу, яка дорівнює $K_3 \tau_1$. Це означає, що швидкодія максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача у режимі визначення температури та режимі визначення швидкості зміни температури при пожежі співпадають. При цьому одночасно у сталому стані забезпечується безпомилкове визначення вимірюваної величини швидкості зміни температури при пожежі.

Таким чином, тепловий пожежний сповіщувач, схема якого наведена на рис. 1, по виходу (сигнал $U_2(t)$) має властивості сповіщувача максимального типу, а по виходу (сигнал $U_3(t)$) – диференційного типу. Введення операційних підсилювачів та відповідних елементів на їх входах та у зворотному зв'язку, а також запропонованих зв'язків між цими елементами та RC-елементами забезпечує однакове підвищення швидкодії максимально-диференційного теплового пожежного сповіщувача при його роботі в режимах визначення температури та швидкості зміни температури при пожежі з одночасним забезпеченням безпомилкового визначення вимірюваної величини швидкості зміни температури у сталому стані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А., Бортничук П.М., Деревянко А.А., Карлаш С.П., Христин В.В. Методы и средства обнаружения пожаров. – Х.: ХИПБ МВД Украины, 1995. – С.92.
2. Пат. 81975 Україна, МПК G08B 17/06. Максимально-диференційний тепловий пожежний сповіщувач / Абрамов Ю.О., Садковий В.П.; власник Академія цивільного захисту України. – №200603837; заявл. 7.04.2006; опубл. 17.07.2006, Бюл. №4.

V.A. Andronov, DSc, Prof., chief researcher, NUCDU, B.B. Pospelov, DSc, Prof., chief researcher, NUCDU, Ye.A. Rybka, Ph.D., NUCDU

MAXIMUM HEAT-DIFFERENTIAL DETECTOR WITH HIGH PERFORMANCE IDENTIFICATION FEATURES OF FIRE

Described a new method and device that it sells, improve performance characteristics determine the most fire-differential thermal detector.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЕКВІВАЛЕНТНИХ ВПЛИВІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДИМОВИХ ОПТИКО- ЕЛЕКТРОННИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Принцип дії більшості точкових оптико-електронних датчиків (ОЕД) виявлення пилу й диму заснований на розсіюванні відбитого від часток диму світла. Тобто, основними компонентами чутливого елемента таких датчиків є джерело інфрачервоного випромінювання і його приймач. У точкових приладах вісі цих елементів розташовуються під кутом один до другого (звичайно 90-120°). Для виявлення часток по розсіяному випромінюванню в ОЕД переважним є використання методу великих кутів прийому розсіяного випромінювання [1], відповідно до якого відгук ОЕД залежить від величини коефіцієнта передачі випромінювання від джерела випромінювання до фотоприймача через аерозольне середовище у вимірювальній камері. У черговому режимі інфрачервоне випромінювання не потрапляє від джерела на приймач. З появою у вимірювальній камері дрібнодисперсних часток збільшується оптична щільність середовища. Оптична щільність середовища – десятковий логарифм відношення потоку випромінювання, що пройшов через чисте середовище, до потоку випромінювання, ослабленого середовищем при її частковому або повному запиленні (задимленні). Питома оптична щільність середовища – відношення оптичної щільності задимленого середовища до оптичної довжини шляху променя в контрольованому середовищі. Відповідно до цього відбувається відбиття променя й потрапляння його на приймач. На приймачі відбувається збільшення світлового потоку, відповідно збільшується струм в ланцюзі фотодіода. При досягненні цього показника раніш зазначеного порогового рівня, вважається, що в приміщенні виникла надзвичайна ситуація. Саме цей факт фіксується електронною схемою приладу. Далі сигнал передається на приймально-контрольний прилад.

ОЕД, будучи однією зі складових частин системи виявлення, у процесі експлуатації втрачають свою чутливість. У числі інших причин можна назвати фізичне старіння елементної бази, забруднення чутливого елемента.

Залежно від завдань, які ставляться при випробуваннях ОЕД, існує два принципово різних підходи, у рамках яких реалізуються різні способи випробувань датчиків, а саме:

- 1) стаціонарні випробування;
- 2) оперативні випробування.

У свою чергу, оперативні випробування можна реалізувати декількома способами:

1) невеликі автономні камери для створення зовнішнього впливу на чутливий елемент датчика безпосередньо в місці його розміщення (становлять 15 % від всіх випробувань датчиків);

2) пристрої для дистанційної послання на чутливий елемент датчика контрольованого електромагнітного імпульсу безпосередньо в місці розташування ОЕД (близько 9 % від всіх технічних рішень по випробуванню).

3) речовини й матеріали, які застосовуються для створення зовнішнього впливу на чутливий елемент датчика (становлять близько 9 % серед всіх технічних способів випробувань);

При проведенні випробувань ОЕД орієнтуються на принцип будови більшості оптико-електронних датчиків – відбиття світла від часток пилу або диму.

Для оцінки ступеня запилення (задимлення) використовують метод ослаблення інтенсивності зондувального світлового потоку, що проходить через контрольоване середовище у вимірювальній камері або збільшення інтенсивності випромінювання на приймачі. Тому поріг спрацьовування ОЕД визначається як відносна зміна оптичної щільності, середовища, яке тестують.

Одним з варіантів виходу з положення є періодичні тестування датчиків.

Однак в існуючих методах випробувань ОЕД існує одне проблемне місце – вони не дозволяють точно визначити рівень порога спрацьовування й негативно впливають на чутливий елемент датчика.

Аналіз методів оперативних випробувань ОЕД показав, що періодичне проведення оперативних випробувань датчиків шляхом безпосереднього впливу на чутливі елементи даних приладів пилом (димом) або їхнім імітатором, є поки єдиною можливістю перевірки здатності реагування зазначених датчиків на контрольовану ознаку. Найбільш прогресивним у цьому плані методом, що реалізує перевірку чутливих елементів, є метод, заснований на створенні в місці установки датчиків еквівалентних впливів умов за рахунок розпилення часток аерозолі, що імітує вплив пилу (диму) на чутливі елементи приладів.

Перевага цього методу полягає в мінімізації часу проведення такого роду випробувань, а також у тім, що при оптимальному виборі аерозолі-імітатора чутливі елементи ОЕД практично не забруднюються, тому що за короткий час робоча фракція аерозолі повністю випаровується. При використанні такого методу не вимірюється й не оцінюється поріг спрацьовування ОЕД, що може привести до недостовірної оцінки експлуатаційних характеристик зазначених датчиків і, в остаточному підсумку, до відмов систем контролю загалом.

При проведенні оперативних випробувань ОЕД за допомогою аерозоль-імітатора, що реалізують перевірку чутливих елементів зазначених датчиків, відбувається вплив часток рідкого аерозолі на чутливу область датчиків до моменту спрацьовування останніх. Момент спрацьовування ОЕД залежить від їхньої граничної чутливості й погрішності спрацьовування, а так само від параметрів аерозолеутворюючого пристрою й умов навколишнього середовища.

Коефіцієнт передачі потужності випромінювання через повітряне середовище з підвищеною щільністю (наприклад, запилене або задимлене) розраховується по формулі:

$$K_0 = \frac{S_p C_N \lambda^2 (i_1 + i_2) \sin 2\gamma}{4\pi^2 \rho_0 \sin(\alpha + \gamma)}, \quad (1)$$

де S_p – площа чутливої площадки фотоприймача;

C_N – величина кількісної концентрації часток пилу, диму або аерозолі в середовищі.

Для того щоб вплив аерозольного середовища відбувався аналогічно запиленню (задимленню), необхідно, щоб значена C_N для неї була аналогічна значенню для запиленого (задимленого) середовища.

Крім того, час існування аерозолі в обсязі камери не повинен бути менше інерційності датчика. У протилежному випадку він не прореагує на його появу. Час існування обмежений і залежить від швидкості випару (осідання) окремих часток. Швидкість випару (осідання) краплі вважають рівної

$$v = 4\pi r^2 v \alpha c_0 \text{ молекул/сек}, \quad (2)$$

$$\text{де } v = \left(\frac{kT}{2\pi m_2} \right)^{\frac{1}{2}},$$

k - константа Больцмана,

T - абсолютна температура краплі,

α – коефіцієнт випару (осідання) (частка молекул, що конденсуються при зіткненні з поверхнею краплі),

c_0 – концентрація насиченої пари. [2]

Знаючи хімічну формулу використовуваного аерозолу, можна поррахувати масу однієї молекули зі співвідношення

$$m = \frac{\mu}{N}, \quad (3)$$

де μ – молекулярна вага;

N - число Авогадро. [3]

А, відповідно, знаючи кількість аерозолу, яка подана в димову камеру, можна визначити час, за який його концентрація зменшиться до величини нижче граничного значення спрацьовування датчика, і зробити висновки про придатність даного состава для проведення випробувань.

Принциповою відмінністю пропонованого методу проведення випробувань є те, що в камеру ОЕД подається строго дозована порція аерозолу, що відповідає порогу його спрацьовування. У випадку якщо відбулося забруднення або фізичне старіння чутливого елемента, випробувальник може назвати точне значення порога спрацьовування на даний момент. При використанні традиційного імітатора джерела заплинення або задимлення таке неможливо.

При оперативній перевірці ОЕД не можна застосовувати аерозолі, які можуть давати осідаючі на чутливому елементі плівки. Тому перевага віддається ряду ЛЗР, які швидко випаровуються та не залишають різного роду нальотів і забруднень. Крім того, за рідкісним винятком, подібні рідини практично нешкідливі для людини.

Основним мінусом такого підходу до випробування ОЕД є необхідність індивідуального підбора розміру краплі аерозолу, що відповідають прогнозованому розміру часток пилу або диму. Реалізація крапель різного розміру здійснюється за рахунок використання змінних насадок на форсунку, що розпоршує.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шаровар Ф. И. Методы раннего обнаружения загораний. - М.: Стройиздат, 1988. - 336с.
2. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы.– Л.: «Химия», 1969.- С. 99-103, 176-177
3. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. Том 1– М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956.- С. 154-157.

A. A. Antoshkin, National university of civil protection of Ukraine

APPLICATION OF THE METHOD OF EQUIVALENT IMPACTS TO DETERMINE THE CHARACTERISTICS OF THE SENSITIVE ELEMENTS OF AN OPTICAL SMOKE FIRE DETECTORS

This paper proposes an operational method of testing an optical smoke fire detectors using aerosol smoke simulator. Using this method is equivalent to the exposure on the sensitive element of the detector. There is no pollution of sensitive element with its gradual desensitization and failure.

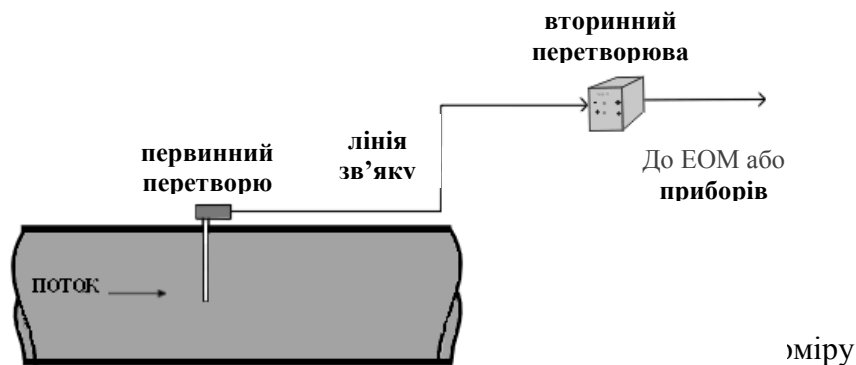
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Основним вогнегасним засобом під час ліквідації пожеж є вода, яка може бути отримана з водопровідних мереж населених пунктів і об'єктів. З метою визначення можливості одержання встановлених норм витрат води для пожежогасіння проводять випробування водопровідних мереж водовіддачу. Методика проведення випробувань, розроблена в 50-60 роках минулого століття, передбачає значні витрати ресурсів техніки і кількості води при цьому не забезпечується достатня достовірність отриманих результатів.

Нормативними документами регламентовані значення необхідних витрат, котрі повинен забезпечити водопровід під час пожежогасіння. Величина витрат обумовлює параметри обладнання і трубопроводів водопроводів. Існуючі методики передбачають випробування з користуванням мірних ємностей, стовбурів водомірів, трубок Піто та інших приладів. При цьому передбачається нарощування кількості залученої пожежної техніки та стволів до досягнення відповідних витрат та залучення значної кількості фахівців [5].

В ході випробувань параметрів обладнання і трубопроводів водопроводів можливо отримувати з користуванням сучасних приладів оперативну і точну інформацію про витрати води. Зміна параметрів міської забудови обумовлює необхідність оперативної перевірки мереж водопроводів на водовіддачу. Одним із шляхів вирішення такої задачі може бути використання сучасних засобів вимірювання витрат води.

Пропонується обґрунтування можливості використання термоанемометричного методу вимірювання масової витрати рідини за допомогою розробленого теплового масового витратоміра.



Призначення та принцип дії розробленого витратоміру.

Масовий витратомір, що пропонується оптимізації процесу вимірювання параметрів системи протипожежного водопостачання, призначені для виміру масових витрат води, рідин і їх сумішей в трубопроводах різних діаметрів, а також в якості основного вимірювального засобу локальних або розподілених автоматизованих систем збору інформації, обліку і контролю в цілях енергозбереження, ресурсозберігання, управління технологічними процесами і запобігання аварійним ситуаціям.

Масовий витратомір має наступні основні технічні характеристики: а) діапазон вимірюваних витрат - 1200/1; б) швидкодія - менше 0,5 с; в) відносна погрішність виміру - менше 1 %; г) прилад дозволяє проводити виміру при величині тиску в трубопроводі до 32 МПа і температурі потоку від - 40 до 60 °С.

Принцип дії масового витратоміру базується на автоматичній підтримці термодинамічної рівноваги між потікочутливою поверхнею первинного перетворювача і

поток, що омиває її, і в обчисленні масової витрати з використанням відомих розрахункових залежностей з теорії витратометрії і теплообмінних процесів.

При створенні витратоміру був використаний відомий метод термоанемометричний, який передбачає наявність "голої" розігрітої нитки в потоці і визначення витрати газового середовища або рідини за величиною теплосносу потоку.

На рис.2. приведені схематичне зображення чутливого елемента первинного перетворювача.

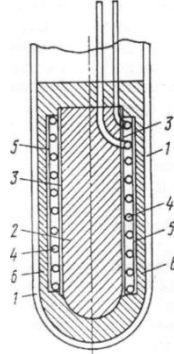


Рис. 2. Схематичне креслення первинного перетворювача теплового витратоміра. 1 – корпус. 2 – каркас – металевий стрижень; 3 – перший шар ізоляції, нанесений на каркас 2, 4 – обмотка нагрівача, на першому шарі ізоляції 3; 5 – другий шар ізоляції, на обмотці нагрівача 4; 6 – заповнювач, у просторі між шаром ізоляції 5 і внутрішньою поверхнею корпусу 1.

Принцип дії первинного перетворювача полягає в наступному. Високо стабілізований імпульс струму спеціальної форми нагріває нитку і поверхню чутливого елемента первинного перетворювача до температури миттєвого імпульсного перегрівання. Під впливом потоку, відбувається охолодження поверхні первинного перетворювача до заданої температури перегрівання, яка є функцією від температури вимірюваного середовища.

Результати математичного моделювання процесу функціонування теплового масового витратоміра. Обчисленню підлягав період прямування імпульсів нагрівання чутливого елемента первинного перетворювача витратоміра при вимірюванні витрати води для різних температур потоку. Первинний перетворювач встановлювався в трубопроводі діаметром 150 мм, витрата води змінювалася від 14 до 70 м³/год при температурі 23-24°C. При математичному моделюванні враховувалася зміна параметрів середовища від її середньої (по діаметру) температури.

Як видно з рис. 3, при збільшенні витрати води спостерігається зменшення періоду надходження імпульсу нагріву, тобто датчик охолоджується швидше. Наприклад, при витраті в 70 м³/год охолодження датчика до 10°C відбувається за 1,27 мс, а при 14 м³/год – за 1,48 мс.

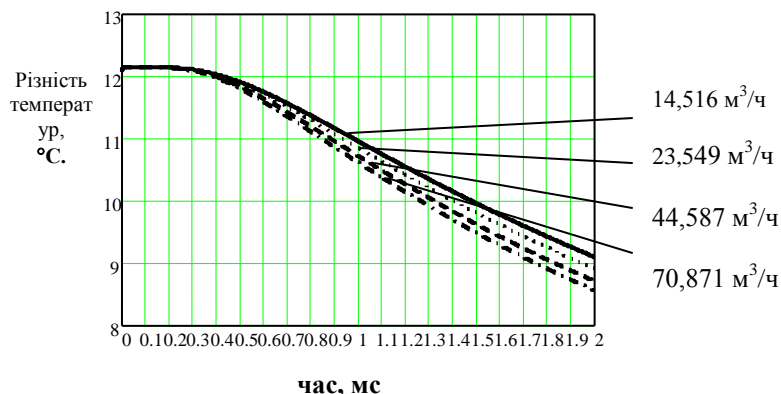


Рис.3. Залежності різниці температур чутливого елемента і навколишнього середовища від часу при різних значеннях витрати води в трубопроводі

Проведено порівняння результатів розрахунку з експериментальними даними. На рис. 3 наведено графік, який ілюструє залежність періоду прямування імпульсів нагріву від величини витрати води в трубопроводі (суцільна лінія – експериментальні дані, пунктирна – теоретичні). В результаті проведеної калібрування математичної моделі (за даними експерименту) отримана величина перегріву чутливого елемента, відповідного дії одного імпульсу. Результати чисельного моделювання з урахуванням отриманого значення перегріву для ряду еталонних витрат (при різних температурах) показали, що відносна похибка розрахунку періоду прямування імпульсів порівняно з експериментальними даними не перевищує 1,25% (рис.5.).

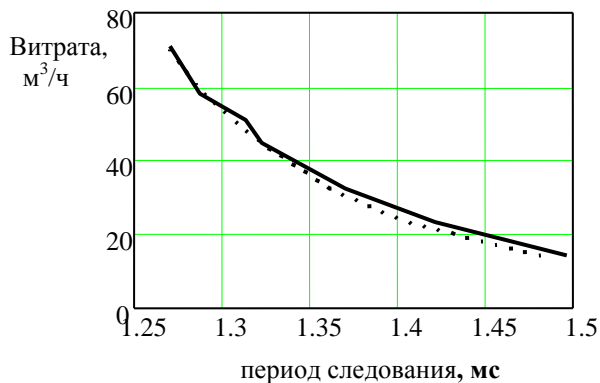


Рис. 4. Сравнение экспериментальных (сплошная линия) и теоретических (пунктирная линия) данных.

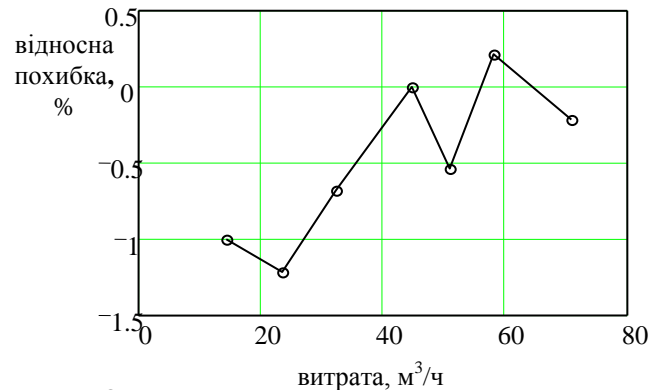


Рис. 5. Относительная погрешность расчета периода следования импульсов нагрева по сравнению с экспериментальными данными.

Розроблена математична модель функціонування масового витратоміра дозволяє отримати допустимі похибки завдання параметрів вимірюваної середовища за умови, що похибка вимірювання 1%.

Таким чином, тепловий масовий витратомір, при його застосуванні в якості вимірювального пристрою в системі вимірювання параметрів системи протипожежного водопостачання дозволить точно виміряти (з похибкою вимірювання 1%) і оперативно обробити (з швидкодією менше 0,5 с) інформацію про витрату води у водоводах. Це дозволить удосконалити та оптимізувати методикку випробувань водопровідних мереж на водовіддачу під час пожежетушіння, значно зменшити час випробувань, витрат води, кількість техніки що застосовується, знизити витрату ресурсу експлуатації техніки

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент № 2143667 от 27.12.1999 г.
2. П. П. Кремлевский. Расходомеры и счетчики количества. Справочник. –Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1989. –701 с.
3. Х. С. Карлслю. Теория теплопроводности. Пер. с англ. –Москва, Ленинград: ОГИЗ ГИТТЛ, 1977 г. –288с.
4. Н. С. Кошляков, Э.Б.Глинер, М.М.Смирнов. Уравнения в частных производных математической физики. –М.: Высшая школа, 1970. –710 с.

S. E. Wazhynsky, candidate of technical sciences, associate professor, National civil defense university of Ukraine

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF MEASUREMENT OF PARAMETERS OF SYSTEM OF FIRE-PREVENTION WATER SUPPLY

The results of theoretical and experimental studies on the possibility of the use of thermal mass flow meters to measure the flow rate in tests of water supply systems for fluid loss during firefighting.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ЛИНЕЙНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ ПЛАМЕНИ

Испытания извещателей пламени проводятся согласно требований, изложенных в нормативном документе [1]. Ранее были установлены факторы, которые влияют на амплитуду отраженного импульса в чувствительном элементе (ЧЭ) линейного извещателя пламени (ЛИП) в режиме зондирования [2]. Экспериментальные исследования извещателя пламени с линейным чувствительным элементом не проводились.

Целью работы является установление количественной взаимосвязи амплитуды отраженного импульса в чувствительном элементе линейного извещателя пламени от геометрических координат размещения ЧЭ относительно тестового очага пожара и площади очага.

Экспериментальные исследования проводились в подвальном помещении размерами 55х6х3,1 м, в котором был выбран участок длиной 9 м без вентиляции. Помещение соответствует требованиям, изложенным в европейском стандарте [3].

Для проведения исследований была использована установка, которая позволяет формировать на входе ЧЭ прямоугольные импульсы длительностью 20 нс, после переключать вход ЧЭ на измерительный прибор — осциллограф UTD2102, на котором отображается изменение отраженного сигнала во временной области. Осциллограф имеет 3% ошибку измерения амплитуды. Что бы иметь возможность выявить отражения на фоне шумов проводится многократное измерение отражения с дальнейшим получением среднего значения в каждой точке осциллограммы. Для снижения вероятности совпадения частоты зондирующего импульса и шума в формирователе импульсов реализован запуск импульса с периодом 100 мс ± 20 мс разброс задается с помощью генератора случайных чисел с равномерным распределением случайной величины.

Табл. 1. Уровни варьирования факторов в эксперименте

| Интервал варьирования, уровень факторов | Площадь TF1 $S, \text{ м}^2$ | Площадь TF4 $S, \text{ м}^2$ | Площадь TF5 $S, \text{ м}^2$ | Площадь TF6 $S, \text{ м}^2$ | Высота $H, \text{ м}$ | Расстояние $L, \text{ м}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Нулевой уровень | 0,25 | 0,25 | 0,108 | 0,189 | 2 | 0,5 |
| Интервал варьирования | 0,0625 | 0,0625 | 0,027 | 0,04725 | 0,5 | 0,5 |
| Нижний уровень | 0,1875 | 0,1875 | 0,081 | 0,14175 | 1,5 | 0 |
| Верхний уровень | 0,3125 | 0,3125 | 0,135 | 0,23625 | 2,5 | 1 |
| Кодовое обозначение | X_1 | X_1 | X_1 | X_1 | X_2 | X_3 |

При проведении эксперимента варьировались следующие факторы: вид и площадь тестового очага — X_1 , расстояние до тестового очага в вертикальной плоскости H кодовое обозначение переменной X_2 , расстояние до тестового очага в горизонтальной плоскости L — X_3 . В качестве очага пожара использовались стандартные тестовые очаги [3], которые имеют стадию пламенного горения: TF1 (древесина), TF4 (полиуретан), TF5 (п-гептан), TF6 (денатурированный спирт). Значения нулевых уровней, интервалы варьирования кодированных переменных приведены в табл. 1.

Результаты экспериментов с различными тестовыми очагами приведены в табл. 2.

Для обработки результатов экспериментов и расчета коэффициентов уравнения регрессии используем методы теории планирования эксперимента [4].

Табл. 2. План – матрица и результаты полного факторного эксперимента

| № п/п | x ₀ | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₁ x ₂ | x ₁ x ₃ | x ₂ x ₃ | U _{TF-1} , мВ | U _{TF-4} , мВ | U _{TF-5} , мВ | U _{TF-6} , мВ |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | + | - | - | - | + | + | + | 153,8 | 127,4 | 120,12 | 165,85 |
| 2 | + | + | - | - | - | - | + | 264 | 225,5 | 190,52 | 268,27 |
| 3 | + | - | + | - | - | + | - | 52,7 | 42,65 | 39,29 | 52,08 |
| 4 | + | + | + | - | + | - | - | 82,8 | 71,24 | 65,38 | 86,04 |
| 5 | + | - | - | + | + | - | - | 76,5 | 40,22 | 37,16 | 49,77 |
| 6 | + | + | - | + | - | + | - | 128,1 | 67,07 | 63,42 | 89,41 |
| 7 | + | - | + | + | - | - | + | 32,9 | 25,89 | 24,85 | 32,9 |
| 8 | + | + | + | + | + | + | + | 57,6 | 43,02 | 41,17 | 52,17 |
| Центр плана | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110,4 | 89,31 | 72,33 | 99,09 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 106,5 | 80,56 | 67,79 | 105,42 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98,01 | 73,73 | 82,33 | 111,07 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 113,6 | 86,67 | 69,6 | 91,36 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99,6 | 75,86 | 70,11 | 101,59 |

В результате, получены выражения для амплитуды отраженного импульса в кодированных координатах для четырех тестовых очагов пожара.

$$U_{TF-1} = 106.05 + 27.08 \cdot x_1 - 49.55 \cdot x_2 - 32.75 \cdot x_3 - 13.4 \cdot x_1 \cdot x_2 + 21.03 \cdot x_2 \cdot x_3 - 8 \cdot x_1 \cdot x_3;$$

$$U_{TF-4} = 80.4 + 21.33 \cdot x_1 - 34.7 \cdot x_2 - 36.33 \cdot x_3 - 9.9 \cdot x_1 \cdot x_2 + 25.1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 10.34 \cdot x_1 \cdot x_3;$$

$$U_{TF-5} = 72.74 + 17.4 \cdot x_1 - 30.06 \cdot x_2 - 31.1 \cdot x_3 - 6.78 \cdot x_1 \cdot x_2 + 21.43 \cdot x_2 \cdot x_3 - 6.74 \cdot x_1 \cdot x_3;$$

$$U_{TF-6} = 98.8 + 23.7 \cdot x_1 - 43.01 \cdot x_2 - 44.3 \cdot x_3 - 10.36 \cdot x_1 \cdot x_2 + 30.99 \cdot x_2 \cdot x_3 - 10.4 \cdot x_1 \cdot x_3.$$

Исследование на экстремум полученных выражений показало, что стационарная точка во всех случаях находится за областью определения модели. Потому для поиска наибольшего и наименьшего значения функции выхода использована процедура последовательного перебора с шагом 0,05, которая показала, что экстремальные значения находятся в граничных точках области определения модели: максимум в точке с координатами (+1; -1; -1), минимум — в точке (-1; +1; +1).

Полученные значения амплитуды отраженного импульса в режиме обнаружения пожара позволяют оценить реальные границы изменения коэффициента отражения K , аналитическое выражение которого получено в [2]. Таким образом, для четырех случаев тестовых очагов пожара имеем:

$$\left. \begin{array}{l} U_{\max}^{TF-1} = 257.37 \\ U_{\min}^{TF-1} = 39.55 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_{\max} = \frac{U_{\max}^{TF-1}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.05; \\ K_{\min} = \frac{U_{\min}^{TF-1}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.008; \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} U_{\max}^{TF-4} = 218.04 \\ U_{\min}^{TF-4} = 33.36 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_{\max} = \frac{U_{\max}^{TF-4}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.044; \\ K_{\min} = \frac{U_{\min}^{TF-4}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.007; \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} U_{\max}^{TF-5} = 186.21 \\ U_{\min}^{TF-5} = 29.15 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_{\max} = \frac{U_{\max}^{TF-5}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.04; \\ K_{\min} = \frac{U_{\min}^{TF-5}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.006; \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} U_{\max}^{TF-6} = 261.55 \\ U_{\min}^{TF-6} = 39.55 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_{\max} = \frac{U_{\max}^{TF-6}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.05; \\ K_{\min} = \frac{U_{\min}^{TF-6}}{U_{\dot{a}\delta}} = 0.008. \end{array} \right.$$

Анализ полученных значений позволяет определить точные значения пределов изменения коэффициента отражения K , соответствующих состоянию обнаружения очага пожара.

$$0.05 > K > 0.006.$$

Полученные значения K позволяют сформулировать требования к электронной схеме обработки сигнала ЛИП.

На основании экспериментальных исследований влияния координат размещения ЧЭ ЛИП, площади и вида тестового очага пожара на амплитуду отраженного импульса в ЧЭ получены ряд уравнений регрессии. Установлено, что наибольшее значение амплитуды для всех тестовых очагов, характеризующихся наличием стадии пламенного горения, достигается при минимальном удалении ЧЭ от очага и максимальной площади тестового очага. Изменение вида горючего материала, используемого в тестовом очаге, приводит к незначительному изменению амплитуды отраженного импульса. Рассчитаны точные значения коэффициента отражения, которые идентифицируют состояние линейного извещателя пламени как состояние «Пожар».

ЛИТЕРАТУРА

1. Системи пожежної сигналізації. Частина 10. Сповіщувачі пожежні полум'я точкові (EN 54-10:2002, IDT): ДСТУ EN 54-10:2004. – [Чинний від 2004-07-05]. – (Національний стандарт України).
2. Бондаренко С.Н. Факторы, влияющие на выходной сигнал линейного чувствительного элемента линейного извещателя пламени в режиме зондирования / С.Н. Бондаренко, В.В. Калабанов, С.Г. Алферов // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – вып.38. – С.19-23. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol38/BondarenkoKalabanovAlferov.pdf>
3. Components of automatic fire detection systems. Methods of test of sensitivity to fire (EN 54-9:1982) [Чинний від 1984-05-31].
4. Исследование устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента / А.Е. Егоров, Г.Н. Азаров, А.В. Коваль; Под ред. В.Г. Воронова. –Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1986. –240 с.

S.N. Bondarenko candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of department, National University of Civil Defense Ukraine

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES SENSITIVE ELEMENT LINEAR FLAME DETECTORS

The results of experimental research of the linear sensing element of the flame detector. The obtained regression expression describing the influence of the location coordinates of the sensing element relative to the test of fire and area of lesion on the amplitude of the reflected pulse in the sensing element.

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО РІВНЮ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ РЕЗЕРВУАРІВ І ПРОПОЗИЦІЇ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ УСТАНОВКИ НУЦЗУ-2

Проаналізовано технічний рівень автоматичних систем протипожежного захисту резервуарів шляхом проведення патентних досліджень. Результати аналізу показали, що кількість технічних рішень за цим напрямком зростає з кожним роком. Це можна пояснити як зростанням видобутку нафти і стрімким розвитком нафтопереробної промисловості, так і високою небезпекою технологічних процесів на цих об'єктах.

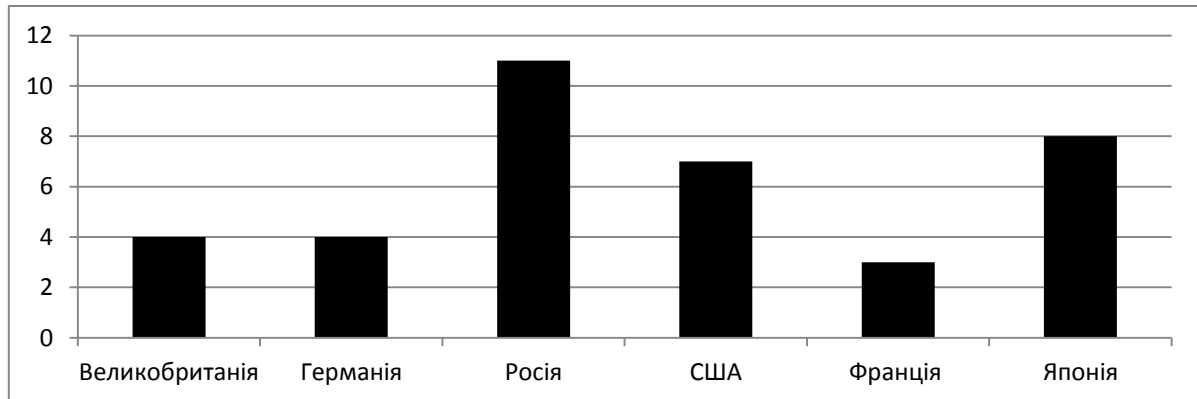


Рисунок 1- Патентування рішень щодо захисту резервуарів

І хоча метою більшості винаходів є підвищення ефективності гасіння пожежі, підвищення надійності установки та спрощення технічного рішення, у якості вогнегасної речовини у більшості з них використовується піна. Те, що повітряно-механічна піна, як вогнегасна речовина займає перше місце серед речовин, які призначені для гасіння пожеж в резервуарах пояснюється сталими стереотипами на те, що застосування повітряно-механічної піни є найбільш простим та доцільним з економічної точки зору, а також найбільш ефективним при гасінні легкозаймистих та горючих рідин.

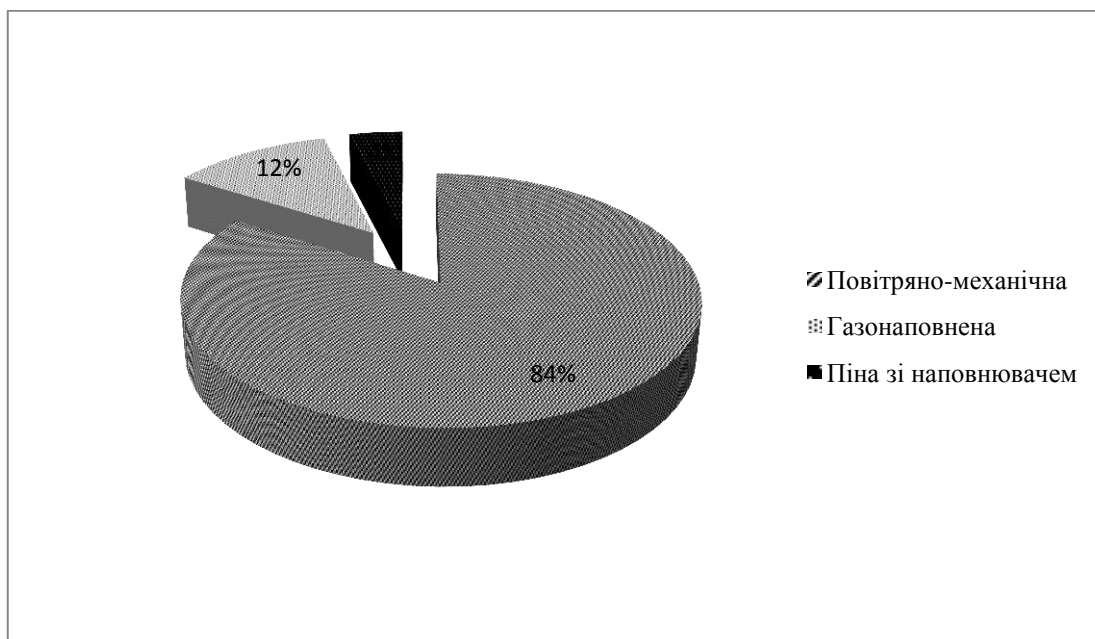


Рисунок 2. Залежність кількості патентів від складу піни.

Але створення автоматичних систем протипожежного захисту резервуарів, транспортних засобів, (танкерів, автоцистерн), технологічного обладнання, що здійснює зберігання, переробку й транспортування легкозаймистих і горючих рідин (нафтопродукти, спирт та ін.) залишається досить актуальним. Це пов'язане з тим, що навіть вкладення значних коштів у впровадження систем захисту ще не гарантує збереження працездатності системи, ефективного гасіння пожежі і придатності продукту до подальшого використання без наступної переробки. Специфіка гасіння пожеж у резервуарних парках обумовлена, насамперед, підвищеною небезпекою продукції, що зберігається, слабкою стійкістю резервуарів до теплового впливу й вибухів, можливістю групових пожеж і великою складністю їхнього гасіння. Небезпека збільшується у зв'язку з ростом резервуарних парків, збільшення об'єму резервуарів.

Складною, резонансною та такою, що мала екологічні наслідки, була пожежа на нафтобазі ТОВ «Бытремстройматериалы», що входить у національну мережу автозаправних комплексів «БРСМ-Нафта» і розташована у Васильківському районі Київської області. Пожежа являла серйозну загрозу, оскільки поруч розташована військова частина з бойовим арсеналом і аналогічною нафтобазою КЛО. У результаті пожежі шість осіб загинули, 15 постраждали. Згідно статистичних даних в США щорічно відбуваються більше 10 аналогічних пожеж, а у резервних парках Японії щорічно в середньому відбувається по одній пожежі. Імовірність виникнення великої пожежі в резервуарі становить 0,01 у рік на кожний нафтопереробний завод.

Альтернативою існуючих підходів є застосування систем підшарового газового пожежогасіння. Розробкою цього підходу з 80-років займалася у Харкові група дослідників випробувальної пожежної лабораторії, на чолі з Молочним М.М. Ними вперше розроблені транспортні системи газового пожежогасіння, системи захисту зерносховищ, елеваторів і багато інших технічних рішень, що отримали визнання. Цим колективом був розроблений і принцип побудови установки пожежогасіння, що призначена для автоматичного пожежогасіння резервуарів з легкозаймистими й горючими рідинами, спиртосховищ, гартівних ванн, танкерів, цистерн, технологічного обладнання. З розвалом СРСР автори цих робіт продовжили вдосконалювання системи пожежогасіння, працюючи на кафедрі автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій Національного університету цивільного захисту України (м. Харків), де була створена установка НУЦЗУ-2, яка вільна від ряду недоліків прототипу, є високоефективною й конструктивно простою. Це робить її надійною й дешевою.

Принцип роботи установки заснований на використанні в якості вогнегасної речовини дешевого, але ефективного газу й оригінальної, високоефективної системи його подачі. Будучи поданим під шар палаючої рідини газ провадить гасіння безпосередньо на поверхні, не розчиняючись у продукті, залишає його придатним для подальшого використання. Переваги такого способу очевидні. Після завершення дослідницьких робіт з метою пошуку партнерів і інвесторів для створення промислового зразка й проведення повномасштабних випробувань розробленої установки, був створений її макетний зразок, що демонструвався численним делегаціям, керівникам Міністерства надзвичайних ситуацій та Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Незважаючи на те, що спроби створення системи газового пожежогасіння для захисту резервуарів з горючими рідинами робилися давно, сьогодні ці системи не використовуються в жодній країні світу. Вагомим підтвердження цього є рекомендації щодо вибору вогнегасних речовин фірми ANSUL (США), яка все ще пропонує для захисту таких об'єктів використовувати вогнегасні порошки й піни.

Результати та виставковий зразок установки НУЦЗУ-2 неодноразово представлялися в численних телевізійних репортажах, періодичних виданнях, на міжнародних науково-практичних конференціях. Демонстрація роботи макета установки завжди викликає високий інтерес і в численних фахівців-відвідувачів виставок і в

іноземних делегацій, які відвідують університет. Однак пропонуване ними співробітництво носить обмежений характер і не дозволяє мати достатні засоби для завершення робіт.

Величезний практичний інтерес надалі буде представляти використання в таких системах у якості вогнегасної речовини газоподібного азоту, одержуваного з повітря з використанням мембранних технологій. Наявність однієї такої установки безпосередньо на нафтопереробному заводі дозволить забезпечити об'єкт необхідним запасом вогнегасного газу. Цей проект характеризується абсолютною екологічною чистотою.

На підставі аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Гасіння горючих рідин, що зберігаються в резервуарах і ємностях великого об'єму, є складним і актуальним завданням.

2. Гасіння пожеж у резервуарах пересувними засобами пожежогасіння є складним тактичним завданням, що вимагає залучення великої кількості пожежної й спеціальної техніки, залучення для гасіння великої чисельності особового складу, тривалого часу зосередження сил і засобів, значних фінансових ресурсів на забезпечення роботи пожежних підрозділів, на вогнегасні речовини, наявності високопрофесійних кадрів, що мають бойовий досвід ліквідації аналогічних пожеж.

3. Гасіння представляє значний ризик для особового складу пожежних підрозділів при веденні активних дій по гасінню пожежі.

4. Впровадження автоматичних систем підшарового гасіння дозволяє виключити роботу пожежних розрахунків у безпосередній близькості від осередку загоряння, істотно зменшити кількість спеціальної техніки й особового складу, тим самим у кілька разів здешевіти процес гасіння пожежі, не наражаючи на небезпеку здоров'я й життя особового складу.

5. Існуючі системи автоматичного протипожежного захисту, які впроваджені на об'єктах і рекомендуються сьогодні до впровадження лідерами ринку є малоефективними оскільки:

- при розташуванні розподільних мереж у верхній частині резервуарів вони можуть бути ушкоджені вибухом, що передує пожежі;
- вимагають великого часу виходу на стаціонарний режим роботи;
- тривалий час приведення системи в дію приводить до прогріву стінок резервуара, які активно руйнують піну в області технологічного зазору між стінками й плаваючим дахом;
- багато систем не забезпечують рівномірної подачі піни по всій поверхні дзеркала рідини, особливо в складних умовах розвинутої пожежі.

6. Система підшарового гасіння НУЦЗУ-2, розташована в нижній частині резервуара і тим самим захищена від механічних ушкоджень при вибуху та не може бути виведена з ладу. Час приведення системи в робочий стан набагато менше, ніж інших автоматичних систем. Це скорочує час вільного горіння рідини, не дозволяючи прогрітися стінкам резервуара, що сприяє зменшенню часу гасіння пожежі. З економічної точки зору зменшення часу горіння дозволяє зберегти більшу частину продукту в резервуарі не піддаючи її вигорянню, активному тепловому розкладанню й забрудненню.

7. Використовувані в існуючих системах пінного пожежогасіння піноутворювачі мають ряд істотних недоліків:

- більшість з них є екологічно жорсткими і застосування може привести до екологічних збитків;
- мають обмежений строк зберігання;
- не однаково добре працюють у широкому діапазоні температур, особливо при низьких температурах;
- погіршують свої характеристики зі збільшенням жорсткості води, а більшість із них не є ефективними при роботі з морською водою;

- приводять до забруднення продукту, що гасять і унеможливають його використання без наступної переробки.

У системі гасіння НУЦЗУ–2 у якості вогнегасної речовини застосовується газ, який можна застосовувати в широкому температурному діапазоні. Використання на відкритому просторі в технологічних установках в вогнегасних концентраціях цього газу є безпечним. Він не змішується із продуктом в ємності, погано розчиняється в ньому й не змінює його характеристик. Завдяки цьому після гасіння пожежі не потрібно наступної обробки продукту, що зберігається, що є економічно вигідним.

8. Середньостатистична вартість існуючих систем автоматичного протипожежного захисту є досить високою й становить близько 30% вартості системи зберігання.

9. При більш високій ефективності й безпеці роботи запропонованої системи підшарового газового пожежогасіння її вартість нижче вартості існуючих і запропонованих на ринку систем.

Компоненти запропонованої системи підшарового газового пожежогасіння не дорожче, а деякі й значно дешевше аналогічних компонентів існуючих систем. Цілий ряд факторів виникаючих у процесі застосування системи робить її застосування економічно більше вигідним, чим існуючі аналоги.

Галузю застосування системи пожежогасіння є всі підприємства й відомства, що мають, резервуари, резервуарні парки, у яких зберігаються світлі нафтопродукти, бази міноборони, бази держрезерва.

10. Простота й розташування запропонованої конструкції, що реалізує спосіб підшарового газового гасіння роблять її більше надійною, захищеною від ушкоджень при вибуху, скорочує витрати на монтаж і обслуговування.

11. Даний напрямок має економічні й практичні перспективи для широкого впровадження й технічного розвитку, аж до створення й впровадження спеціальних пожежних автомобілів газового пожежогасіння, створення систем ремонтних робіт, що забезпечують безпечне проведення, у резервуарних парках, одержання вогнегасного газу без його транспортування на об'єкті з повітря.

12. Для завершення робіт зі створення й впровадження установки НУЦЗУ-2 на об'єктах необхідне проведення повномасштабних натурних вогневих випробувань.

Автори мають ряд ідей для подальшого розвитку цього напрямку, що у випадку позитивних результатів повномасштабних натурних випробувань може привести технічному перевороту в області захисту об'єктів зі зберіганням горючих і легкозаймистих рідин.

O.A. Derevyanko, Associate Professor, NUCZU

TECHNICAL ANALYSIS LEVEL OF AUTOMATED FIRE PROTECTION SYSTEMS OF TANKS AND PROPOSALS FOR IMPLEMENTATION OF INSTALLATION NUCZU-2

The problems and the main trends of the creation and implementation of automatic fire-extinguishing systems of flammable and combustible liquids stored in tanks are considered. It is shown that the existing systems are ineffective. Proposals for improvement of these systems using extinguishing gases are given.

А. Н. Литвяк, канд. техн. наук, доцент, НУГЗУ

М.Н. Мурын, канд. техн. наук, доцент, НУГЗУ

АППРОКСИМАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

Рассмотрены зависимости давления на выходе из распределительных сетей высокого давления автоматических систем газового пожаротушения диоксидом углерода.

Ключевые слова: распределительная сеть, огнетушащее вещество, автоматическая система газового пожаротушения, система автоматического проектирования, течение газа.

Постановка проблемы.

В руководящем документе ДСТУ 4578:2006 приложение «В» (обязательное), представлена диаграмма (Рис.1) зависимости давления на выходе из трубопровода распределительной сети высокого давления газовой АСПГ диоксидом углерода.

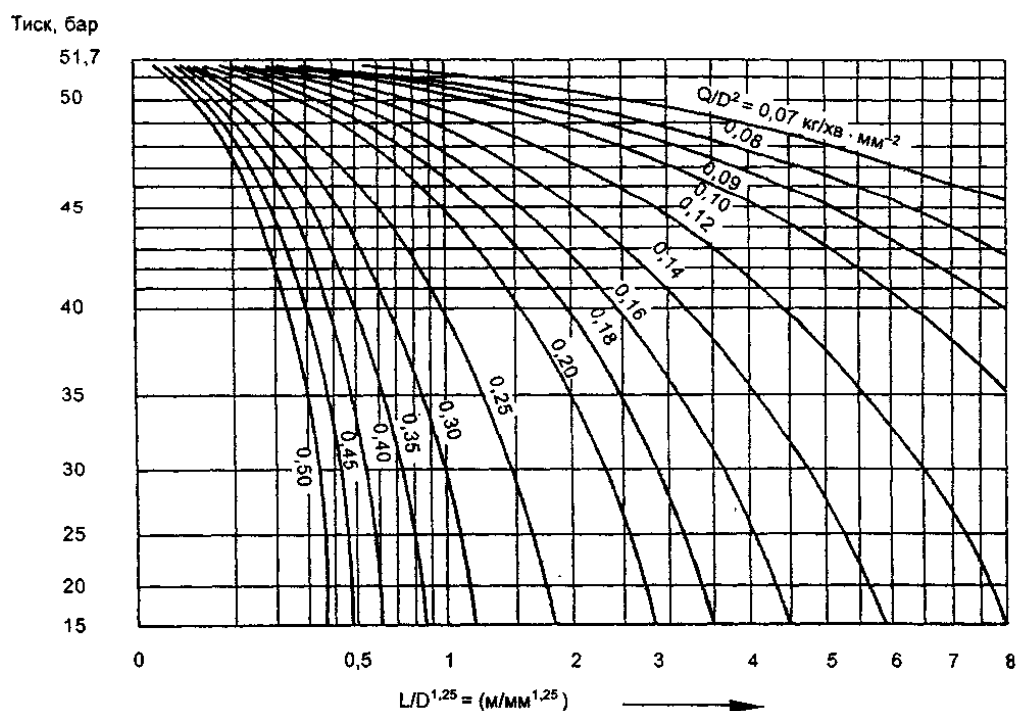


Рис.1

Данной диаграммой необходимо пользоваться при расчете распределительных сетей газовых автоматических систем пожаротушения (АСПТ) диоксидом углерода. В системах автоматического проектирования (САПР) АСПТ использование графических материалов не представляется возможным. Необходимы расчетные формулы. Таким образом существует проблема аппроксимации данных [1] для формализации проектировочных расчетов.

Анализ последних исследований и публикаций. В учебниках по термодинамике вопросы течения газа рассмотрены достаточно хорошо [2]. Однако численное решение нелинейных дифференциальных уравнений задача трудоемкая. В [3] рассматривался

упрощенный одномерный подход, но решение ограничилось выбором скоростей течения газа в трубах.

Постановка задачи и ее решение.

Диаграмма (рис.1) представляет зависимость давления Р на выходе из распределительной сети от параметров X и Y.

Где:

$$X = \frac{L}{D^{1,25}} \left[\frac{m}{mm^{1,25}} \right];$$

$$Y = \frac{Q}{D^2} \frac{kg}{min \cdot mm^2};$$

Где:

Q – массовый расход, кг/мин;

D – диаметр трубопровода, мм;

L – приведенная длина трубопровода, м.

Задача аппроксимации существенно упрощается если представленную диаграмму представить в виде зависимости P(Y,X²), рис.2

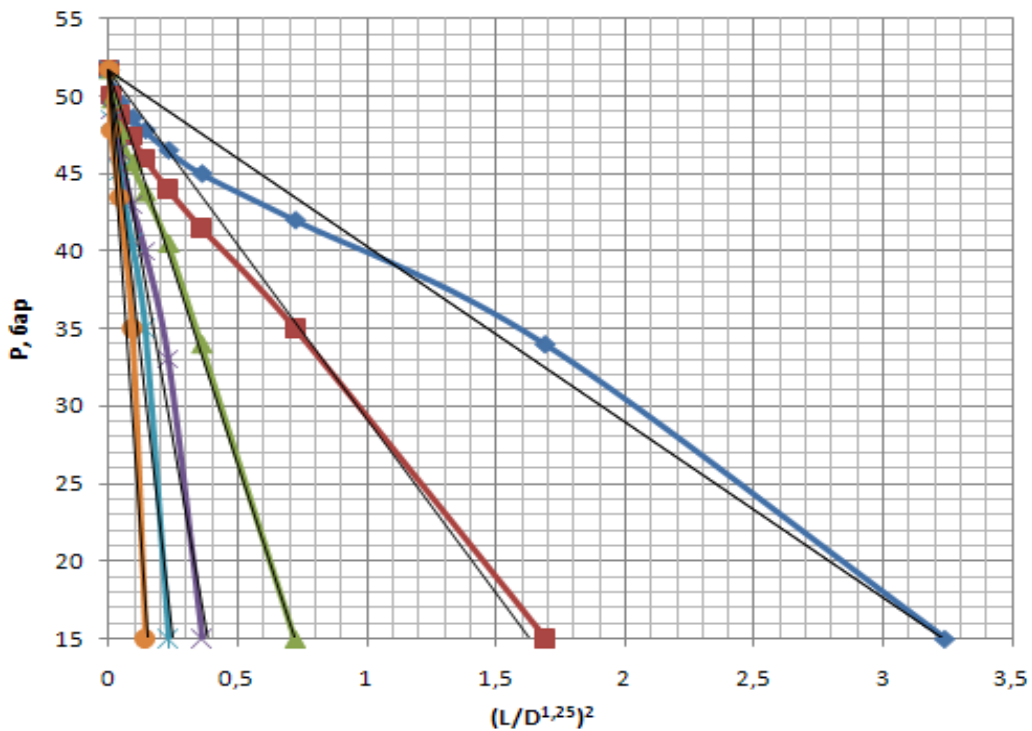


Рис.2

Изолинии для Y=const становятся более пологими и с параметром точности R² >0.97 описываются линейными зависимостями:

$$p = K \cdot Z + 51,7, \text{бар.} \tag{1}$$

где: Z=X².

Тангенс угла наклона линий «K» в зависимости от параметра Y, описывается уравнением третьего порядка с параметром точности R² >0.99, рис.3.

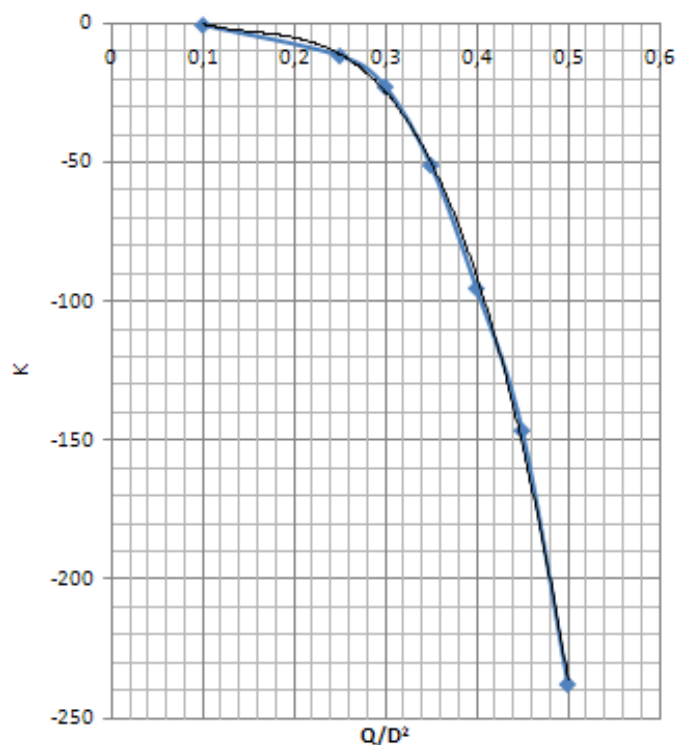


Рис.3

В результате проведенных расчетных исследований была получена полиномиальная зависимость, описывающую диаграмму (рис.1) с точностью $R^2 > 0.95$, что достаточно для проведения практических расчетов.

$$p = \left(-5354,6 \cdot \left(\frac{Q}{D^2} \right)^3 + 2481 \cdot \left(\frac{Q}{D^2} \right)^2 - 418,02 \frac{Q}{D^2} + 22,085 \right) \cdot \left(\frac{L}{D^{1,25}} \right)^2 + 51,7 \quad (2)$$

Выводы. Получена зависимость давления на выходе из трубопровода распределительной сети газовой АСПТ диоксидом углерода высокого давления. Данная зависимость может быть использована, как при проектировании, так и при разработке САПР газовых АСПТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4578:2006. Системи пожежогасіння діоксидом вуглецю.
2. Абрамович Г.Н., Прикладная газовая динамика ч.1. М.: Наука, 1991 с.600.
3. Литвяк А.Н., Дуреев В.А. Выбор оптимальной скорости течения газа в трубах с потерями Проблемы пожарной безопасности. Сборник научных трудов, выпуск 28. Харьков: НУГЗУ.2010.- с.

A.N. Litvyak, Associate Professor, NUGZU

M.N. Murin, Associate Professor, NUGZU

APPROXIMATION OF PARAMETERS OF DISTRIBUTION NETWORK AUTOMATION SYSTEMS WITH CARBON DIOXIDE GAS FIRE.

The dependences of the pressure at the outlet of the high-pressure distribution network automation systems gas fire with carbon dioxide.

ОБРОБКА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

В даний час, в умовах високих темпів росту і розвитку цифрових технологій, з'являється потреба в якісній і своєчасній обробці інформації. Зокрема, до цього відноситься необхідність автоматичного розпізнавання різноманітних об'єктів. Дана проблема особливо гостро проявляється при дистанційному зондуванні Землі (ДЗЗ), у випадку необхідності аналізу та виявлення об'єктів на знімках [1].

Технологія ДЗЗ базується на спостереженні поверхні Землі з борта космічного апарату (КА), отриманні зображень визначених географічних районів (об'єктів) і наступному їх аналізі та інтерпретації в інтересах вирішення поставленої тематичної задачі.

Сьогодні існує безліч алгоритмів обробки та розпізнавання зображень. Параметри обробки безпосередньо залежать від сфери застосування даної інформації. Перспективним напрямом розвитку даних алгоритмів є підхід, в основі якого при обробці мультиспектральних зображень застосовуються штучні нейронні мережі.

В даний час розроблені і продовжують розроблятися нові методи та алгоритми обробки аерокосмічних зображень [2]. До їх числа відносяться нові вегетаційні індекси, метод головних компонентів, вейвлет-аналіз, сингулярний спектральний аналіз, фрактальний аналіз та ін. [3]. Існує велика кількість методів та алгоритмів розпізнавання зображень [3, 4], але і зараз важко забезпечити необхідний коефіцієнт стиснення при заданій якості відновлення зображення у відведених часових інтервалах на обробку в системі ДЗЗ. Потужним інструментом у таких задачах обробки зображень стає нейроінформатика. Існують спеціально організовані нейрокомп'ютери, але частіше використовується емуляція нейрокомп'ютера на звичайних ПЕОМ [5].

Відомі варіанти застосування нейромережових технологій при виборі алгоритмів стиску великих масивів даних [6], для стиску фотозображень [7, 8] та пошуку заданих об'єктів у даних ДЗЗ [9]. Однак запропоновані методи або не забезпечують заданої якості обробки зображень, або є дуже ресурсомісткими і не в змозі забезпечити режим реального часу при застосуванні в системах ДЗЗ.

Метою доповіді є формулювання методу інтелектуальної обробки даних дистанційного зондування в системі моніторингу пожежної безпеки, який дозволить в автоматичному режимі забезпечити розпізнавання об'єктів на мультиспектральному зображенні. Проблема, що розв'язується – забезпечення можливості розпізнавання об'єктів на зображеннях ДЗЗ за рахунок використання нейромережі неокогнітрон.

Застосування згорткової нейромережі типу неокогнітрон при розпізнаванні об'єктів на зображеннях даних ДЗЗ може значно покращити кінцевий результат та зменшити відсоток помилкових виборів. Значення основних характеристик методу підтверджують результати роботи розробленої авторами програми.

Для методу інтелектуальної обробки даних ДЗЗ архітектура неокогнітрон має вигляд наведений на рис. 1 [4].

Основною перевагою неокогнітрон є його здатність правильно розпізнавати не тільки ті об'єкти, на яких було проведено навчання, але й похідні з них об'єкти, які отримуються в результаті часткового зсуву, обертання, масштабування чи іншого типу спотворення.

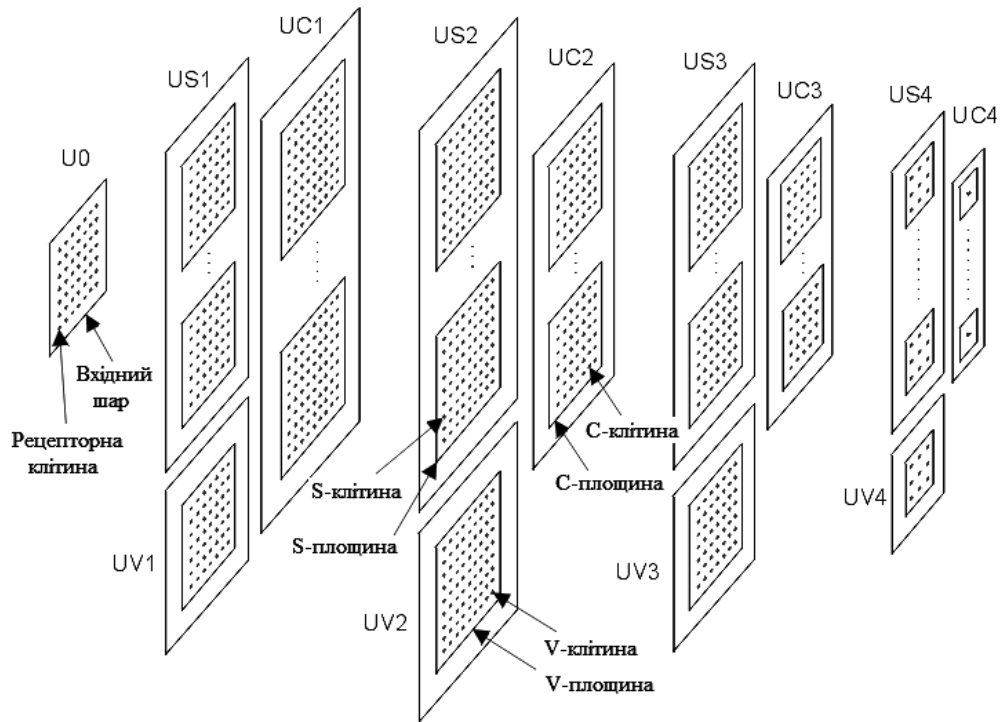


Рис. 1. Архітектура неокогнітрону

Структура неокогнітрону формується з ієрархії отриманих ознак. Один відповідний етап неокогнітрону створюється для кожного з етапів ієрархії виділених ознак.

Загальну структуру неокогнітрону можна розділити на такі компоненти: етапи, шари, площини, клітини, ваги.

Кожен з етапів відповідає за отримання певної ознаки шуканого образу та містить 3 шари. Їх кількість визначається на етапі формування мережі.

Шари у неокогнітроні відповідають за виділення ознак на основі активностей зон. *S*-шар призначений для отримання конкретних ознак на відповідному етапі. *C*-шар призначений для забезпечення толерантності зрушень ознак. *V*-шар призначений для отримання інформації про середні активності у *C*-шарі. Кожний з шарів утворюється певною кількістю площин.

Площини відповідають за конкретну ознаку шаблону розпізнавання. Їх кількість залежить від кількості ознак. *V*-шар складається з однієї площини, оскільки представляє собою середньозважені значення площин. Їх функції аналогічні опису відповідних шарів. Кожна площина складається з набору клітин.

Кожна клітина являється рецептором, що представляє конкретний піксель зображення. Кожна клітина представляє аналогове значення.

S-клітина – найбільш важливий з елементів у неокогнітроні. Її функція полягає в отриманні певної ознаки в певному положенні у вхідному шарі, тобто в його рецептивній області. Всі клітини в одній *S*-площині завжди отримують ту ж саму ознаку.

Кожна *S*-клітина в неокогнітроні оцінює виходи *C*-клітин (або рецепторних клітин) у певних областях зв'язку з попереднього *C*-шару (або вхідного шару).

Функцією кожної *V*-клітини в неокогнітроні є отримання інформації про середню активність *C*-клітин (або рецепторних клітин) з районів з'єднання. Ця інформація використовується відповідною *S*-клітиною з однакової стадії в мережі під час отримання ознак

Найважливішою функцією *C*-клітини в неокогнітроні є забезпечення толерантності зрушень ознак, отриманих з *S*-клітин із зони з'єднання.

Кожна з C -клітин в неокогнітроні оцінює виходи S -клітин з певної області зв'язку від однієї з S -площин попереднього S -шару.

Виходи клітин можуть бути представлені наступними формулами:

$$u_{Sl}(n, k) = r_l \cdot \varphi \left[\frac{1 + \sum_{k=1}^{K_{Cl-1}} \sum_{v \in Al} a_l(v, k) \cdot u_{Cl-1}(n+v, k)}{1 + \frac{r_l}{1+r_l} \cdot b_l(k) \cdot u_{v_l}(n)} - 1 \right] \quad (1)$$

де l – номер етапу; n – позиція клітини; k – номер клітини в площині; r_l – селективність; K_{Cl-1} – кількість кліткових площин у попередньому C -шарі; v – позиція в області з'єднання; Al – область з'єднання S -клітини; a_l – a -вага (≥ 0); b_l – b -вага (≥ 0).

$$u_{v_l}(n) = \sqrt{\sum_{k=1}^{K_{Cl-1}} \sum_{v \in Al} a_l(v, k) \cdot u_{Cl-1}^2(n+v, k)},$$

де l – номер етапу; n – позиція клітини; K_{Cl-1} – кількість кліткових площин у попередньому C -шарі; v – позиція в області з'єднання; Al – область з'єднання S -клітини; Cl – c -вага (≥ 0).

$$u_{Cl}(n, k) = \psi \left[\sum_{k=1}^{K_{Sl}} j_l(k) \cdot \sum_{v \in Dl} d_l(v) \cdot u_{Sl}(n+v, k) \right],$$

де l – номер етапу; n – позиція клітини; k – номер клітини в площині; K_{Sl} – кількість кліткових площин у попередньому S -шарі; j_l – фактор з'єднання; v – позиція в області з'єднання; Dl – область з'єднання C -клітини; d_l – d -вага (≥ 0).

Вагові коефіцієнти обчислюються за наступними формулами:

$$\begin{aligned} c_l(v) &= \gamma_l^{|v|}, \\ d_l(v) &= \bar{\delta}_l \cdot \delta_l^{|v|}, \\ \Delta a_l(v, p, k) &= q_l \cdot c_l(v) \cdot u_{Cl-1}(n_{klm} + v, p), \\ \Delta b_l(k) &= q_l \cdot u_{v_l}(n_{klm}). \end{aligned}$$

Вага, при якій значення функції помилки буде мінімальною можна обчислити з наступного виразу:

$$W_{\min} = W_c - \left(\frac{d^2 E(W_c)}{dW^2} \right)^{-1} \frac{dE(W_c)}{dW}.$$

Тобто оптимальна вага обчислюється як поточна мінус похідна функції помилки по вазі, поділена на другу похідну функції помилки.

Для багатовимірною випадку (тобто для матриці ваг) все аналогічно, тільки перша похідна перетворюється в градієнт (вектор часткових похідних), а друга похідна перетворюється в гессіан (матрицю часткових похідних).

Зазвичай гессіан замінюють чимось простішим. Наприклад, один з найвідоміших і найуспішніших методів – метод Левенберга-Марквардта.

У даній моделі розпізнавання шаблону ведеться одразу за всіма діапазонами, в результаті чого на виході отримується набір функцій активації. Для більш точного визначення застосовуються додаткові гальмівні коефіцієнти для кожної з функцій, які обираються згідно статистичних даних про відображення об'єктів у різних діапазонах:

$$U_R = \frac{\sum_{C=1}^n u_{Cl} \cdot g}{n}$$

де U_{Cl} – вихід C -клітини останнього етапу неокогнітрону; g – гальмівний коефіцієнт відповідного спектрального діапазону; n – номер спектрального діапазону.

В результаті отримуємо середньозважене значення відповідності розпізнаного шаблону з урахуванням мультиспектрального діапазону зображення.

Також, для успішного розпізнавання об'єктів під різними кутами двовимірна структура неокогнітронної мережі змінюється на тривимірну в результаті заміни однієї площини на стек площин, кожна з яких представляє певну ознаку під кутом до еталонного вектору ознак.

А оскільки на вході мережі розміщується набір вхідних зображень відповідно до спектрів, то загальна структура неокогнітрону дублюється залежно від кількості діапазонів.

Для навчання мережі застосовується широкий набір відокремлених ознак частин шаблону розпізнавання. Процес навчання ведеться пошарово з налаштуванням ваг синаптичних з'єднань клітин.

Запропонований підхід дозволяє вирішити завдання розпізнавання об'єктів на мультиспектральних зображеннях даних ДЗЗ та покращити результати розпізнавання у порівнянні з існуючими методами.

Представлений метод інтелектуальної обробки даних дистанційного зондування Землі в системі моніторингу пожежної безпеки, що базується на використанні нейромережевих технологій під час аналізу даних ДЗЗ та реалізації методу розпізнавання зображень, сформованих в системі ДЗЗ, на основі застосування згорткової нейронної мережі типу неокогнітрон..

Створено програму, яка виконує обробку зображення. Отримані результати для одноколірних зображень дозволили зробити висновок про працездатність запропонованого алгоритму та є підґрунтям для подальших досліджень з розробки та реалізації алгоритмів обробки мультиспектральних знімків у системах дистанційного зондування землі для екологічного моніторингу та моніторингу пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бакланов А.И. Анализ состояния и тенденции развития систем наблюдения высокого и сверхвысокого разрешения / А.И. Бакланов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2010. – № 2. – С. 80-91.
2. Кашкин В.Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений. [Электронный ресурс]: конспект лекций / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 121 с. Режим доступа http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/54/u_course.pdf
3. Gonzalez R. Digital Image Processing / R. Gonzalez, R. Woods. – Prentice Hall, 2008. – 954 p.
4. Fukushima K. Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position / K. Fukushima // Biological Cybernetics, 36(4), 1980. – P.193-202.
5. Галушкин А.И. Нейронные сети. Основы теории. / А.И. Галушкин. – М: Горячая Линия - Телеком, 2012. – 496 с.

6. Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка и защита информации. Под ред. Безрук В.М. – Харків: СМІТ, 2013. – 398 с.

7. Подорожняк А.А. Метод інтелектуалізації обробки даних в системах дистанційного зондування землі / А.А. Подорожняк., Н.Ю. Любченко. // Проблеми інформатизації: Матеріали другої міжнародної науково-технічної конференції. – Київ: ДУТ; Полтава: ПНТУ; Катовице: Катовицький економічний університет; Париж: Університет Париж VII Венсант-Сен-Дені; Білгород: НДУ “БДУ”; Черкаси: ЧДТУ; Харків: ХНДІТМ, 2014. – С. 68.

8. Подорожняк А.О. Метод інтелектуальної обробки даних дистанційного зондування Землі / А.О. Подорожняк, Ю.Б. Прібілев., Д.І. Торохтій. // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС. – вип. 2 (118). – 2014. – С. 48-51.

9. Подорожняк А.А. Метод виявлення об'єктів інтереса при обробці даних в системі дистанційного зондування землі / А.А. Подорожняк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – № 4. – С. 60-64.

Podoroznjak A.O. Ph. D, associate professor, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

Lubchenko N.U. Ph. D, associate professor, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

Lavrov V.P. undergraduate

PROCESSING THE MULTISPECTRAL IMAGERY IN THE MONITORING SYSTEM OF FIRE SAFETY

In Dopod it is shown that for the recognition of objects in data processing of Earth remote sensing in the form of multispectral images is possible to use neural network technologies. The method of processing of remote sensing data in the system monitoring fire safety on the basis of the recognition algorithm is generated in the system of the Earth remote sensing multispectral images which is based on the use of artificial neural network type neocognitron. The features of the construction of neocognitron network for processing multispectral images.

В.В. Христин, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України
М.В. Маляр, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України
С.М. Бондаренко, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖІ

Основним завданням пожежних сповіщувачів є раннє попередження про пожежу так, щоб своєчасно могли бути зроблені відповідні дії по зменшенню наслідків пожежі. Так як пожежі та загрози, які виходять від них швидко ростуть, то раніше виявлення означає, що загроза і потенційний збиток від пожежі зводяться до мінімуму.

Однак, при цьому важливим питанням є збалансованість між швидкістю спрацьовування, чутливістю пожежних сповіщувачів та його помилкові спрацьовування. Баланс між раннім виявленням і мінімальною кількістю помилкових спрацьовувань вимагає, щоб сповіщувач був обраний з урахуванням характеристик, параметрів ймовірного пожежі та навколишнього середовища.

Аналіз горючих матеріалів і можливих джерел загоряння в приміщенні, яке потребує може дати уявлення про ймовірне пожежі. З огляду на характеристики простору, яке буде впливати на перенесення продуктів горіння від місця пожежі до розташування пожежних сповіщувачів, можна прогнозувати його роботу.

Метою статті є огляд причин для подібних залежностей, до яких відносяться конвективні потоки, теплове випромінювання, тверді частинки продуктів пожежі, гази тощо, а також транспортні процеси їх руху від вогнища до сповіщувача і робочі характеристики пожежних сповіщувачів.

Пожежні сповіщувачі визначають наявність пожежі реагуючи на зміни в навколишньому середовищі, які свідчать про пожежу в пов'язаній з ними зоні покриття. Метою є вибір умов для зондування середовища і виявлення ознак пожежі, які з'являються на самій ранній стадії, і які присутні на рівнях досить вищій за ті, що існують при нормальних умовах, з мінімізацією помилкових тривог.

Структурно будь-яка система автоматичного протипожежного захисту (рис.1) складається з приймально-контрольного приладу, який з'єднано сигнальними лініями з пожежними сповіщувачами. Завдання сповіщувачів є перетворення різних проявів пожежі в електричні сигнали. Приймальний прилад після отримання сигналу від сповіщувача керує світловим та звуковим оповіщенням, а при необхідності й автоматичним пожежогасінням та/або димовидаленням. Загальна швидкість спрацьовування сигналізації визначається характеристиками сповіщувачів.

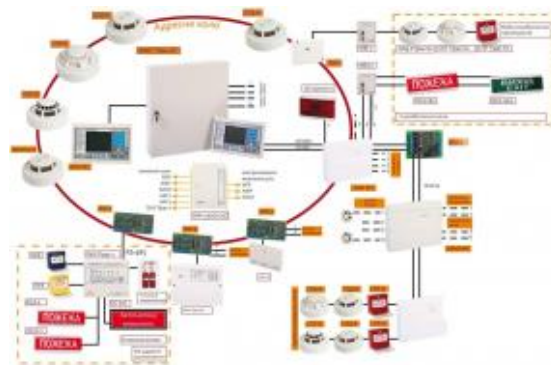


Рис. 1 - Структура сучасної системи протипожежного захисту

При горінні гарячий газ піднімається з-за плавучості до стелі і поширюється в радіальному напрямку назовні у вигляді струменя на стелі. Температура і швидкість цього стелі струмені регулюють коефіцієнт теплопередачі до термочутливим елементам пожежних сповіщувачів, розташованих на стелі.

У різних з існуючий типів виявлення пожежі, теплові сповіщувачі є найстарішими. Вони з'явилися в 60-х роках XVIII століття і продовжують розвиватися до теперішнього часу. Реагують на конвективну теплову енергію пожежі і, як правило, розташовані на або близько стелі. Можуть реагувати або на наперед визначено фіксовану температуру або на задану швидкість зміни температури.

Сповіщувачі димові є дорожчими, ніж теплові, але забезпечують значно більш швидкий час виявлення і згодом більш високий рівень помилкових тривог через їх підвищеної чутливості. Димові сповіщувачі класифікуються відповідно до їх принципом роботи. Працюючі на фотоелектричні принципи дають кілька більш швидкий відгук на продукти згоряння від пожежі такі як породжені пожежами низької енергії (тліючі), оскільки ці пожежі зазвичай виробляють велику кількість видимого (більше частинок) диму. А сповіщувачі з використанням принципу іонізації забезпечують кілька більш швидке реагування на осередки високої енергії (відкрите горіння), оскільки ці пожежі виробляють дрібні частинки диму, які легше виявити таким типом ДПС.

Сповіщувачі полум'я оптично відчують ультрафіолетове або інфрачервоне випромінювання, що виходить від вогню або розпеченого вугілля. Такі сповіщувачі мають найвищу частоту помилкових тривог і найшвидший час виявлення будь-якого іншого типу пожежних сповіщувачів - час виявлення для них, як правило, вимірюється в мілісекундах від виникнення вогнища пожежі, загоряння.

В цілому, використання сповіщувачів полум'я обмежується легкозаймистими матеріалами, котрі зберігаються або використовуються.

Є також сповіщувачі цього типу, призначені для реагування на проходження іскор або фронтів полум'я в трубопроводах, наприклад, на текстильних фабриках.

При розробці системи виявлення пожежі інженер-конструктор повинен мати на увазі експлуатаційні характеристики індивідуального типу сповіщувача, стосовно об'єкта, що захищається, що захищається зоні. Такі фактори, як тип і кількість горючого матеріалу, можливих джерел запалювання, діапазони умов навколишнього середовища, а також вартість захищається майна мають вирішальне значення для правильного проектування системи. Інтелектуальне застосування пристроїв виявлення з використанням таких і подібних факторів призведе до максимізації продуктивності системи. Таблиця 1 представляє собою коротке узагальнення критеріїв застосування пожежних сповіщувачів.

Таблиця 1 - Застосування пожежних сповіщувачів за ознаками пожежі

| Ознака пожежі | Швидкість відгуку | Частота помилкових тривог | Вартість | Застосування |
|---------------|-------------------|---------------------------|----------|--|
| температура | повільно | низька | низька | обмежений простір |
| дим | швидко | середня | середня | відкритий або замкнутий простір |
| полум'я | дуже швидко | висока | висока | зберігання та використання ЛЗР і ГР |
| частинки | швидко | висока | висока | відкриті простори - висока концентрація горючого матеріалу |

Теплові пожежні сповіщувачі мають найнижчу вартість і частоту помилкових спрацьовувань, а й є найбільш повільними. Оскільки тепло має тенденцію розсіюватися досить швидко (невеликі пожежі), теплові сповіщувачі знаходять краще застосування в закритих приміщеннях або безпосередньо над небезпеками, де можна було б очікувати виникнення пожежі.

Димові сповіщувачі вище в ціні, ніж теплові, але швидше реагують на пожежу. Через їх більшої чутливості помилкові спрацьовування можуть бути більш частим, особливо при неправильному розміщенні. Значний вплив надає і рух димів, який сильно залежить від повітряних потоків в захищається зоні.

Оскільки дим не розсіюється так швидко, як тепло, то димові сповіщувачі краще підходять для захисту великих відкритих просторів, ніж теплові.

При цьому, димові сповіщувачі більше схильні до пошкоджень від впливу корозії, пилу і екстремальних умов навколишнього середовища, ніж прості теплові сповіщувачі, тому що містять електронні схеми певної електричної потужності, що обмежує кількість підключень до блоку управління.

За останнє десятиліття значний прогрес був досягнутий в розумінні процесів пожежі і його поширення. Хоча ще й багато належить досліджувати, нинішнє розуміння таке, що можна зробити досить точні прогнози розвитку пожежі, використовуючи методи комп'ютерного моделювання. Ці моделі можуть передбачити поведінку пожежі з плином часу, оцінити ефект впливу продуктів згоряння на людину і навколишнє середовище, обладнання та ін.

Таким чином, можливе використання моделювання для оцінки відгуку пристроїв виявлення, необхідних для забезпечення необхідного рівня безпеки для людини або обладнання, оптимізує параметри сповіщувачів, що знизить надмірна кількість помилкових спрацьовувань через високу чутливості з урахуванням того, що сучасна концепція створення системи виявлення складена таким чином, що система реагує на пожежу в ранній стадії значень контрольованих параметрів, що було введено в стандарти протипожежного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко С.Н. Факторы, влияющие на выходной сигнал линейного чувствительного элемента линейного извещателя пламени в режиме зондирования / С.Н. Бондаренко, В.В. Калабанов, С.Г. Алферов // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – вып.38. – С.19-23. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol38/BondarenkoKalabanovAlferov.pdf>.

2. Комяк В.М., Романова Т.Е., Антошкин А.А., Шеховцов С.Б. Особенности построения математической модели задачи покрытия в системах автоматической противопожарной защиты / Антошкин А.А. // Радиоэлектроника и информатика. – 2001. – №. 3. – С. 35–39.

3. Антошкин А.А. Особенности формирования распределительной сети спринклерных установок пожаротушения/ А.А. Антошкин // Проблемы пожарной безопасности.– 2014.– № 36.– С. 17-19.– Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/antoshkin.pdf>.

V.V. Khrystych, Ph.D., associate professor, National university of civil protection of Ukraine
M.V. Malyarov, Ph.D., associate professor, National university of civil protection of Ukraine
S.M. Bondarenko, Ph.D., associate professor, National university of civil protection of Ukraine

ANALYSIS METHODS DEPENDING FIRE DETECTION

The main task of fire detectors are early warning of a fire, so that could be made in a timely manner appropriate action to reduce the effects of fire. Since the fire and the threat emanating from them are growing rapidly, it still means identifying the threat and potential damage from the fire are minimized. The article is a review of the reasons for such dependencies, which include convective flows, thermal radiation, particulate fire, gas and transport processes traffic from the source to the detector characteristics and fire detectors.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В пожарно-профилактической деятельности может возникнуть необходимость проведения следующих инженерных расчетов:

1. физико-химических;
2. теплофизических;
3. гидроаэродинамических;
4. математического моделирования процессов, происходящих при пожаре и др.

Физико-химические расчеты.

Основными видами физико-химических расчетов являются:

- расчет концентрации газов в помещении;
- расчет максимального давления взрыва газо- и паровоздушных смесей;
- расчет концентрации газа в помещении при испарении;
- расчет площади растекания нефтепродуктов;
- расчет максимальной скорости нарастания давления взрыва;
- расчет температуры вспышки жидкостей;
- расчет температуры воспламенения жидкостей;
- расчет температурных пределов распространения пламени.

Большинство приведенных выше расчетов используется при определении категории помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности, а также при определении величины пожарного риска в производственных зданиях. Также они используются при оценке пожарной опасности веществ и материалов, когда натурные испытания провести невозможно (например, после пожара).

Для физико-химических расчетов может быть рекомендованы программные комплексы Mathcad [8], Excel.

Теплофизические расчеты.

В процессе проведения теплофизических расчетов рассматриваются процессы сопряженного теплообмена. Данные расчеты могут применяться для решения следующих задач:

- определения огнестойкости строительных конструкций;
- построения поля температур при прогреве ограждающих конструкций;
- определения возможности воспламенения горючих материалов от различных источников зажигания (от пламени, искры и т.д.);
- расчет динамики пожара в заданных условиях.

Для теплофизических расчетов может быть рекомендована универсальная программная система конечно-элементного анализа ANSYS [7], а также программное средство для выполнения на компьютере разнообразных математических и технических расчетов Mathcad [8].

Гидроаэродинамические расчеты.

Основными видами гидроаэродинамических расчетов являются:

- гидравлический расчет трубопроводов, струй;
- расчеты основных параметров противодымной вентиляции.

В качестве примеров представлено моделирование противодымной защиты [1]. Объект моделирования - номер в высотной гостинице с типовой для гостиницы пожарной нагрузкой.

Моделированием определено время достижения критического уровня воздействия опасных факторов пожара при нефункционирующих системах противодымной защиты и пожаротушения (рис.1, а), при работе системы дымоудаления (рис.1, б) и пожаротушения

(рис.2), а также определено рациональное размещение клапана системы дымоудаления в помещении.

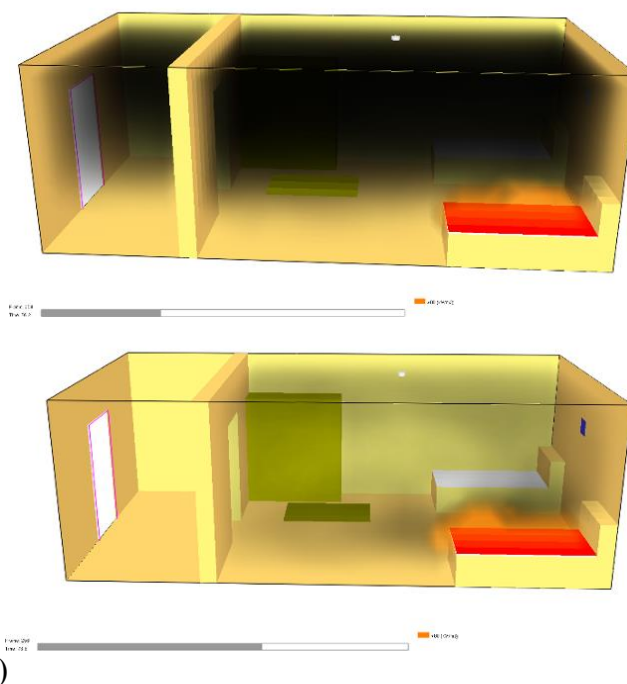


Рис. 1. Модель помещения без (а) и с системой (б) противодымной защиты (76 с от начала пожара).

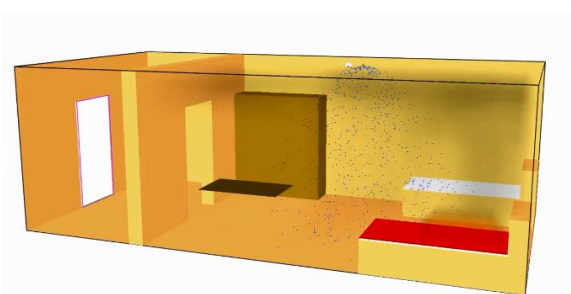


Рис. 2. Модель помещения с работающей системой пожаротушения.

Один из видов противодымной защиты — это создание избыточного давления в защищаемом объеме. Модель фрагмента 16-ти этажного жилого здания с лестничной клеткой типа Н2 [2]. Выполнено численное моделирование противодымной защиты 16-ти этажного здания с лестничной клеткой Н2. Рассчитанные параметры насоса обеспечивают давление на уровне 1 этажа в 20 Па (рис.3).

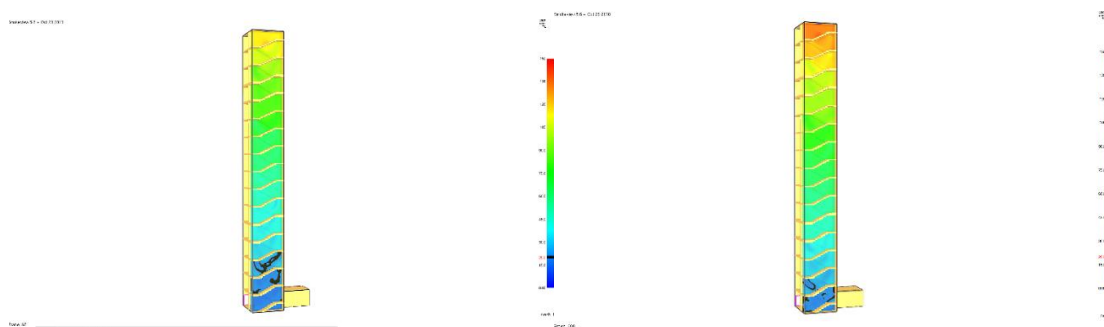


Рис. 3. Поля давлений в лестничной клетке Н2 на 60 и 180 секундах (черная зона – зона давления 20 Па).

Для гидроаэродинамических расчетов может быть рекомендованы универсальные программные комплексы FlowVision [9], FDS [5].

Математическое моделирование процессов, происходящих при пожаре.

Основные виды расчетов:

- прогнозирование развития пожара;
- прогнозирования динамики распространения опасных факторов пожара;
- расчет времени эвакуации;
- расчет величины пожарного риска.

Для расчета параметров пожара полевым методом рекомендуется использование пакета прикладных программ FDS [5]. В качестве примера представлено моделирование нескольких сценариев пожара в учебном заведении [3]. Один из сценариев возможного пожара в клубе, второй в гардеробной были выбраны как наиболее из худших вариантов развития пожара (рис.4).

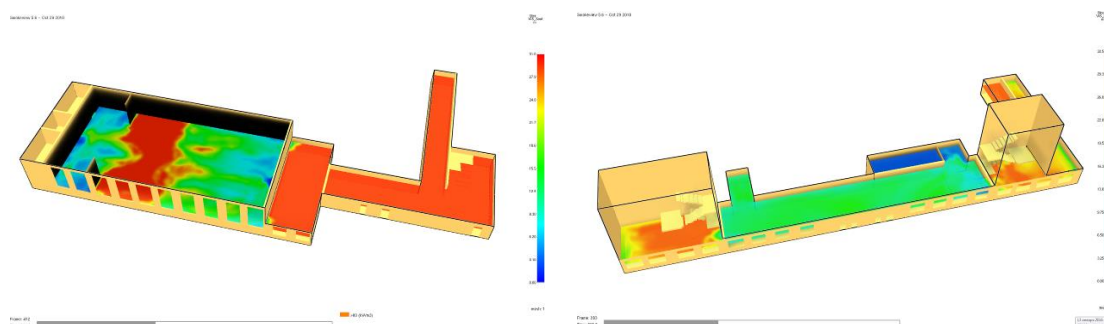


Рис. 4. Поля видимости при условном пожаре в клубе и гардеробе.

Pathfinder - программа для моделирования эвакуации в чрезвычайных ситуациях [6]. Pathfinder позволяет выполнить расчет времени эвакуации и времени существования скоплений по индивидуально-поточной модели движения (рис.5).

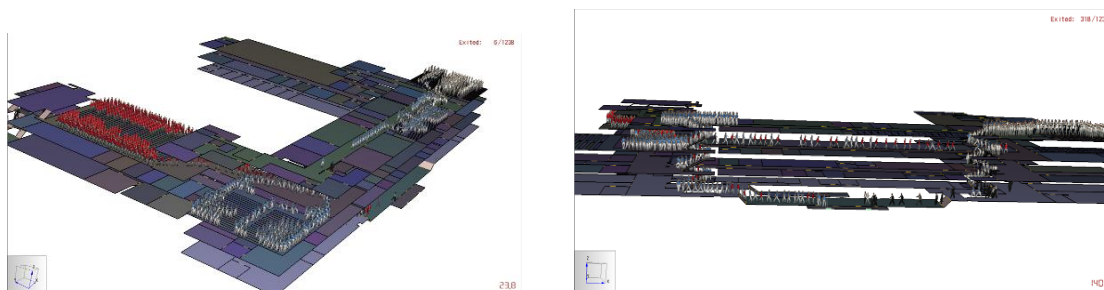


Рис. 5. Моделирование эвакуации с учебного заведения.

Визуализация объектов.

Интерактивное 3D-приложение позволяет визуализировать результаты моделирования. Виртуальный тур или интерактивное 3D-приложение — программный продукт, позволяющий осуществлять визуализацию, навигацию, взаимодействие с 3D-моделью.

Интерактивное 3D-приложение позволяет организовать тренинги для удаленных или опасных производств. Имея 3D-модель нефтебазы или энергоблока АЭС (рис.6), нет необходимости выезжать на объект для проведения обучения: провести подготовку можно и в аудитории, обучаемый не только получит возможность виртуально исследовать объект, но и вместе с инструктором проиграть различные сценарии развития ситуации. Использование интерактивных 3D-приложений повышает уровень пожарной и техногенной безопасности, особенно на опасных производственных объектах.

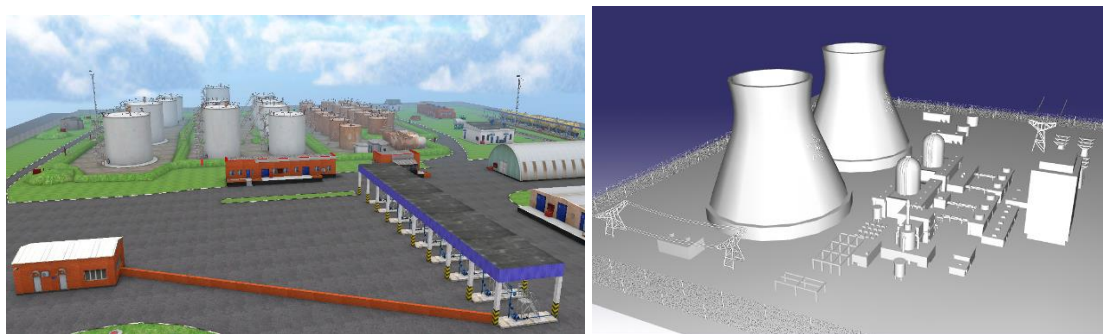


Рис. 6. Модели нефтебазы и энергоблока АЭС.

Вывод. Применение информационных технологий в пожарно-профилактической деятельности позволяет повысить научный уровень, достоверность, доказательное значение и наглядность результатов экспертных исследований и, в целом, добиться качественно нового уровня поддержки обеспечения пожарной безопасности на объектах разных форм собственности и видов деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цвиркун С.В. Обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре в помещении гостиницы высотой более 26,5 м // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2013. – №15. – С. 142-146.
2. Цвиркун С.В., Березовський А.И. Мельник В.П. Моделирование незадымляемых лестничных клеток программно-вычислительным комплексом fire dynamics simulator (FDS). // Науковий вісник будівництва; вип. №1 (79). – Харків : ХНУБА, 2015. – С. 214–219.
3. Цвиркун С.В., Джулай А.Н. Проведение учений по эвакуации в академии пожарной безопасности имени Героев Чернобыля // Материалы 2-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов "Проблемы техносферной безопасности - 2013". Москва. – С. 81–82.
4. Ковалев А.И. Усовершенствование метода оценки огнезащитной способности покрытий железобетонных перекрытий: дисс. кандидата техн. наук : 21.06.02 / Ковалев Андрей Иванович. – К., 2012. – 163 с.
5. Fire Dynamics Simulator [Электронный ресурс] <http://fds.sitis.ru/>
6. Agent Based Evacuation Simulation Advanced movement simulation combined with high-quality 3-D animated results, gives you reliable answers quickly [Электронный ресурс] <http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>
7. Ansys [Электронный ресурс] <http://www.ansys.com/>
8. Mathcad [Электронный ресурс] <http://www.ptc.com/engineering-math-software/mathcad.>
9. FlowVision [Электронный ресурс] <https://fv-tech.com.>

INFORMATION TECHNOLOGIES IN FIRE - PREVENTION ACTIVITIES

В данной статье будет кратко рассмотрено применение информационных технологий кафедрой пожарно-профилактической работы при подготовке специалистов пожарной и техногенной безопасности.

This article will briefly examined the use of information technology of the department of fire-prevention work with the training of fire and technological safety.

СЕКЦІЯ 6. ТАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

Denys Liebidiev, National University of Civil Protection, Kharkov, Ukraine

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

THREE LEVEL COLLABORATION; WHEN COLLABORATION ELEMENTS HAVE AN IMPACT ON THE EMPLOYEES' PRACTICAL PERFORMANCES

Introduction

The concept of collaboration exercises is used in Scandinavia to describe multi-agency exercises aiming to improve integration and professional task distribution, and to solve organizational fragmentation. It has its origins in collaboration trends such as implementing coaching, establishing teams and supporting seamlessness

Aim

The aim of this study was to examine whether exercises contribute to learning that can be useful in actual emergency work, by looking at the professional emergency personnel's perceptions of the impact of collaboration exercises.

Method

Surveys were distributed and collected from emergency personnel in conjunction with traditional collaboration exercises and quasi-experimental exercises. The latter were developed from the findings from the traditional exercises. The survey included personnel holding different positions within the police department, fire department and ambulance services.

Result

A total of 94 professional emergency personnel agreed to participate by answering the survey (95% response rate). The study shows that collaborative elements in exercises contribute to learning, which in turn, has a perceived beneficial effect on actual emergency work. The results of collaboration, learning and their impact on actual emergency work, however, were moderate.

The exercises were characterized by long waiting time and gave few opportunities to practice different strategies. Only a few respondents felt that they learned something about the collaborating organizations' ways of communicating and prioritizing. Many also thought that the exercises were more useful for command officers than for operational personnel. Thus, the study shows that by strengthening the collaborative elements of the exercises, the perception of the participants' actual emergency work can be developed.

A quasi-experimental exercise model was developed, based on the findings and was named three-level collaboration (3LC). It was constructed in such a way that employees from different organizations overlapped each other's tasks. This was accomplished by: having asymmetries included in the scenarios, repeating exercise procedures, testing different strategies, which were discussed at joint seminars.

The exercises were compared to the traditional exercises. At the exercises, 94.3% of the personnel thought that the exercises had a focus on collaboration (traditional exercises, 75.6%). The majority of the emergency personnel (78.5%) responded that they learnt something new during the exercises ($M=4.13$, $SD=1.16$) and more than half (62.9%) expressed to have learnt new things about the collaborating organizations ($M=3.75$, $SD = 1.32$).

Conclusion

This study suggests that exercises are successful when collaboration elements have an impact on the employees' practical actions. It is plausible that such an exercise can result in new thinking patterns, which can be useful in complex and difficult events that require an ability to shift strategies. For the personnel, it is about gaining ability at reading the situation and to switch between different collaboration techniques, depending on how the situation unfolds. In such an exercise, the ability to collaborate synchronously is tested and efforts are customized, together with others to achieve a fast and acceptable result.

Denys Liebidiev, National University of Civil Protection, Kharkov, Ukraine
Amir Khorram-Manesh, Prehospital and Disaster Medicine Center and Gothenburg University, Gothenburg, Sweden

UKRAINIAN EXPERIENCE IN USING MACSIM (MASS CASUALTY SIMULATION) TRAINING

Introduction

Accurate response to major incidents requires accurate decisions on all levels of the chain of actions from command level to the operational level and care of the individual patient. Development, evaluation and training of the process of decision-making requires standardized models providing complete and accurate information as a base for the decision, but also a well-developed command, control, and communication. MacSim is a simulation model that was designed to be used both for evaluation of different methods in the response to major incidents and for training and evaluation of skills in making correct decisions. The system was created providing the information required for this process in the whole chain of management and performance e.g., scene, transport, hospital response, co-ordination and command. Input data were based on real scenarios and real resources.

Aim

The aim of this study was to evaluate the value and efficiency of this system, already used in many EU countries, in Ukrainian perspectives.

Method

A MacSim training session was conducted in Kiev in June 2016. After 2.5 days of training with two different scenarios, 50 participants were asked about the system with two simple questions;

- 1- Is the MacSim system a good system to be used for disaster management training?
- 2- Is the system applicable in Ukraine?

Results

Fifty participants replied to our questions (100 %). All 50 expressed that the system was good and valuable for training in disaster management. In response to second question, 96 % expressed that the system could be used in Ukraine. The two participants that did not answer yes, expressed uncertainty by marking a question mark!

Conclusion

We concluded that MacSim system, created and used in EU, is also an excellent model to be used in non-EU countries with different organizational system

*В.Ю. Беляев, преподаватель
НУГЗ Украины, г. Харьков*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ДОСТАВКИ СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРИРОДНОГО ПОЖАРА

Эффективность борьбы с природными пожарами, возникающими в горных заповедниках или иной труднодоступной местности, в значительной степени определяется оперативностью прибытия и боевого развертывания сил и средств (СС) пожаротушения, которая, в свою очередь, зависит от расстояния между конечной точкой маршрута движения СС и очагом пожара. Отсутствие развитой сети дорог зачастую приводит к необходимости прокладки маршрута движения пожарной техники (ПТ) в условиях бездорожья и невозможности непосредственного подъезда к очагу пожара. Повышенная крутизна рельефа существенно ограничивает возможности движения ПТ, поскольку напрямую влияет на устойчивость пожарного автомобиля, и определяет, таким образом, степень безопасности того или иного маршрута.

Решение навигационной задачи по прокладке безопасного маршрута должно учитывать реальные параметры местности (что может быть осуществлено при использовании ГИС-технологий) и тактико-технические характеристики пожарного автомобиля.

В работе [1] предложена процедура получения новой высокоточной ГИС-модели поверхности рельефа (отличной от общепринятых DEM)

$$Z(x, y) = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{t=0}^{T-1} Z_{st}(x, y) \eta_s(x) \eta_t(y), \quad (1)$$

где $\eta_x^s = \eta(x - h \cdot s) - \eta(x - h \cdot (s + 1))$; $\eta_y^t = \eta(y - h \cdot t) - \eta(y - h \cdot (t + 1))$; $\eta(x)$, $\eta(y)$ - функция Хэвисайда; h - шаг квадратной решетки; $S = [H_x / h]$; $T = [H_y / h]$ - количество ячеек решетки; $Z_{st}(x, y)$ - бикубические сплайны

$$Z_{st}(x, y) = \sum_{u=0}^3 \sum_{v=0}^3 a_{uv}^{st} (x - x_s)^v (y - y_t)^u, \quad (2)$$

где x_s, y_t - значения абсциссы и ординаты векторизированных горизонталей рельефа в узлах регулярной квадратной решетки; a_{uv}^{st} - коэффициенты, полученные из условий гладкой сшивки $Z_{st}(x, y)$ с использованием метода Кунса.

Данная модель может быть получена на основе оцифровки графической информации (изображений горизонталей рельефа), содержащейся в обычных «твердых» картах. Достоинством данной модели является ее аналитичность, что позволяет использовать ее при прогнозировании динамики разного рода природных ЧС, в т.ч. – лесных пожаров в горах [1]. Модель позволяет находить крутизну склона $\alpha(\varphi; x; y)$ в произвольном азимутальном направлении φ .

Маршрут будет считаться безопасным, если движение автомобиля будет устойчивым на всем его протяжении, т.е. когда проекция центра масс $(x_c; y_c)$ автомобиля будет оставаться в пределах проекции его основания. В связи с этим, не всякое направление движения автомобиля в условиях бездорожья является допустимым.

Нахождение области Φ допустимых значений азимутального угла φ ориентации автомобиля, при которых проекция центра масс оказывается внутри границы проекции основания, можно осуществить решением неравенства

$$R(x_c(\varphi), y_c(\varphi)) \leq 0, \quad (3)$$

получаемого подстановкой координаты проекции центра масс в R-уравнение [2] контура проекции основания. В общем случае такое решение представляет собой объединение от 0 до 4 (по количеству сторон основания АС) интервалов и зависит как от ТТХ данного автомобиля, так и от крутизны склона α в азимутальном направлении φ в каждой точке $(x; y)$ маршрута.

Численное решение неравенства (3) в каждой вершине ломаной, аппроксимирующей маршрут, является затратным, что снижает оперативность нахождения решения, тем самым – снижает практическую ценность данной процедуры.

Предложено аналитическое решение данной задачи, существенно ускоряющее нахождение допустимых направлений движения ПТ в каждой точке области, что в дальнейшем позволит найти изохроны движения пожарного автомобиля и его оптимальный маршрут к очагу природного пожара на основе модифицированного алгоритма «встречной волны»[3].

Литература

1. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е., Тарасенко А.А. Моделирование пожаров, их обнаружения, локализации и тушения. – Харьков: НУГЗУ, 2011. – 927 с.
2. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.
3. Беляев В.Ю., Тарасенко А.А., Туркин И.Б. Нахождение оптимального маршрута эвакуации населения по существующей сети автодорог // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2011. - Вип. 13. - С. 39-46.

С.А. Виноградов, к.т.н., доц., НУЦЗУ
Л.М. Соколов, НМЦ ВНЗ ДСНС України

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКІДЛИВИХ ЧИННИКІВ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ ТА ЇХ НЕБЕЗПЕКА

Аварійно-рятувальні роботи (АРР) - роботи, спрямовані на пошук, рятування і захист населення, уникнення руйнувань і матеріальних збитків, локалізацію зони впливу небезпечних чинників, ліквідацію чинників, що унеможливають проведення таких робіт або загрожують життю рятувальників [1].

Аварійно-рятувальні роботи на зруйнованих будівлях включають в себе пошуково-рятувальні роботи та невідкладні аварійно-відновлювальні роботи [2]. При цьому виконуються наступні види АРР: розвідка зони аварії, пошук постраждалих, звільнення постраждалих з-під уламків, надання їм невідкладної медичної допомоги та транспортування їх до пункту прийому.

Найбільш працевитратним є етап звільнення постраждалих з завалів. Деблокування та звільнення постраждалих з завалів може здійснюватися наступними способами:

- розбиранням завалу зверху;
- влаштуванням лазу в завалі;
- улаштуванням галереї.

Не зважаючи на спосіб звільнення постраждалих з завалів, під час виконання робіт рятувальникам необхідно укріплювати або руйнувати конструкції будівель [2]. Руйнування конструкцій є найбільш працевитратним етапом деблокування постраждалих після ручного вилучення уламків конструкцій. Для того, щоб зменшити працевитрати на руйнування конструкцій, аварійно-рятувальними формуваннями використовується аварійно-рятувальний інструмент, використання якого тягне за собою виникнення небезпечних та шкідливих чинників, що діють на персонал та постраждалих. Метою роботи є визначення небезпечних та шкідливих чинників АРР та їх безпеку.

Згідно з [3], шкідливі та небезпечні виробничі чинники за природою дії підрозділяються на наступні групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Ураховуючи специфіку проведення АРР на зруйнованих будівлях, шкідливі та небезпечні чинники АРР, що можуть діяти на персонал та постраждалих наведені на рис. 1.



Рис. 1. Небезпечні та шкідливі чинники аварійно-рятувальних робіт

Відзначимо, що наявність біологічних чинників не залежить від того, сталася аварійна або надзвичайна ситуація, окрім випадків аварій на спеціальних об'єктах. Тому у загальному випадку руйнувань будівель житлового фонду біологічні чинники відсутні.

Нервово-психічні перевантаження є специфічним чинником праці, пов'язаною з рятуванням постраждалих, ліквідацією надзвичайних ситуацій та іншими подібними роботами. Вони присутні завжди та залежать від стану працівників та умов праці. Усуненням цих чинників займаються психологи ДСНС України.

Хімічні чинники залежать тільки від виду надзвичайної ситуації та об'єкту, на якому вона сталася. Для надзвичайних ситуацій, що пов'язані з руйнуванням будівель, хімічні чинники не є характерними, тому враховувати їх вплив на організм людини не будемо.

Найбільш значущими щодо впливу на персонал та постраждалих під час проведення аварійно-рятувальних робіт є фізичні чинники. Розглянемо послідовно всі зазначені на рис. 1 фізичні чинники та їх вплив на організм людини.

Першим чинником фізичної групи небезпечних та шкідливих чинників АРР є конструкції, що руйнуються. Виникнення цього чинника, головним чином залежить від дотримання правил проведення аварійно-рятувальних робіт. Якщо АРР проводяться у відповідності до методології, то раптове руйнування конструкцій не виникає. Інше, коли руйнування конструкцій здійснюється рятувальниками в рамках аварійно-рятувальних робіт. Таке руйнування конструкцій не може завдати шкоди постраждалим та персоналу, але призводить до виникнення додаткових фізичних шкідливих та небезпечних чинників (рис. 1).

Пил — дрібні тверді частинки в повітрі, які осідають під дією власної ваги, але деякий час можуть перебувати в повітрі у зваженому стані [4].

Під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і проведення аварійно-рятувальних робіт у повітрі переважає пил будівельних матеріалів. Пил будівельних матеріалів можна розділити на органічний і неорганічний (мінеральний).

До органічного пилу відноситься деревний пил, що виділяється у всіх галузях деревообробної промисловості, пил різноманітних пластмас, оздоблювальних тканин, вати, поліефірних смол. Неорганічної є пил сировинних матеріалів гірських порід та будівельних матеріалів вторинної обробки.

Найбільшу небезпеку для людини становлять частинки пилу розміром до 5 мкм. Вони легко проникають в легені і там осідають, викликаючи розростання сполучної тканини, яка не здатна передавати кисень з вдихуваного повітря гемоглобіну крові і виділяти вуглекислий газ. Професійні захворювання, що розвиваються при цьому, називають пневмоконіозами. Форма пневмоконіозів залежить від виду пилу, що вдихається: силікоз - при вдиханні кварцодержащих пилу, силікатози - силікатної пилу, антракоз - вугільного пилу та ін. Цементний пил при потраплянні на зволожену слизову оболонку «схоплюється» з водою, утворюючи при цьому на слизовій носа, горла цементні камені, що викликає біль, кашель, сухість у роті, а також мацерацію слизової і кровотечі. При тривалому впливі цементного пилу у робітників може спостерігатися гіпертрофія, а надалі атрофія слизової оболонки верхніх дихальних шляхів [80]. В окремих випадках можливе прорив носової перегородки. Дратівливу і припікаючу дію цементного пилу проявляється і на кон'юнктиві очей, і на шкірних покривах

Шум - коливання частинок навколишнього середовища, що сприймається органами слуху людини як небажані сигнали [5].

Вібрація - рух матеріальної точки або механічної системи, при якому чергове зростають і спадають за часом значення величини, що характеризує цей рух [6].

Рядом авторів встановлено, що шкідлива дія шуму на організм людини й навколишнє природне середовище відчутніша при зростанні частоти звуку. Доведено, що перевищення допустимої норми рівня шуму (80 дБ) на 1 дБ призводить до зростання професійних захворювань на 20-30 % та зниження продуктивності праці на 1 %.

За твердженнями фахівців Українського гігієнічного центру при МОЗ України, близько 40 % загальної площі середньостатистичного міста (з населенням 750 тис. мешканців) непридатні для забезпечення належного рівня проживання через надмірне акустичне забруднення. У містах з мільйонним населенням мешканці будинків, що знаходяться близько до магістральних вулиць, зазнають значного шумового навантаження, яке у деяких випадках сягає 83—90 дБА, причому у 55—86 % джерелом підвищеного шуму є автотранспорт. А гранично допустимий рівень шуму на територіях, що прилягають до житлових будинків, протягом доби має становити 70 дБА від 7-ї до 23-ї години, і 60 дБА — від 23-ї до 7-ї години.

Не менш шкідливою для людини є вібрація, яка спричиняє розлад центральної нервової системи, вібраційну хворобу, вібраційний поліартрит нижніх і верхніх кінцівок людини, тріщини в кістках, випадіння волосся.

Під дією вібрації виникають функціональні зміни в організмі людини-оператора: погіршення зору; порушення вестибулярного апарату; галюцинації; швидка втомлюваність. Негативні відчуття внаслідок вібрації виникають при віброприскореннях, що становлять 5 % віброприскорення від сили маси людини, тобто $0,5 \text{ м/с}^2$. Особливо шкідлива вібрація з частотами, близькими до частот власних коливань тіла людини, більшість з яких знаходиться у межах 6—30 Гц.

Виявлено, що шум сповільнює ріст рослин, у них спостерігається надмірне (навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливе порушення структури клітин. Аналогічно впливає шум і на тварин. Тваринний організм, як і людський, унаслідок дії шуму зазнає значних розладів: нервових, серцево-судинних, погіршення слуху. До дії шуму тварина звикає ще повільніше, ніж людина.

Таким чином, одним з напрямків удосконалення аварійно-рятувального інструменту повинно бути спрямоване на усунення небезпечних та шкідливих чинників, що виникають під час його роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Відомості Верховної Ради, 2013. - № 34-35. – 458 с.
2. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій : Посіб.: Ч. 1 / В.Г. Аветисян, М.І. Адаменко, В.Л. Александров та ін. ; під заг. ред. В.Н. Пшеничного . – К. : Основа, 2006 . – 240 с
3. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
4. Алиев Г. М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справочное издание / Г. М. Алиев. – М.: Металлургия, 2001. – 544 с.
5. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення.
6. ДСТУ 2300-93 Вібрація. Терміни та визначення

S.A. Vinogradov, PhD, NUCDU

L.N.Sokolov, SMC HEE SSES of Ukraine

ANALYSIS OF DANGEROUS AND HARMFUL FACTORS OF RESCUE WORKS AND THEIR RISK

The article describes the features of rescue damaged buildings and hazardous factors arising from this. Identified risk factors for these rights.

Д.П. Дубінін, канд. техн. наук., НУЦЗУ
 А.А. Лісняк, канд. техн. наук., доцент, НУЦЗУ

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИБУХУ ЗАРЯДУ З СУМІШІ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО БАР'ЄРУ

Математичне моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження. Використання математичного апарату і сучасної обчислювальної техніки дозволяють скоротити матеріальні затрати на дослідження різних складних процесів щодо боротьби з природними пожежами. Розглянемо можливість застосування відомих моделей для дослідження ударної дії вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів за рахунок створення протипожежного бар'єру для локалізації природної пожежі.

В даний час існує чимала кількість робіт [1, 2, 3,] в яких розглядаються математичні моделі, що описують різні процеси і параметри, характерні для локалізації природних пожеж за рахунок створення протипожежних бар'єрів. У роботі [1] розроблена математична модель взаємодії ударних хвиль з рослинністю і фронтом природних пожеж стосовно конденсованих вибухових речовин. Стосовно вибуху зарядів з суміші вибухонебезпечних газів, відома модель вимагає удосконалення, що викликано зміною початкового розподілу термодинамічного стану продуктів вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів в порівнянні із станом продуктів вибуху конденсованих вибухових речовин. Крім того, рішення задачі не може бути отримане в автотельному вигляді, як це зроблено в роботі [1], оскільки розширення продуктів детонації заряду з суміші вибухонебезпечних газів не підкоряється законам сильного вибуху.

Враховуючи відмінність термодинамічних властивостей продуктів детонації від повітря тому постановка задачі здійснювалася для суміші, що складається умовно з двох компонентів – газоподібних продуктів детонації і повітря. Математична модель вибуху заряду з суміші вибухонебезпечних газів у фітоценозі має вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial (P + \rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial \rho uv}{\partial y} + \frac{\partial \rho uw}{\partial z} = f_x, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \frac{\partial \rho uv}{\partial x} + \frac{\partial (P + \rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial \rho vw}{\partial z} = f_y, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \frac{\partial \rho uw}{\partial x} + \frac{\partial \rho vw}{\partial y} + \frac{\partial (P + \rho w^2)}{\partial z} = f_z, \quad (4)$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial [(E + P)u]}{\partial x} + \frac{\partial [(E + P)v]}{\partial y} + \frac{\partial [(E + P)w]}{\partial z} = 0, \quad (5)$$

де $f_x = -sc_d \cdot \rho u \sqrt{u^2 + w^2}$; $f_z = -sc_d \cdot \rho w \sqrt{u^2 + w^2}$ – проекція сили опору на осі координат (sc_d – параметр, що характеризує силу опору одиниці об'єму фітоценозу); ρ , T , P – густина, температура і тиск газової фази, відповідно; e – внутрішня енергія одиниці маси газової фази; t – час; u , w – компоненти вектора швидкості газового потоку \vec{q} ; x , z – координати в декартовій системі координат вздовж земної поверхні; R_a – масові швидкості утворення компонентів газової фази; c_a – масова концентрація утворення газової фази; s – питома поверхня фітомаси пологоу лісу; c_d – емпіричний коефіцієнт опору

пологу лісу; N – кількість компонентів суміші газів; v – складова вектора швидкості газового потоку \vec{q} по осі Ox ; y – декартова координата по осі, перпендикулярній земній поверхні; E – повна енергія одиниці об'єму суміші газів: $E = \rho \left(e + \frac{1}{2} (u^2 + v^2 + w^2) \right)$.

Закон переносу компонентів суміші з урахуванням швидкості дифузії має вид:

$$\frac{\partial(\rho Q)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u Q)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v Q)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w Q)}{\partial z} = \rho_{Qt}, \quad (6)$$

де Q – відносна масова щільність домішки (відношення щільності газоподібної речовини домішки до щільності суміші), ρ_{Qt} – інтенсивність зміни щільності домішки внаслідок дифузії (відповідно до закону Фіка – $\rho_{Qt} = \text{div}(\rho \vartheta_D \text{grad} Q)$; ϑ_D – коефіцієнт дифузії, що визначався по методиці М.Е. Берлянда[4].

На відміну від моделі [1], в запропонованій моделі (1-5) враховані процес дифузії і сила вітру, що дозволяє досліджувати переміщення газових мас на стадіях надзвукового та дозвукового розширення продуктів вибуху.

Розрахункова область включає рослинний масив із однорідними властивостями по висоті дерев, розташований в ньому заряд з суміші вибухонебезпечних газів і частина приземного шару атмосфери. Швидкість набігаючого потоку вітру задавалася рівною $q_z = 3$ м/с як середня швидкість вітру для м. Харкова і Харківської області [6].

Для початкових умов з одним зарядом з суміші вибухонебезпечних газів досліджувалися розрахункові варіанти з діаметром заряду $d = \{0,95; 1,3; 1,8\}$. Коефіцієнт опору середовища в разі реалізації вибуху в листяному і змішаному лісі, а також поверх наземного горючого матеріалу може відрізнитися від коефіцієнта опору середовища для молодого густого хвойного лісу. Тому, в моделі коефіцієнт опору мав значення $sc_d = \{0,5; 0,6; 0,7\}$. Товщина шару наземного горючого матеріалу приймалася рівною $h = 0,1$ м.

Таким чином, початкові умови для мають наступний вид:

В області детонації заряду з суміші вибухонебезпечних газів:

$$\left(y - h - \frac{d}{2} \right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} \right)^2 < \frac{d^2}{4}, \quad 0 < x < H_x, \quad (7)$$

приймалося: $P|_{t=0} = 1,4$ МПа; $T|_{t=0} = 3480$ К; $\gamma|_{t=0} = 1,267$, $u|_{t=0} = 0$; $v|_{t=0} = 0$; $w|_{t=0} = 0$; $N|_{t=0} = 1$.

В області повітряного простору:

$$h < y < H_y, \quad 0 < x < H_x, \quad 0 < z < H_z, \quad \left(y - h - \frac{d}{2} \right)^2 + \left(z - \frac{H_z}{2} \right)^2 \geq \frac{d^2}{4} \quad (8)$$

приймалося: $P|_{t=0} = 0,1$ МПа; $T|_{t=0} = 293$ К; $\gamma|_{t=0} = 1,4$; $u|_{t=0} = 0$; $v|_{t=0} = 0$; $w|_{t=0} = 3$ м/с; $N|_{t=0} = 0$.

В області фітоценозу:

$$0 < y < h, \quad 0 < x < H_x, \quad 0 < z < H_z, \quad (9)$$

приймалося: $P|_{t=0} = 0,1$ МПа; $T|_{t=0} = 293$ К; $\gamma|_{t=0} = 1,4$; $u|_{t=0} = 0$; $v|_{t=0} = 0$; $w|_{t=0} = 0$ м/с; $N|_{t=0} = 0$.

Таким чином, граничні умови мають наступний вид. Земна поверхня в розрахунках представлялася у вигляді множини непроникних ділянок, які у сукупності моделюють розрахункову область поверхонь [7]. На цих поверхнях виконувалася умова не протікання: $q\vec{n} = 0$, де \vec{n} – вектор нормалі до даної поверхні.

При постановці граничних умов вважається, що витратна складова швидкості вітру не перевершує швидкість звуку. Набігаючий потік газоподібної речовини на вході певної ділянки визначається величинами:

$$- \text{повної ентальпії } I_{00} = \frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{P}{\rho} + \frac{1}{2} (u^2 + v^2 + w^2), \quad (10)$$

$$- \text{функції ентропії } S_0 = \frac{P}{\rho^\gamma}, \quad (11)$$

– відносною масовою густиною домішки Q ($Q \leq 1$, при надходженні газоподібної речовини домішки).

В запропонованій моделі враховані процес дифузії і сила вітру, що дозволяє досліджувати переміщення мас на пізніх стадіях розширення продуктів вибуху та розглядати процеси, що виникають при вибуху зарядів з суміші вибухонебезпечних газів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – М.: Наука, 1992. – 408 с.
2. Абрамов Ю.А. Моделирование пожаров, их обнаружения, локализации и тушения / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов, А.А. Тарасенко. – Х.: НУГЗУ, 2011. – 927 с.
3. Гербут Ф.Ф. Лісова пірологія / Ф.Ф. Гербут, – Ужгород: УНУ ГФ, 2012. – 103 с.
4. Фізика / І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, Г.А. Ільчук, Б.М. Романишин. – Л.: Афіша, 2005. – 385 с.
5. Говаленков С.В. Математическое моделирование параметров взрыва объемно-шлангового заряда в пологе леса. / С.В. Говаленков, Д.П. Дубинин // Системи обробки інформації: – Х., 2011. – № 2 (92). – С. 282 – 285.
6. Статистические данные про Климат Харькова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Харькова
7. Дубінін Д.П. Моделювання вибухової хвилі з урахуванням впливу рослинності при лісових пожежах / Д.П. Дубінін, С.В. Говаленков // Проблемні питання службово-бойового застосування сил охорони правопорядку на сучасному етапі: науково-практична конференція, 4 – 5 березня 2008 р.: тези доповідей. – Х., 2008. – С. 257 – 258.

D.P.Dubinina, Cand. ofSc. (Eng.), Senior Lecturer, National University of Civil Protection of Ukraine

A.A.Lisnyak, Cand. ofSc. (Eng.), Head of department, National University of Civil Protection of Ukraine

IMPROVED MATHEMATICAL MODEL OF THE EXPLOSION OF THE CHARGE OF A MIXTURE OF EXPLOSIVE GASES TO CREATE FIRE BARRIERS

The paper provides a mathematical model of the explosion of charges of a mixture of explosive gases. Furthermore, this model allows us to investigate processes occurring in the explosion of the charge of a mixture of explosive gases. Established initial and boundary conditions, which are necessary for the numerical calculation of the charge of the explosion of a mixture of explosive gases to create fire barriers.

АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ЗБУДЖЕННЯ ВИБУХУ БОЄПРИПАСІВ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

В умовах сучасної соціально-політичної ситуації в державі особливої уваги потребують надзвичайні ситуації, що виникали і мають велику ймовірність виникнути на базах, арсеналах, сховищах та складах боєприпасів і вибухових речовин (ВР), а також складах зберігання ракетного палива, паливно-мастильних матеріалів.

Надзвичайна концентрація військових баз в окремих регіонах країни обумовлюють велику ймовірність виникнення аварійних ситуацій, що несуть загрозу населенню та персоналу цих об'єктів. Аварії на таких об'єктах, які мали місце у минулому десятиріччі, засвідчили, що вони здатні досягати рівня НС, негативно впливати на довкілля, а також загрожувати населенню та об'єктам економіки.

Одним з найбільш значних факторів ризику арсеналів, баз та складів зберігання озброєння та боєприпасів є їх вибухопожежонебезпека. Від вибору систем забезпечення протипожежного захисту таких об'єктів залежить живучість як в нормальних умовах, так і при виникненні надзвичайної ситуації.

Живучість об'єктів зберігання військових засобів ураження, які існують на території України, є їх здатність виконувати свої функції в обсязі не нижче заданого рівня протягом визначеного періоду часу в екстремальних умовах діяльності.

Однак цілий ряд факторів, що з'явилися в останні роки (надзвичайні ситуації пов'язані з пожежами та вибухами боєприпасів на базах зберігання внаслідок вчинення терористичних актів або диверсій) дає підставу зробити висновок про те, що проблема забезпечення живучості на необхідному рівні стає усе більш актуальною.

Причини, що викликають виникнення пожеж і вибухів, можливо розділити на дві групи - об'єктивні і суб'єктивні. Серед об'єктивних причин найбільш актуальними є: диверсії; вплив блискавок під час грози; лісові пожежі; катастрофи повітряних об'єктів над територією баз зберігання боєприпасів. А серед суб'єктивних - порушення правил техніки безпеки й експлуатації боєприпасів; порушення правил пожежної безпеки; наявність серед придатних боєприпасів вчасно не виявлених небезпечних у використанні; простріл кулею штабеля боєприпасів.[1,2]

Забезпечення необхідного рівня живучості є задачею першорядної важливості. Це є найважливішим напрямком повсякденної діяльності не тільки об'єктів зберігання боєприпасів, а й держави. Розроблення заходів підвищення живучості об'єктів зберігання боєприпасів повинна базуватись на науково обґрунтованих методиках аналізу небезпеки об'єкта. Аналіз небезпеки об'єкта проводиться на основі докладного розгляду його стану згідно з вимогами міжгалузевої і галузевої нормативної документації, рекомендацій довідкової і науково-технічної літератури, а також з урахуванням аварій і аварійних ситуацій, що відбувалися на ньому та аналогічних (об'єктах). В основу такого аналізу необхідно закласти відповідні критичні параметри впливу серед яких необхідно в першу чергу розглянути критерії збудження вибуху.

Процес збудження вибуху кількісно оцінюються різними методами, але до наступного часу нема єдиного підходу до оцінки критичних параметрів даного процесу під час обґрунтування небезпеки виникнення вибухів на складах боєприпасів.

На основі аналізу теоретичних і експериментальних даних про явище вибуху конденсованих високо енергетичних матеріалів необхідно сформулювати критерій збудження вибуху для боєприпасів, що зберігаються. У зв'язку з цим є доцільним для оцінки відповідного критерію розглянути енергетичну та геометричну складові.

Енергетична складова розглядається як значення щільності енергії W_{36} , яка повинна бути направлена для збудження вибуху. Під час вибухового перетворення

обов'язково повинні відбутись руйнування деяких зв'язків в молекулах. Для типових штатних ВР значення енергії руйнування зв'язків складають декілька електрон-вольт на зв'язок або декілька десятих долей мегаджоулей на моль: $n \cdot 10^5 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Дж}}$, де n число в межах

$$1 < n < 10. [4]$$

При здійсненні вибухового перетворення шляхом детонації, відповідна реакція відбувається в зоні хімічного піка безпосередньо за фронтом детонаційної хвилі [5]. Ширина зони хімічного піка типових штатних ВР складає $n \cdot (10^{-4} - 10^{-3})$ м., при швидкості детонації $n \cdot 10^3$ м/с, часу реакції $n \cdot (10^{-7} - 10^{-6})$ с. Виходячи з висновків, що при таких часових параметрах реакція на зовнішній вплив не залежить від агрегатного стану матеріалу і, як наслідок, для стійкості хімічної реакції необхідно, щоб вона розпочиналась з кількості речовини не менше 1 моля [4], визначаємо щільність енергії, необхідної для руйнування зв'язків в 1 молі ВР:

$$W = \frac{n \cdot 10^5}{10^{24} \cdot 10^{-27}} \approx n \cdot 10^8, \text{ Дж/м}^3 \quad (1)$$

Розрахунок зроблений при врахуванні, що розмір молекули штатного складу ВР дорівнює $d_{\text{мол}} = 10^{-9}$ м³, а об'єм одного моля $V_{\text{моль}} = N_A \cdot d_{\text{мол}}^3$, м³, де $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ - число Авогадро.

Значення $W_{\text{зб}}$ для штатного бризантної ВР розглянемо при нагріванні матеріалу та при впливі ударної хвилі у ВР.

Розглянемо ізобаричний статичний нагрів матеріалу від початкової температури T_0 до температури спалаху $T_{\text{сп}}$. Тоді щільність енергії, яка необхідна для цього вираховується за формулою:

$$W_{\text{тепл}} = \rho \cdot C_p (T_{\text{сп}} - T_0), \quad (2)$$

де ρ - щільність ВР, кг/м³; C_p - питома теплоємність при постійному тиску, кал/кг.

Використовуючи для розрахунку типичні значення відповідних параметрів $\rho = 1,6 \cdot 10^3$ кг/м³, $C_p = 1,5 \cdot 10^3$ кал/кг, $(T_{\text{сп}} - T_0) = 2 \cdot 10^2$ К [5], отримуємо значення $W_{\text{тепл}} = 5 \cdot 10^8$ Дж/м³.

Під час оцінки впливу ударної дії хвилі, яка виникла та розповсюджується у ВР необхідно розглянути P-V діаграму детонаційної хвилі [4], а $W_{\text{тепл}}$ можна визначити по формулам робіт на основі співвідношень між кінематичними параметрами ударної хвилі, швидкістю детонаційної хвилі та масової швидкості, яка розрахована при типових значеннях і дорівнює $W_{\text{тепл}} = 5,5 \cdot 10^8$ Дж/м³ [4].

Геометричну складову необхідно обґрунтовувати на основі поняття про «критичний діаметр». Для визначення критичного діаметру заряду, при якому є можливість вибуху, пропонується використати положення класичної теорії детонації [5], відповідно до якої стійка детонація виникає при умові, що швидкість детонації дорівнює $D = \text{const}$, а це можливо якщо діаметр заряду відповідає інтервалу $d < d_{\text{крит}}$, де $d_{\text{крит}}$ - критичний діаметр детонації, при якому $D = 0$.

Із відповідних досліджень[4] відомо, що $\frac{d_{\text{гран}}}{d_{\text{крит}}} \approx 10$ (де $d_{\text{гран}}$ - діаметр заряду при якому детонація стає стійкою), а $d_{\text{крит}} \approx n \cdot 10^{-3}$ м.

Крім того, при введенні відповідного поняття сформульовано твердження [4], яке зводиться до наступного: чим менше швидкість виділення енергії (v , м/с) в екзотермічній реакції, тим більше критичний діаметр ($d_{\text{крит}}$) заряду. На основі цього отримані відповідні результати $d_{\text{крит}} \cdot v \geq 1 \text{ м}^2/\text{с}$ [4]. А геометричну складову критерію необхідно сформулювати так: множення розміру d , де відбувається збудження вибуху, на швидкість виділення енергії (v) в екзотермічній реакції повинно бути не менше 1 ($d_{\text{крит}} \cdot v \geq 1 \text{ м}^2/\text{с}$).

Таким чином на основі аналізу теоретичних і експериментальних даних про явище вибуху конденсованих високо енергетичних матеріалів сформульований критерій збудження вибуху для боєприпасів, що зберігаються, який містить енергетичну та геометричну складову: $W_{\text{зб}} \geq 5 \cdot 10^8 \text{ Дж/м}^3$, $d \geq \frac{1}{v}$.

Це дає можливість розробити єдиний науково обґрунтований підхід до оцінки критичних параметрів процесу збудження вибуху під час обґрунтування небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання військових засобів ураження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко М.І. Безпека зберігання вибухових речовин та боєприпасів [Текст] / Адаменко М.І., Гелета О.В., Квітковський Ю.В., Росоха В.О., Федюк І.Б. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 337 с.
2. Захматов В. Аналіз сучасного забезпечення живучості арсеналів, баз, складів ракет і боєприпасів Збройних Сил України [Текст] / В.Захматов // Надзвичайна ситуація. Центральне видання МНС України. – К: Чорнобильінтерінформ, 2008. – Вип. 5. – С14-17.
3. Захматов В. Аналіз сучасного забезпечення живучості арсеналів, баз, складів ракет і боєприпасів Збройних Сил України [Текст] / В.Захматов // Надзвичайна ситуація. Центральне видання МНС України. – К: Чорнобильінтерінформ, 2008. – Вип. 7. – 38-41.
4. Ильин В.И. Анализ критериев возбуждения взрыва [Текст] / В.И. Ильин, А.П. Рыбаков, В.В. Козлов. // Известия Челябинского научного центра. – Снежинск: РФЯЦ-ВНИИТФ, 2006. – Вип. 4(34). – С. 21-25.
5. Андреев К.К. Теория взрывчатых веществ [Текст] / К.К. Андреев, А.Ф. Беляев. – М.: Оборонгиз, 1960. – 596 с.

Kateschenok A.V. Center of labor protection and fire-technical supervision Security Service of Ukraine

THE ANALYSIS OF EXCITATION EXPLOSIONS AT THE FACILITY STORAGE OF MILITARY VEHICLES

Based on the analysis of theoretical and experimental data on the phenomenon of the explosion of highly condensed energy materials formulated energy and geometric components criterion excitement explosion

ОБҐРУНТУВАННЯ ЧАСУ СЛІДУВАННЯ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДО МІСЦЯ ПОЖЕЖІ В СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

Протягом 2015 року у сільській місцевості України виникла 35601 пожежа, що становить 44,74 % від загальної кількості пожеж. У порівнянні з 2014 роком їх кількість збільшилась на 36,9 %. Прямі збитки від пожеж у сільській місцевості склали 646 млн. 731 тис. грн., що на 26,3 % більше, ніж за минулий рік, побічні збитки склали 1 млрд. 739 млн. 143 тис. грн., що на 56,9 % менше, ніж за 2014 рік. Статистика пожеж в сільських населених пунктах свідчить про те, що більша частина пожеж в житловій зоні, що виникає усередині будинку при зачинених вікнах та дверях, розповсюджується назовні через 20-30 хвилин, а при відчинених – протягом декількох хвилин.

Унаслідок пожеж у сільській місцевості загинуло 1 096 осіб, що на 6,5 % менше, ніж за минулий рік та смертність дітей під час пожеж у сільській місцевості склала 42 дитини проти 39 за 2014 рік. Основними причинами виникнення пожеж в населених пунктах – є вплив соціального фактору (необережне поводження з вогнем, паління, експлуатація електроприладів, пічного опалення та пустощі дітей з вогнем) [8]. В сільській місцевості України нараховується 6,3 млн. житлових будинків, 99 % перебуває у приватній власності. Забезпеченість сільського населення житлом (24 м² на одного мешканця) майже на 20 % вища, ніж у містах, але якість сільського житлового фонду, з точки зору забезпечення пожежної безпеки, значно нижча від міського. Майже 70 % сільських будинків споруджено до 1970 року; лише 18 % житла обладнано водопроводом, 13 % – каналізацією, 20 % центральним опаленням, 29 % – природним газом. Переважна кількість будівель III ступеня вогнестійкості - 48 %, IV ступеня вогнестійкості – 16 % та V ступеня вогнестійкості – 9 %. На сьогоднішній день середньорічне введення в дію житлових будинків на селі становить всього 0,3 % від наявного житлового фонду, обсяги його втричі менші від рівня 1990-х років [9].

Сучасні сільські населені пункти, особливо районні центри, за своєю архітектурою благоустроєм та плануванням мало відрізняються від невеликих міст. Усю територію сільського населеного пункту можна умовно розподілити на житлову та виробничу зони. У центрі населеного пункту розташовуються адміністративні споруди – кінотеатри, клуби, палаци культури, школи, дошкільні дитячі заклади, торгові і побутові підприємства тощо. Адміністративні та громадські центри забудовуються будинками від трьох до п'яти поверхів і вище. Решту площі сільського населеного пункту займають, як правило, одно- або двоповерхові приватні будинки.

Отже, складна оперативно-тактична характеристика сільських населених пунктів зумовлює особливі вимоги до організації гасіння пожеж у житлових та виробничих зонах і залучення для цього необхідних сил та засобів.

Основним оперативним завданням особового складу пожежно-рятувальних підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту є рятування людей у разі виникнення загрози їх життю, ліквідування пожежі в тих розмірах, яких вона набула на момент прибуття пожежно-рятувального підрозділу, та надання допомоги в ліквідуванні наслідків аварій, катастроф і стихійного лиха [3].

Фактору часу завжди приділялося велике значення в пожежно-рятувальній справі – не години, а хвилини, іноді навіть секунди здатні вирішити долі людей та можливі матеріальні наслідки пожежі.

Ефективність рятування людей на пожежах в значній мірі залежить від часу прибуття на місце подій оперативно-рятувальних підрозділів. Особливої гостроти ця проблема набуває для сільської місцевості, де стан забезпечення пожежної безпеки поки ще залишається на недостатньому рівні. З урахуванням важливості цієї проблеми Урядом

прийнято відповідний законодавчий акт [1], де передбачено умови, щодо створення підрозділів місцевої пожежної охорони в сільських населених пунктах нашої держави, але є ще ряд питань, які потребують вирішення.

При організації гасіння пожеж важливим є створення умов, які дозволяють першому оперативно-рятувальному підрозділу прибути на місце та ввести засоби гасіння ще в першому періоді пожежі, коли для локалізації та ліквідації горіння необхідні мінімальні сили та засоби. При горінні твердих горючих матеріалів тривалість цього періоду коливається від 3 до 30 хвилин. Якщо оперативно-рятувальні підрозділи прибувають на пожежу під час її швидкого розвитку, для ліквідації горіння необхідно залучати значні сили та засоби, а збиток від пожежі різко зростає.

Багато пожеж набуває значних розмірів за причиною віддаленості оперативно-рятувальних підрозділів та місцевої пожежної охорони, відсутності в населеному пункті боєздатних протипожежних формувань та слаборозвиненого протипожежного водопостачання.

Нормований радіус дії пожежного депо не повинен перевищувати 3 км [2, 3], але насправді він складає на сьогоднішній день 15-25 км (до 6 км в містах та до 40-50 в сільській місцевості). Тому існує гостра проблема, пов'язана із перевищенням нормованої відстані від сільських населених пунктів до оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Статистичні методи теорії визначення необхідної кількості пожежно-рятувальних частин дозволяють визначити можливість в будь-який час спрямувати до місця виклику оперативно-рятувальний підрозділ, але вони не здатні відобразити час прибуття до місця виклику. Тому питання нормування часу прибуття на пожежу більш відповідає задачам пожежно-рятувальних підрозділів, ніж нормування радіусу обслуговування. Це пов'язано з певним рядом факторів таких, наприклад, як щільність населення, покриття доріг та рельєф місцевості, тощо. На даний час методи розміщення депо оперативно-рятувальних підрозділів не дають змогу виконувати в повному обсязі покладені на них завдання, тому замість гасіння пожеж, як правило, відбувається охолодження сусідніх споруд та запобігання розповсюдження пожежі. А гасіння пожежі на момент прибуття вже не є першочерговою задачею із-за великого часу вільного розвитку пожежі про це свідчать і побічні збитки завдані пожежами, які насамперед більш на 63 % ніж прямі збитки. Також на швидкий приїзд оперативно-рятувальних підрозділів, як було вище вказано, робить вплив покриття доріг та рельєф місцевості, які для сільської місцевості є не пристосованими для проїзду автомобілів оперативно-рятувальних підрозділів.

При вирішенні питання максимального часу слідування оперативно-рятувальних підрозділів основну роль відіграють характеристики токсичних продуктів згорання, а саме їх безпосередній вплив на організм людини, дослідження яких дає змогу визначити час, при якому існує ймовірність рятування життя людей.

При визначенні максимального часу, при якому ймовірність настання смертельної концентрації СО ще дає змогу рятування життя людей, слід враховувати характеристики організму людини [5]. Негативному впливу монооксиду вуглецю на організм людини було присвячено ряд робіт [6, 7].

Отримані результати у порівнянні з медичними даними щодо небезпечних концентрацій СО для людини свідчать, що смертельна концентрація СО – 0,003 кг/м³ [5] утворюється приблизно за 18-22 хвилини від початку пожежі.

Виходячи з цього розраховується максимальний час слідування оперативно-рятувальних підрозділів до місця пожежі. Цей показник на сьогоднішній день не має нормованого значення і може бути визначений за наступної формулою:

$$t_{\text{слід}} = t_{\text{СО}} - t_{\text{снос}} - t_{\text{зб}} - t_{\text{оп}} \quad (1)$$

де $t_{\text{слід}}$ - час слідування оперативно-рятувального підрозділу ДСНС до місця пожежі;

t_{CO} - максимальний час, при якому ймовірність настання смертельної концентрації CO дає змогу рятування життя людей;

$t_{спов}$ - час сповіщення про пожежу;

$t_{зб}$ - час збору та виїзду по сигналу тривога на пожежу;

$t_{о.р.}$ - час оперативного розгортання.

За результатами отриманими в роботі [10] максимальний час слідування оперативно-рятувального підрозділу ДСНС до місця пожежі становить 12 хвилин.

Звичайно, що для забезпечення належного рівня пожежної безпеки та вчасного виконання покладених обов'язків на оперативно-рятувальні підрозділи такий нормативний показник як радіус виїзду не може бути однаковим для міст та сільських населених пунктів. Але, якщо за цей показник прийняти за максимальний час слідування оперативно-рятувальних підрозділів, то, норматив прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику на території міст – 10 хвилин [3] дозволяє вирішувати питання рятування людей на пожежі, а от за межами міст та в населених пунктах показник в 20 хвилин [3] значно перевищує максимальний час слідування до місця пожежі. Таким чином вкрай актуальним залишається питання рятування людей на пожежах в сільських населених пунктах та за межами міст.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року за № 5403-VI.
2. ДБН 360-92**. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.
3. Постанова КМУ від 27.11.2013 р. № 874. Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини).
4. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Наказ МНС України № 575 від 13.03.2012 р.
5. Тиунов Л.А., Кустов В.В. Токсикология окиси углерода. М.: Медицина, 1980.
6. McGrattan, K.B. and G.P. Forney. "Fire Dynamics Simulator: User's Guide." NISTIR 6469. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2000.
7. Наукові праці Koche L., 1960; Haldane J., 1972.
8. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2015 рік.
9. Вісник Дорада «Про соціальний розвиток сільських територій» № 9, 2008 рік.
10. Провести дослідження і розробити програмне забезпечення щодо визначення сітки покриття підрозділами місцевої пожежної охорони в сільських населених пунктах. Звіт про НДР/ УкрНДІПБ МНС України. - № ДР 0106U005414 - К. – 2007.

A.A. Lisnyak, Cand. of Sc. (Eng.), Head of department, National University of Civil Protection of Ukraine

D.P. Dubinin, Cand. of Sc. (Eng.), Senior Lecturer, National University of Civil Protection of Ukraine

STUDY TIME FOLLOWING OPERATIONAL-RESCUE UNITS TO THE SITE OF FIRE IN RURAL AREAS

The work carried out fire safety analysis of rural settlements. The problems of fire safety in rural areas of operational-rescue units. The factors affecting the time following the operational and rescue units to the site of a fire in the rural areas.

ЩОДО ВИКОНАННЯ ТИПОВИХ ОПЕРАЦІЙ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В КОМПЛЕКСАХ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

У загальному комплексі проблем щодо ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) в комплексах індивідуального захисту (КЗІЗ) немаловажним є питання конкретизації особливостей підготовки рятувальників до виконання найбільш складних та важливих операцій, з яких складається процес ліквідації або локалізації осередку НС, особливо в тому випадку, коли розглядаються ситуації з викидами небезпечних хімічних речовин (НХР).

Аналіз літератури показав, що на цей час для цього в більшості випадків [1, 2, 3, 4] розглядають статистичні характеристики, які характеризують розподіл часу виконання. Їх аналіз для простих операцій, які характеризуються β -розподілом часу виконання, за співвідношенням параметрів α та β дозволяє [2, 3] визначити рівень підготовленості особового складу, який розглядається. Але в [4] показано, що практично всі операції в КЗІЗ характеризуються нормальним розподілом.

В роботах [5, 6] відмічено, що зміна часу виконання окремої операції в залежності від рівня підготовленості особового складу характеризується експоненціальною залежністю і після 7-8 тренувальних спроб час виконання операції в КЗІЗ практично не зменшується [7]. Це дозволяє [8] перейти до визначення науково-обґрунтованих нормативів, які, тим не менш, відносяться до роботи в конкретному варіанті КЗІЗ.

Порівняльний аналіз того, як міняється час виконання типових операцій в залежності від застосування рятувальниками конкретних модифікацій засобів індивідуального захисту органів дихання, розглядався в [6], але в цьому випадку не враховувались умови навколишнього середовища. В [9] наведені рекомендації по корегуванню розрахункових оцінок часу виконання окремих операцій процесу ліквідації НС з викидами НХР, але вони не враховують ні модифікацію КЗІЗ, ні рівень підготовленості рятувальників.

В той же час, в [10, 11] за результатами імітаційного моделювання процесів локалізації та ліквідації НС, які складаються з окремих операцій, показано, що відповідні багатофакторні моделі їх виконання дозволяють одночасно аналізувати і стан навколишнього середовища, і модифікацію КЗІЗ, яка використовується, і рівень підготовленості рятувальників

Виходячи з наведеного вище, поставлена задача отримання та аналізу багатофакторної моделі, яка характеризує виконання рятувальниками окремих типових операцій, з яких складається процес ліквідації надзвичайної ситуації.

Для отримання багатофакторної залежності враховувалось те, що в [12] наведені експериментальні результати виконання однієї із найбільш складних операцій процесу локалізації НС з викидом НХР методом реконденсації [13] – з'єднання рукава з системою кріплення, які підтверджують [5, 6], що час виконання цієї операції змінюється за експоненціальним законом (рис. 1), а відповідні розподіли часу виконання є нормальними (рис. 2).

Це дозволило по аналогії з [11], де показана доцільність одночасного розгляду трьох факторів (в нашому випадку, x_1 – приведеної інтенсивності Ψ викиду НХР [14] як характеристики компоненти «середовище»; x_2 – підготовленості особового складу як характеристики компоненти «рятувальник»; x_3 – комбінації засобів індивідуального захисту рятувальників як характеристика компоненти «техніка»), які можуть бути нелінійними та взаємопов'язаними, перейти до отримання трифакторної квадратичної залежності (в кодованих перемінних) часу з'єднання рукава з системою кріплення у відповідності до традиційного плану $3 \times 3 \times 3$ техніко-економічних експериментів [15].

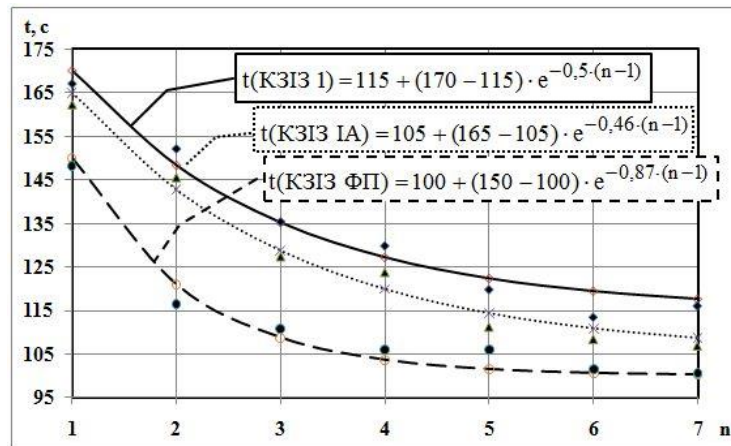


Рис.1. Залежність часу з'єднання рукава з системою кріплення від рівня підготовленості та оснащення рятувальників (n – кількість тренувальних спроб)

Як і у випадку [11], оцінка впливу обраних факторів розглядалась для ситуації, коли вони змінюються на двох рівнях інтервалів. Під час визначення фактора x_1 враховується, що при $\Psi = 1 \frac{\text{кг/с}}{\text{мг/м}^3}$ ($x_1 = -1$) всі операції особовий склад повинен виконувати в комплексі засобів індивідуального захисту, який передбачає застосування ізолюючого апарата всередині ізолюючого костюма (КЗІЗ 1); при $\Psi = 0,1 \frac{\text{кг/с}}{\text{мг/м}^3}$ ($x_1 = 0$) – обов'язкове використання ізолюючого апарата, який може бути надягнутий поверх ізолюючого костюма (КЗІЗ ІА); при $\Psi = 0,01 \frac{\text{кг/с}}{\text{мг/м}^3}$ – рятувальники використовують ізолюючі костюми разом із фільтруючими протигазами (КЗІЗ ФП).

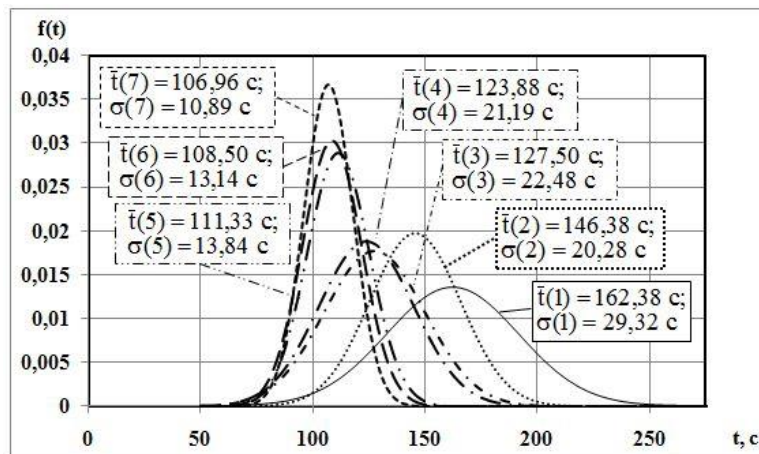


Рис.2. Розподіл часу з'єднання рукава з системою кріплення

Стосовно рівня підготовленості враховувалось [8] те, що початковий рівень практичної виучки ($x_2 = -1$) має місце під час першого ($n=1$) виконання завдання, а найвищий ($x_2 = +1$) – під час останнього ($n=7$); середина факторного простору ($x_2 = 0$) приймалась при $n=4$ для роботи в ізолюючих костюмах з ізолюючими протигазами та $n=3$ – з фільтруючими. Під час оцінки конкретних комплексів індивідуального захисту враховувалось [8], що найвища швидкість виконання окремих операцій має місце при роботі в КЗІЗ ФП ($x_3 = +1$), а найнижча ($x_3 = -1$) – в КЗІЗ 1; середина факторного простору ($x_3 = 0$) відповідає ситуації із КЗІЗ ІА, коли ізолюючий апарат знаходиться ззовні ізолюючого костюма.

З урахуванням рекомендацій [15] щодо доцільності використання в кодованих перемінних параметру, який передбачається аналізувати, час виконання операції з'єднання рукава з системою кріплення розглядається як

$$y = \frac{t - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}}, \quad (1)$$

де t – час виконання в натуральному вигляді, с; t_{\max} , t_{\min} – відповідно максимальний та мінімальний час з'єднання рукава з системою кріплення, с.

В результаті вище переліченого отримано модель операції, яка розглядається, у вигляді

$$y = 0,4001 - 0,0584 \cdot x_1 - 0,3923 \cdot x_2 - 0,0584 \cdot x_3 - 0,0037 \cdot x_1^2 + \\ + 0,1569 \cdot x_2^2 - 0,0037 \cdot x_1^2 - 0,0014 \cdot x_1 \cdot x_2 - \\ - 0,0670 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0014 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (2)$$

Аналіз (2) дозволяє стверджувати (рис.3), що найбільш вагомим параметром, який впливає на час виконання операції, є показник підготовленості x_2 , проте для уточнення особливостей роботи в різних умовах навколишнього середовища доцільно проаналізувати й те, як на час впливає вибір конкретної модифікації КЗІЗ [16].

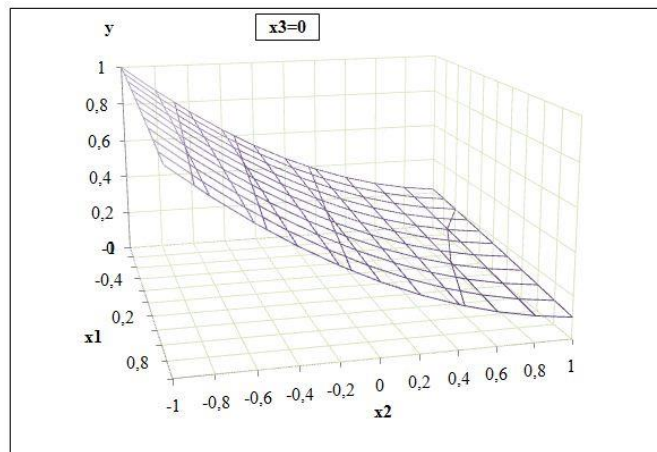


Рис.3. Залежність часу (в кодованих перемінних) від інтенсивності викиду НХР та рівня підготовленості рятувальників

Враховуючи те, що в зоні максимуму за найгіршої ситуації з викидом НХР можна працювати тільки в КЗІЗ 1, інтерпретація моделі (2) з метою ранжування факторів x_1 та x_3 проводилась шляхом аналізу однофакторних моделей (рис.4), отриманих при стабілізації інших на рівнях, які відповідають центру факторного простору та координатам екстремуму y_{\max} .

Аналіз отриманих результатів (рис. 4) говорить про те, що в центрі факторного простору, а також низьких значеннях приведеної інтенсивності Ψ та високому рівні підготовленості особового складу на час виконання операції більш суттєво впливає те, наскільки рятувальники правильно обирають модифікацію КЗІЗ. Особливо це помітно на рівнях, які відповідають екстремуму y_{\max} . Таким чином, знання конкретного рівня небезпеки біля місця проведення аварійно-рятувальних робіт буде значимо сприяти підвищенню ефективності ліквідації надзвичайної ситуації [16].

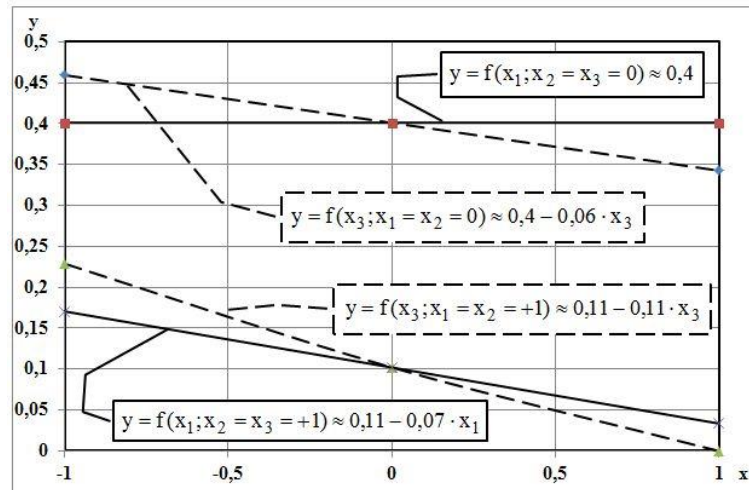


Рис.4. Однофакторні моделі залежності часу з'єднання рукава з системою кріплення (в кодованих перемінних) від інтенсивності викиду та обраного комплексу КЗІЗ в центрі факторного простору та в зоні мінімуму

Висновки:

- показана доцільність використання для багатфакторного аналізу ефективності виконання рятувальниками операцій ліквідації надзвичайних ситуацій в комплексах засобів індивідуального захисту трифакторних нелінійних квадратичних моделей;
- при існуючих комплексах засобів індивідуального захисту найбільш вагомим параметром, який впливає на час виконання операції, є практична підготовленість особового складу, показником якої є може служити кількість тренувальних спроб щодо виконання операції, що розглядається;
- підготовка рятувальників повинна включати не тільки тренування щодо виконання типової операції, але й навчання застосуванню засобів контролю безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зигель А., Вольф Дж. Модели группового поведения в системе "человек-машина" - М.: Мир, 1976. - 356 с.
2. Чуковский В.Н. Разработка методов обоснования штатной численности боевых расчетов пожарных автомобилей: дис. ... кандидата техн. наук: 21.06.02 / Чуковский Вячеслав Николаевич – Харьков, 1998. – 155 с.
3. Стрілець В.М. Розкриття закономірностей виконання газодимозахисниками основних операцій / В.М. Стрілець, П.А. Ковальов, Є.А. Молодика, В.М. Іщук // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності: зб. наук. пр. – 2015. – № 11. – С. 165-172.
4. Стрелец В.М. Раскрытие закономерностей деятельности спасателей при выполнении основных операций в процессе ликвидации аварий с выбросом опасных химических веществ / В.М. Стрелец, М.В. Васильев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Москва. – 2013. – № 2. –С. 81-86.
5. Введение в эргономику. / Под ред.В.П.Зинченко. – М., “Сов. радио”, 1974. – 351 с.
6. Ковальов П.А. Вдосконалення порівняльної оцінки апаратів на стисненому повітрі / П.А. Ковальов, В.М. Стрілець, М.В. Васильєв // Проблеми надзвичайних ситуацій - № 10 – Харків, Фоліо, 2009 – с.91-98.
7. Стрелец В.М. Разработка нормативов для оценки подготовленности спасателей к работе в комплексе средств индивидуального типа / В.М. Стрелец, М.В. Васильев, В.В. Тригуб // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2014. – № 19. – С.133-141. [Електронний ресурс] // Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencear->

chive/ProblemsOfEmergencies/vol19/19.pdf

8. Васильев М.В. Определение количества тренировочных попыток, после которого можно оценивать качество выполнения задания. / М.В. Васильев, В.М. Стрелец // Техносферная безопасность – 2013. – № 1 – Екатеринбург, Уральский институт ГПС МЧС России – С. 61-64.

9. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий / [Владимиров В.А., Лукьянченков А.Г., Павлов К.Н. и др.]; под ред. В.А. Владимиров. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с.

10. Стрелець В.М. Закономірності діяльності рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену: моногр. / В.М. Стрелець, П.Ю. Бородич, С.В. Росоха; НУЦЗУ. – Х.: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2012. – 112 с.

11. Васильев М.В. Анализ многофакторной модели функционирования системы «спасатель – средства защиты и ликвидации аварии – чрезвычайная ситуация с выбросом опасного химического вещества». / М.В. Васильев, В.М. Стрелец, В.В. Тригуб // Проблемы надзвичайних ситуацій - № 18 – Харків, Фоліо, 2013 – С.22-33. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol18/Pns_2013_18_6.pdf

12. Підвищення ефективності роботи рятувальників в засобах індивідуального захисту [Текст] : звіт про НДР (заключ.) / НУЦЗУ; кер. Стрелець В.М.; вик.: Бородич П.Ю. [та ін.]. – Харків, 2012. – 198 с. – ДР 011U0022447

13. Васильев М.В. Представление исходных данных для имитационного моделирования процесса ликвидации чрезвычайных ситуаций с выбросом опасного химического вещества. / М.В. Васильев, В.М. Стрелец // Проблемы надзвичайних ситуацій - № 14 – Харків, Фоліо, 2011 – с.53-64.

14. Басманов А.Е. Выбор комплекса средств индивидуальной защиты для обеспечения работ по ликвидации непрерывно действующего источника опасного химического вещества / Басманов А.Е., Говаленков С.С., Васильев М.В. // Проблемы надзвичайних ситуацій - № 13 – Харків, Фоліо, 2011 – с.29-39.

15. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях./ Вознесенский В.А. // М.:Финансы и статистика, 1981. – 263 с.

16. Стрелець В.М. Багатофакторна оцінка виконання типових операцій ліквідації надзвичайних ситуацій в комплексах засобів індивідуального захисту / В.М. Стрелець, В.В. Тригуб // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2016. - Вип. 23. - С. 152-158. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Strelec.pdf>

V.M. Strelec, Ph.D., Senior Researcher, National University of Civil Protection of Ukraine,
V.V. Trigub, Ph.D., Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine

REGARDING THE PERFORMANCE OF TYPICAL OPERATIONS EMERGENCY RESPONSE IN THE COMPLEXES OF PPE

A sequence of obtaining and analyzing a multifactor model that characterizes the performance of separate unit operations rescuers. The possibility of obtaining practical recommendations on the results of quantifying the interconnected and nonlinear factors that influence the effectiveness of rescue operations

ОСОБЕННОСТИ БИНАРНОЙ ПОДАЧИ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ НА ПОЖАРОТУШЕНИЕ

Введение. Известно, что наиболее распространенным огнетушащим веществом (ОВ) в Украине остается вода. Она универсальна: доступна, относительно недорога, обладает высокими охлаждающими свойствами, экологически безопасна. Однако имеет существенный недостаток, заключающийся в несоизмеримо больших потерях связанных с ее стеканием с наклонных поверхностей, что приводит к дополнительным убыткам от залива нижерасположенных по отношению к очагу пожара коммуникаций. Уменьшить расход ОВ и материальные потери, связанные с использованием воды при пожаротушении, позволяет применение гелеобразующих составов (ГОС).

Цель и задачи. Известен способ тушения пожаров [1], который заключается в том, что ОВ, которое подают в очаг пожара, формируют путем смешивания двух растворов на горячей поверхности. То есть в качестве ОВ используется гелеобразующие составляющие.

Недостатки этого способа вытекают из того, что он регламентирует способ смешиванием двух растворов именно на горячей поверхности, предопределяя свою реализацию небезопасными и/или неэффективными методами, т.е. - не дистанционно. Смешивание же растворов компонент ГОС в непосредственной близости от горящих поверхностей небезопасно и не всегда приемлемо [2]. Кроме того, вряд ли можно считать и дистанционную подачу компонент ГОС с использованием опытной установки «АУТГОС» [4] эффективной без должной проработки вопросов вывода капель ОС на прицельные траектории, так как капли одной составляющей компоненты по причине разнящихся скоростей могут либо перелетать очаг, а капли другой – не долетать до очага пожара. Вследствие этого гель не будет образован, а часть компонент ГОС – бесполезно израсходована.

И еще. В случаях применения разных типов стволов-распылителей, в том числе установками «АУТГОС», без надлежащего тактико-технического обеспечения не исключена возможность преждевременного образования капель геля на начальном этапе пути движения бинарного потока ГОС к очагу пожара. Тут вполне благоприятны условия для образования частиц геля, которые будут оседать, и выпадать «в осадок» на подступах к объекту пожаротушения, в следствии чего эффективность использования ГОС может снизиться.

Следует заметить, что, как правило, ОС (в том числе и ГОС) подается на пожаротушение ствольщиками по фронту очага подвижными распыленными струями. И чтобы «охватить» весь фронт возгораний работа ствольщика связана с необходимостью перемещать стволы-распылители поперек направления движения потока ОС к объекту пожаротушения. Этот общепринятый прием в силу неопределенности стохастический действий различных ствольщиков разной квалификации тоже не всегда благоприятно сказывается на эффективности пожаротушения.

Дадим пояснение к этому нежелательному явлению. На рис.1,а на уровне феноменологического анализа показано, что капли ОС выпущенные из двух расположенных в т. О стволов-распылителей C_1 и C_2 (один над другим) в общем случае могут иметь разные скорости \bar{v}_1 и \bar{v}_2 по величине и по направлению. А так как ствольщик, желая охватить весь периметр пожара, вынужден перемещать стволы в поперечном направлении, то он придает каплям еще и боковую (к примеру \bar{v}_{1n}) составляющую скорости, несоразмерно каждой из них. Так что в определенные моменты времени скорости капель 1-го ствола будут различаться со скоростями капель 2-го ствола. В

результате капли могут сталкиваться, соединяться друг с другом и химически реагировать. Увеличатся их суммарные массы, миделевы сечения, силы сопротивления их движению, а абсолютные скорости движения в итоге снизятся. Значит, уменьшатся и расстояния, пройденные отдельными каплями к объекту пожаротушения. Соответственно, эффективность пожаротушения с использованием снизится, что нами наблюдалось [5], в том числе и при имитационном моделировании движения бинарного потока ГОС в виде двух распыленных струй подкрашенной воды (рис. 1,б).

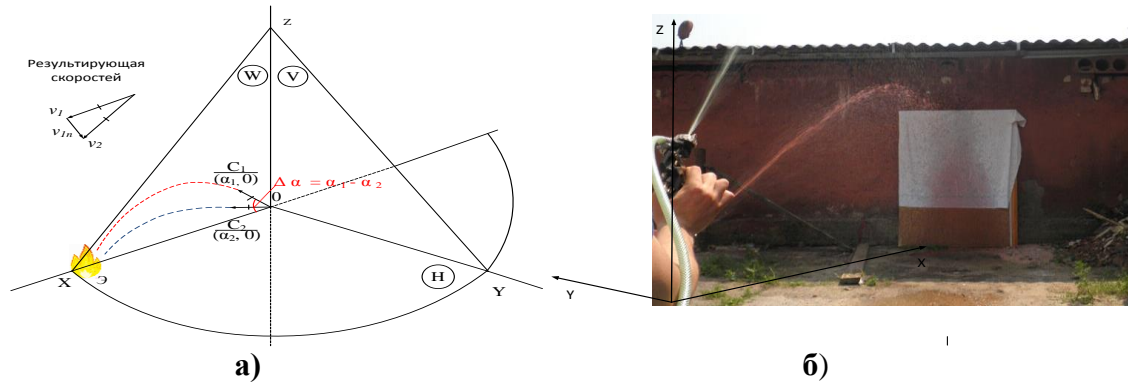


Рис.1. а) – Схема расположения в т. 0 стволов-распылителей C_1 и C_2 , подающих компоненты бинарного потока ГОС (α_1 и α_2 – углы возвышения стволов и ψ_1 и ψ_2 – углы рыскания, соответственно); б) – Подача ОС установкой «АУТГОС» распыленными струями подкрашенной воды

Результаты исследования. В основу исследований поставлена задача повышения эффективности и уменьшения расхода ОБ при пожаротушении за счет целенаправленной дистанционной подачи стволами-распылителями бинарного потока ГОС.

Поставленная задача решается за счет использования способа одновременной подачи в очаг пожара двух независимых друг от друга распыленных струй бинарного потока ГОС стволами-распылителями, нацеленными на очаг под разными углами возвышения и/или рыскания в соответствии с заранее рассчитанными траекториями их движения к очагу [6].

В самом деле, направленные под разными углами возвышения α_1 , α_2 и/или рыскания, составляющие бинарного потока ГОС движутся по расчетным траекториям, определенным, например, с помощью компьютерного программного обеспечения. Этим самым создаются условия своевременного образования в пространстве над/перед очагом пожара, последующего покрытия и удержания защитного геля на поверхностях твердых горящих в очаге веществ и материалов, где в течение времени (не более 1 с) происходит затвердевание геля, локализация и прекращение горения объектов пожаротушения, благодаря чему повышается эффективность пожаротушения.

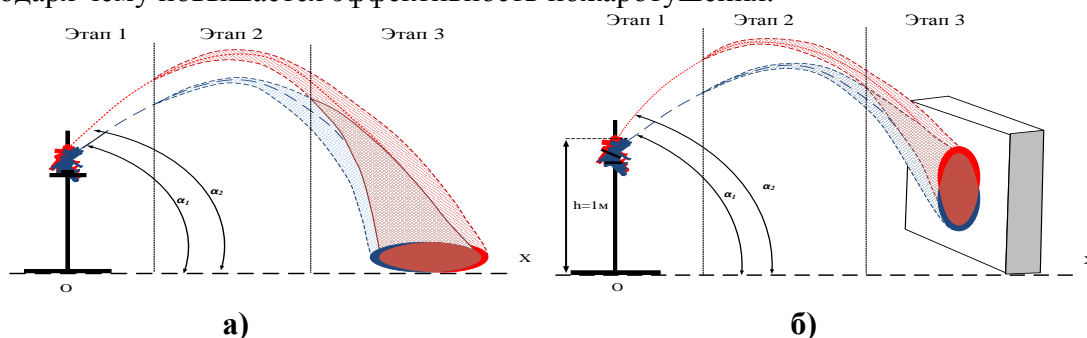


Рис. 2. Схемы подачи в очаг пожара двух независимых друг от друга распыленных струй бинарного потока ГОС стволами-распылителями, нацеленными на очаг по независимым траекториям движения: а) – на горизонтально расположенные горящие объекты; б) – на вертикально (наклонно) расположенные горящие поверхности

Из рисунков 2, а и 2, б следует, что процесс движения незатопленных потоков струй (составляющих ГОС) можно разделить на три этапа. Все три этапа допускают прогнозирования своего движения в пространстве расчетными методами [6].

Третий этап характеризуется тем, что наступает момент, когда поступательные скорости частиц (капель) бинарного потока вдоль координатной оси X близки к нулевым значениям. Тогда их движение осуществляется либо по траектории свободного падения на горизонтальные поверхности пожаротушения, либо прекращается, когда гидродинамический поток встречает на своем пути наклонно расположенные горящие поверхности. Именно на этом этапе растворы обеих компонент ГОС одновременно формируют над/перед очагом пожара гелевую смесь капель двух составляющих ГОС.

Способ допускает несколько тактических приемов своего применения, которые были апробированы с использованием предложенного нами модифицированного метода имитационного моделирования [7]. С целью экономии реагентов-составляющих и набора достаточного количества экспериментального материала вместо ГОС использовалась подкрашенная вода, обладающая близкими к ГОС гидродинамическими свойствами, которая подавалась стволами-распылителями на объекты пожаротушения двумя независимыми потоками. Во время проведения экспериментов, в ходе расшифровки фото- и видеоматериалов, при обработке опытных данных наработанных экспериментально устанавливались основные показатели гидродинамики потоков ОС, зависящие от рабочего давления и эйлеровых углов возвышения и углов рыскания, при расположении стволов-распылителей в т. 0 системы координат OXYZ (рис. 1). А именно: дальность и высота подачи ОС, форма траекторий движения двух потоков жидкости (подкрашенная вода) к мишени-экрану.

Кроме того оценивались геометрические параметры «пятен», образующихся при попадании каждой из составляющих ОС на поверхность разовой мишени-экрана, а также при их одновременном попадании и естественном смешивании на условно горячей поверхности, что характеризовало работу установки с т.з. «эффективности» тушения или огнезащиты.

Сравнение полученных нами результатов – дальность и высота подачи, форма траектории бинарного потока струй при различных давлениях и эйлеровых углах наклона стволов распылителей – с некоторыми, имеющимися в литературе свидетельствуют о правомерности использования предложенного нами имитационного моделирования [5].

Практические модификации тактико-технических приемов пожаротушения.

1) Модификация традиционного подхода к решению задачи.

Избежать описанных выше нежелательных явлений преждевременного образования частичек геля при работе с бинарными потоками ГОС можно подавая компактные распыленные струи, расположив стволы-распылители один над другим с соответствующими углами возвышения, как показано на рис.1. (Углы рыскания при этом изначально равны нулю.) То есть таким образом, чтобы угол возвышения верхнего ствола-распылителя имел определенное превышение относительно нижнего ствола. Причем настолько, насколько позволяет это сделать прицельное попадание осевыми линиями обеих струй потока составляющих ГОС в эпицентр пожара Э, желательно за минимальное время доставки.

Имея в своем распоряжении программное обеспечение к формированию искомым траекторий доставки бинарного потока ГОС в эпицентр пожара, данные оперативной разведки пожара и подготовленную к задействованию установку пожаротушения, в частности «АУТГОС», вполне доступно выполнить требуемые операции в процессе пожаротушения с максимально возможной эффективностью.

2) Другой путь решения задачи тоже можно отнести к модификации традиционного способа пожаротушения двумя стволами. На рис. 4,а показано, что два одинаковых ствола C_1 и C_2 ($2a$ – расстояние между ними) с одинаковыми расходными характеристиками сориентированы эйлеровыми координатами так, что две компоненты

бинарного потока ОС подаються відповідно з т. $C_1(\alpha_1 \text{ і } \psi_1)$ і з т. $C_2(\alpha_2 \text{ і } \psi_2)$ прицельно в епіцентр очага \mathcal{E} .

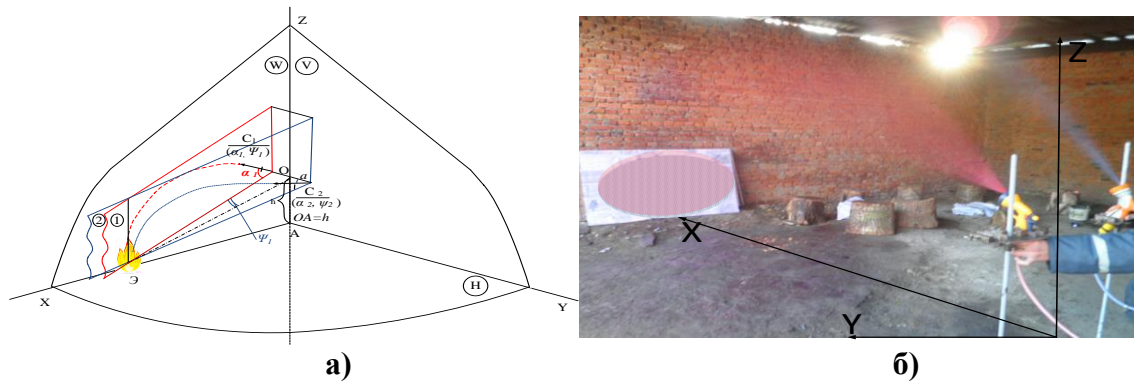


Рис.4. Подача ОС: а) – схема расположения стволов распылителей двумя компактными струями при их неподвижном размещении; б) – подача ГОС плоскорадиальными веерными струями при неподвижно закреплёнными стволами-распылителями

3) Третий тактико-технический прием решения задачи повышения эффективности пожаротушения связан с веерной подачей ОБ (рис. 4,б).

Если принимать во внимание особенности процессов пожаротушения с использованием ГОС (а именно - требования до определенного времени избегать смешивания двух составляющих ГОС), то наиболее эффективным приемом подачи ГОС следует считать такой, при котором составляющие бинарного потока разведены не только по углам возвышения стволов-распылителей (α_1 и α_2), но и по углам рыскания (ψ_1 , ψ_2). Причем так, что момент начала смешивания составляющих ГОС приходится на третий этап движения составляющих бинарного потока, когда осевые линии струй пересекаются у/над очагом пожара (рис 4,а и рис. 4,б).

4) Четвертый прием пожаротушения

Само смешивание гелеобразующих составляющих, как уже говорилось, желательно начать осуществлять непосредственно перед попаданием обеих реагентов в очаг горения или на защищаемый от огня объект. То есть – в определенный момент времени, на некотором оптимальном расстоянии от объекта при движении обеих потоков бинарного ГОС (на подходе). Причем, если речь идет о плоских радиальных струях с веерной подачей ГОС [9], то искомое расстояние в первом приближении несложно вычислить, решая уравнения о пересечении двух движущихся секторальных потоков гелеобразующих составляющих в спроектированном на горизонтальную плоскость виде. Затем использовать полученные приближенные решения как элемент тактико-технического обеспечения.

Преимущества такого подхода к решению рассматриваемой задачи очевидны. Во-первых, в этом случае мы избегаем боковых составляющих вектора скорости капель снижающих эффективность пожаротушения с использованием ГОС. Во-вторых, возможности для варьирования углами возвышения и рыскания обоими стволами, без преждевременного смешивания капель бинарного потока ГОС, значительно расширяются. Непроизводительные потери ГОС при этом могут быть существенно уменьшены, а эффективность пожаротушения повышена.

Выводы. В результате проведенных исследований модифицирован метод имитационного моделирования пожаротушения с использованием ГОС. Предложено несколько приемов повышающих эффективность подачи ГОС на пожаротушение. Даны конкретные рекомендации к созданию тактико-технического обеспечения пожаротушения с использованием установок типа «АУТГОС»:

Во-первых, разводить по углам возвышения и рыскания два ствола-распылителя для того что бы конусы распыла этих стволов пересекались на третьем этапе движения бинарного потока ГОС.

Во-вторых, осуществлять распыление ОС плоскими радиальными струями.

Во время проведения экспериментальных исследований впервые были установлены наиболее критичные показатели гидродинамики потоков ГОС, учитывающие давление в системе подачи ГОС и углы наклона и рыскания стволов распылителей, что необходимо для создания тактико-технического обеспечения к эффективному применению ГОС.

ЛИТЕРАТУРА

8. Пат. 60882А Україна, МПК7 А62С 1/00. Спосіб гасіння пожежі та складу для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Киреев О.О., Бабенко О.В., заявник і патентовласник Академія пожежної безпеки України. – №2003032600. Заявл. 25.03.2003; Надр. 15.10.2003; Бюл. №10. – 2 с.

9. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 3675-98. — [Чинний від 1999-01-01]. — К. : Держнаглядохоронпраці України, 1997. — 15 с. — (Національні стандарти України).

10. Киреев А.А. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара 1а / А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв, А.В. Савченко // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – Вып. 28 – С. 74 –80.

11. Анализ процесса подачи и траектории потока струй огнетушащего вещества установкой АУТГОС / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, А.А. Киреев, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности – Харьков: НУЦЗУ, 2016. – Вип. 38. – С. 146-155.

12. Горбань Ю.И. Пожарные работы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. — М.: Пожнаука, 2013. — 352 с.

13. Остапов К.М. Исследование тактико - технических аспектов применения автономной установки тушения гелеобразующими составами / К.М. Остапов, Ю. Н. Сенчихин // Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах: всеукр. наук. -прак. конф., 28-29 жовтня, 2015 р. : тези доп. — Х., 2015. — С. 169-171.

14. Пат. 105235 Україна, МПК А 62 С 31/00. Насадок для створення плоско-радіальної водяної зависи / Росоха С.В., Сенчихин Ю.М., Голендер В.А., Остапов К.М., Дендаренко Ю.Ю., заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – №201508629. Заявл. 07.09.2015; Надр. 10.03.2016; Бюл. 5. – 4 с.

V.V. Sirovoy, Ph.D., Associate Professor, NUCPU
YU.N. Senchihin, Ph.D., Associate Professor, NUCPU
K.M. Ostapov, NUCPU

FEATURES BINARY FEEDS GELLING COMPOSITIONS FOR FIRE EXTINGUISHING

Within the framework of the phenomenological analysis was investigated the effectiveness of the fire extinguishing composition of the binary streams. Was proposed method and a few techniques that increases the efficiency of remote gelling composition substance transfer for fire extinguishing. Specific recommendations are given to the creation of the tactical and technical support with the usage of fire-fighting "AUTGOS" type systems. During the experimental studies were first established the key indicators gelling composition hydrodynamics streams, take into consideration the pressure in the supply system, the yaw angles and spray the trunks.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИБАЛЛИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОДЕТОНАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ МЕТАНИЯ ТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ

Проблема метания огнетушащих веществ различной массы с высокой производительностью и эффективностью на заданные расстояния с целью дистанционного тушения крупных пожаров является актуальной.

В распространенных технических средствах и методах доставки огнетушащих веществ на большие расстояния в качестве источника энергии метания используют пороховые заряды, энергию сжатого воздуха и горючих газов. В частности, пороховые установки реализованы на серии пожарных машин типа «Импульс-1», «Импульс-2М», «Импульс-Шторм» и обеспечивают эффективное тушение залповым выстрелом порошкового вещества массой до 1500 кг на дальности 50–100 м. Пневматические системы выброса рабочего тела используют в установках фирм Иста (Россия), Resqmax (США), Restech (Норвегия). Такие установки обеспечивают метание средств пожаротушения и спасения небольшой массы (10–20 кг) на расстояния 50–300 м. По интенсивности подачи огнегасящей смеси имеют преимущество установки с пороховыми зарядами, а по обеспечению циклической работы и управлению дальностью метания за счет изменения энергии выстрела – газовые метательные установки.

В качестве перспективной рассматривается установка метания тушащих веществ на основе газовой детонации, обладающая преимуществами по указанным показателям в комплексе. В установках такого типа повышение энергоэффективности и дальности метания обеспечивается за счет более высокого давления в рабочей камере и снижения времени теплоотдачи при детонационном сгорании газового заряда в сравнении с установками, где реализуется медленный процесс дефлаграционного сгорания газового заряда.

Для обоснования технического задания на разработку газодетонационных устройств метания циклического действия требуется исследовать динамику движения контейнера с тушащим веществом и термомеханические нагрузки, которые могут возникать в детонационной камере сгорания.

Описание математической постановки задачи капсульного метания тушащего вещества в газодетонационной установке. Задача метания тел решается с помощью газовой детонационной системы метания. Система представляет собой детонационную трубу 1, заполненную детонационной газовой смесью 2 (рис. 1). В трубе располагается метаемое тело 3 (капсула с тушащим веществом). Ускорение тела обеспечивается за счет работы сил давления, возникающего в результате детонационного сгорания газовой смеси.

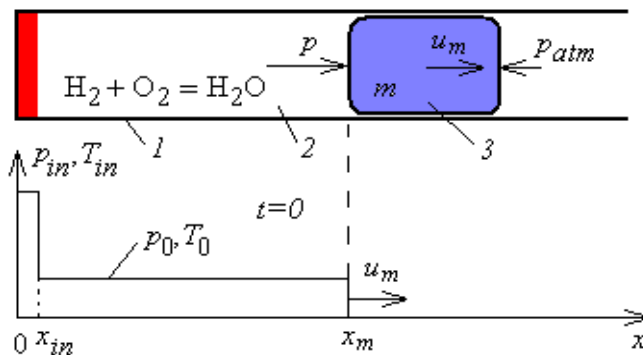


Рисунок 1 – Схема устройства и принцип работы газодетонационной установки метания тушащих веществ

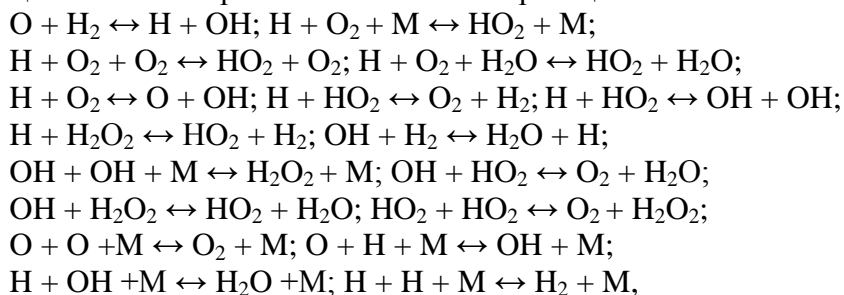
Для расчета процесса ускорения метаемого тела в детонационной установке, осуществим математическую постановку задачи метания. В случае пренебрежения потерями тепла, выделяющегося в результате сгорания топлива через контактные поверхности, процессы детонационного сгорания и ускорения метаемого тела целесообразно рассматривать как одномерную плоско-симметричную задачу в декартовой системе координат.

Движение метаемого тела зададим путем перемещения границы расчетной области с учетом противодействия внешней среды. Отсюда, в начальный момент времени $t = 0$ правой подвижной границе расчетной области присвоена координата x_m (начальное положение метаемого тела) и скорость движения границы принята равной $u_m = 0$. Левая неподвижная граница расчетной области с координатой $x = 0$ соответствует закрытому торцу детонационной трубы. На данных границах выполняется условие не протекания. Участок $0-x_m$ заполнен стехиометрической смесью водорода с кислородом при температуре $T_0 = 300$ К. Начальное давление p_0 является варьируемым параметром задачи. Полагается, что в газодетонационной установке обеспечивается прямое инициирование детонации. Поэтому при моделировании на участке $0-x_m$ задается изохорное разогревание газа до температуры T_{in} .

Процесс детонационного сгорания и расширения продуктов детонации описывается дифференциальными уравнениями газодинамики для многокомпонентной химически реагирующей газовой смеси.

Система уравнений замыкалась уравнениями состояния и внутренней энергии многокомпонентной смеси.

Расчет химических реакций осуществлялся по упрощенной кинетической схеме сгорания водорода, включающей 8 компонентов (H, O, OH, H₂O₂, O₂, H₂, HO₂, H₂O) и состоящей из 17-ти обратимых химических реакций:



где M означает третью частицу.

Именно кинетическая схема сгорания данной детонирующей смеси, включающей множество обратимых химических реакций, наиболее изучена.

Тестирование математической модели ускорения тела газовым детонационным зарядом проведено путем сравнения расчетных термогазодинамических параметров продуктов детонации с результатами исследований других авторов. Получено удовлетворительное согласие.

За полученными результатами выявленная закономерность относительно линейной зависимости скорости мины на фиксированное время от начального давления. То есть, рост начального давления приводит к росту скорости мины на одинаковое время ускорения.

1. **Выводы.** Разработанная математическая модель процесса ускорения тела в газодетонационной установке позволяет исследовать динамику перемещения метаемого тела (контейнера с тушащим веществом) и термомеханические нагрузки, возникающие в детонационной камере сгорания. Получено, что при начальном давлении 1,1 МПа в стехиометрической смеси водорода с кислородом в камере сгорания возникают максимальные давления до 27 МПа. Впервые получена зависимость динамики движения тела в системе ускорения газовым детонационным

зарядом в зависимости от начального давления заряда, что позволяет прогнозировать начальную скорость по определенной длине ствола и параметрами заряда.

В дальнейшем планируется исследовать газодетонационные установки, в которых в качестве горючего газа используются пропан-бутановые смеси и воздух как окислитель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Царев А.М. Ствольные установки пожаротушения контейнерного метания огнетушащих веществ / А.М. Царев // Экология и промышленность России. – 2012. № 6. — С. 4—9.
2. Каришин А.В. Применение высокодисперсных порошковых огнетушащих составов в контейнерах для метания в установках пожаротушения ствольного типа / А.В. Каришин, А.М. Царев, В.С. Степанюченко / Известия Самарского научного центра Российской академии наук – 2010. Т. 12, № 1 (9). – С. 2239 – 2245.
3. Бухтояров Д.В. Установки импульсного пожаротушения / Бухтояров Д.В., Копылов С.Н., Кушук В.А. / Пожарная безопасность 2005. – №3. – С. 89—94
4. Заявка на изобретение (РФ) 2003120520. Способ доставки огнетушащего вещества в очаг пожара перемещением его в окружающем воздухе / И.В. Холодков. 2004.
5. Пат. 2264834 Российская Федерация, МПК⁷ А 62 С 39/00, F 41 F 1/00. Ствольное метательное устройство / Коротков Ю.А., Амельчугов С.П.; заявитель и патентообладатель ООО Научно-технический центр “Системы пожарной безопасности” (RU). – № 2004100986/02; заявл. 12.01.2004 ; опубл. 27.11.2005, Бюл. № 33.
6. Захматов В.Д., Быков С.А., Щербак Н.В. Импульсные огнетушащие устройства / Уголь Украины. – № 6. – 1999. – С. 34 – 35.
7. Web site Rescue Solutions International, Inc. [Электронный ресурс]. – режим доступа к сайту: <http://www.resqmax.com/contact.php>.
8. Web site Restech. [Электронный ресурс]. – режим доступа к сайту: <http://restech.no/>.
9. Новые импульсные технологии. Специальные системы пожаротушения. [Электронный ресурс]. – режим доступа к сайту: <http://rus.impulse-storm.com/>.
10. Пожарные танки СССР. [Электронный ресурс]. – режим доступа к сайту: <http://www.webpark.ru/comment/66540>.
11. Сакун А.В. Численное моделирование внутрибаллистических процессов в газодетонационной установке метания тушащих веществ / А.В. Сакун, Ю.В. Хилько, К.В. Корытченко // Проблемы пожарной безопасности . – 2014. – Вып. 36. – С. 208 – 217.
12. Сакун О.В. Чисельні дослідження динамічних параметрів та термомеханічних навантажень в газодетонаційній установці метання / О.В. Сакун, Ю.В. Хилько, К.В. Корытченко / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХУПС, 2014. – №1 (4)-Т. – С 154 – 157.

*K.V. Korytchenko, Dr., chief of department., FMP NTU «KhPI»,
O.V. Sakun, Ph.D., chief of department., FMP NTU «KhPI»,
Yu.V. Khil'ko, teacher., NUCPU.*

NUMERAL MODELING OF INNER-BALLISTICS PROCESSES IN GAS-DETONATION DEVICE FOR SHOOTING EXTINGUISHING SUBSTANCES

The numerical model of inner-ballistics processes in gas-detonation device for shooting extinguishing substances is created. The thermo-mechanic loads, relaxation time of wave processes and dynamics of motion of container with the extinguishing substances are calculated for gas-detonation device.

ОБГРУНТУВАННЯ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ТЕМАТИЧНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ КВЕСТ-КІМНАТИ

Висока вартість сучасних навчально-тренувальних полігонів, призначених для формування психологічної готовності до дій в умовах пожежі (наприклад, мобільні полігони «Грот» та «Лава», в залежності від комплектації та кількості тренувальних модулів, коштують від 2 до 5 млн. гривень [1]), не дає змоги облаштовувати та застосовувати такі комплекси для навчання та тренування населення.

Відтак, розробка та удосконалення недорогих та ефективних засобів підготовки до дій в умовах пожежі, орієнтованих на широкі верстви населення (в першу чергу учнів та студентів), є актуальною задачею. Одним із варіантів її вирішення є застосування ігрових форм навчання, які за своєю багатофункціональністю, інформативністю, та здатністю до мотивації та соціалізації учасників можуть посприяти одночасному формуванню знань вмінь та навиків безпечної поведінки. Найкращої реалістичності при зануренні у ігрове середовище можна досягнути за допомогою такого виду ігор як тематичні квести в реальності.

Квест в реальності – це розважальна інтелектуальна гра в спеціально підготовленому приміщенні – квест-кімнаті – обладнаному декораціями та електронними пристроями для повного занурення в атмосферу гри. Сюжети ігор можуть бути найрізноманітнішими – від популярних книг, творів літератури та комп'ютерних ігор до унікальних авторських сценаріїв. Сьогодні подібний тип інтелектуальних ігор перебуває на етапі стрімкого розвитку. На пострадянському просторі перший квест в реальності було створено у Єкатеринбурзі у 2012 році. В Україні перший заклад такого типу було відкрито у травні 2014 року, а вже восени того ж року мережа ігрових кімнат охоплювала майже усі великі міста України.

Основними характеристиками квесту в реальності є сеттінг та механіка, які узагальнено відображають жанр гри та її правила відповідно. Сеттінг є умовним місцем, де за сюжетом відбуваються ігрові події, та визначає декорації та технічне обладнання квест-кімнати на стадії розробки (може бути реалістичним або фантастичним). Механіка, в свою чергу, включає такі показники:

- кількість учасників (здебільшого – 4-6, проте є ігри, де кількість учасників перевищує 10, а також квести лише для 1 гравця);
- відведений на проходження час (традиційно – 1 година, хоча можливі й інші варіанти);
- умови пересування гравців приміщенням (у більшості випадків пересування вільне, хоча, в залежності від сюжету, може бути частково або повністю обмежене для декого, або для всіх учасників)
- обстановка у приміщенні (освітлення, температурний та звуковий фон)
- кількість та співвідношення завдань (в традиційних квестах передбачено 2 ключових види завдань: пошук підказок та відгадування головоломок. В екшн-румах також наявні завдання, що вимагають застосування фізичної сили).

При створенні навчальних квестів в реальності необхідно здійснити комплекс досліджень з метою обґрунтування та вибору характеристик, які б дозволили досягнути максимального результату.

Квест в реальності, ігровим завданням якого є порятунок з приміщення, що горить, є зручним та недорогим засобом формування психологічної готовності та навиків безпечної поведінки в умовах пожежі в учнів шкіл та студентів.

В нашому випадку оптимальним варіантом є реалістичний сеттінг: дія гри відбувається у житловому приміщенні з типовою обстановкою.

При проектуванні тематичної навчальної квест-кімнати ключовими завданнями є забезпечення варіативності маршрутів і компактності. Особливо важливим є перше завдання, оскільки суттєвим недоліком більшості розважальних квест-кімнат є неможливість зміни ігрових цілей та умов, що робить повторне проходження однієї гри нецікавим і, відтак, недоцільним. При цьому ефективність навчання передбачає необхідність неодноразового відпрацювання тих чи інших вправ. Тому важливо при розробці квест-кімнати передбачити можливість повторного виконання ігрових завдань учасниками із збереженням інтересу до гри. Компактність передбачає максимально ефективне використання передбаченої площі. Це полегшує пошук потрібного приміщення та зменшує вартість будівельних та інженерних робіт.

Забезпечити варіативність маршрутів можливо, побудувавши квест-кімнату за принципом лабіринту, тобто розділивши її на певну кількість «комірок» – приміщень, сполучених між собою. Це дозволить передбачити різні маршрути просування учасників та дозволить урізноманітнити ігрові завдання. Дуже важливо визначити мінімально допустимі розміри «комірки», які дозволять її ефективне використання.

Зважаючи на це, було проведено дослідження, в рамках яких в приміщеннях різного розміру було обладнано експериментальні «квест-комірки» двох видів: житлова кімната та кухня (рис. 1). У цих приміщеннях було відпрацьовано навчальні ігрові завдання з учнями загальноосвітніх шкіл різного віку. Квест-комірки являли собою умебльовані приміщення невеликого розміру з 4 дверима. Для вирішення ігрового завдання гравці шукали захований у приміщенні ключ від одного з виходів, що давало змогу вийти назовні. Для пошуку підказок необхідно було використовувати знання правил пожежної безпеки. Під час гри в приміщеннях було забезпечено звуковий супровід, характерний для пожежі (сирени, крики). Одночасно досліджувався взаємозв'язок між ефективністю засвоєння матеріалу та кількістю учасників гри (для участі формувалися групи з 2, 3 або 4 учасників).

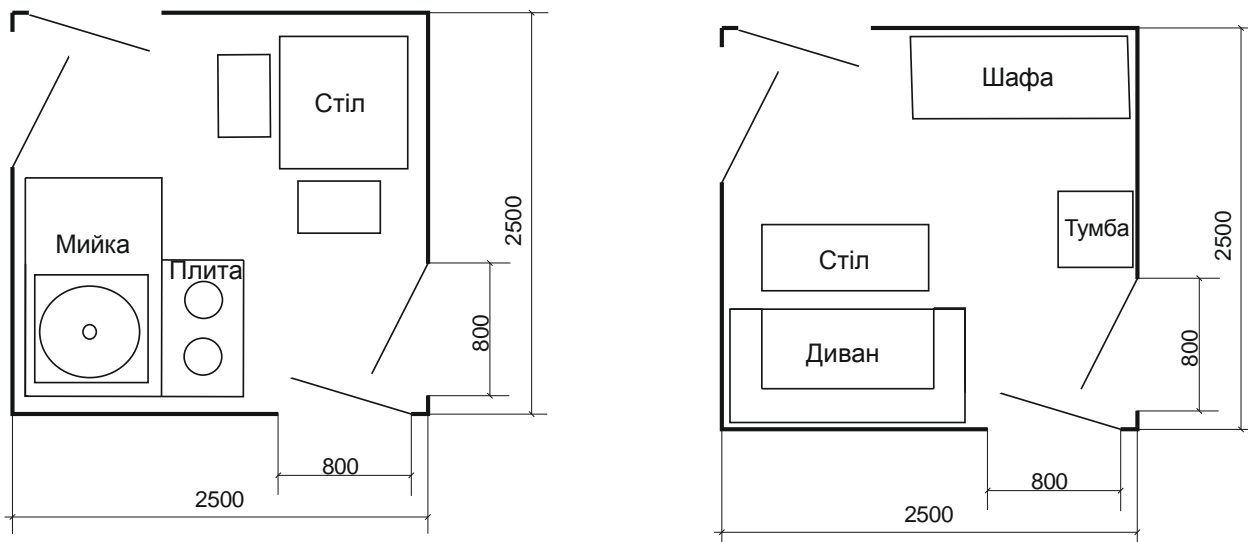


Рисунок 1 – Зразки типових фрагментів тематичної квест-кімнати:
а) квест-комірка «Кухня», б) квест-комірка «Житлова кімната»

Після відпрацювання завдань учасники пройшли тестування та відповіли на запитання анкет, в результаті чого було встановлено:

- ефективність засвоєння знань та навиків учнями молодших класів (до 10 років) значно зростає за умови виконання ігрових завдань квесту в супроводі викладача;
- зменшення кількості учасників гри сприяє кращому засвоєнню матеріалу, проте зменшує зацікавленість учасників у процесі (найбільший відсоток правильних відповідей на запитання давали учні після проходження фрагменту квесту у складі групи із 2

учасників, найменший – після проходження у складі команди з 4 осіб, однак більшість дітей, що проходили квест-фрагмент кілька разів у складі команд із різною чисельністю зазначили, що вчотирьох виконувати завдання цікавіше, ніж удвох чи втрьох);

– понад 90 відсотків учасників після першого виконання завдань висловили бажання зробити це ще раз;

– присутність змагальної складової (на кращий час виконання завдань) значно підвищує зацікавленість учасників, проте знижує ефективність засвоєння правил пожежної безпеки і призводить до зайвої метушні;

– мінімально допустимі розміри приміщення за умови участі у квесті команди з 3 учасників – 2,5х2,5 м, команди з 4 учасників – 3х3м. Менша площа приміщень значно ускладнює можливість ефективного їх обладнання.

За результатами досліджень було проаналізовано наступні варіанти об'ємно-планувальних рішень тематичної квест-кімнати (рис. 2): 2х2; 3х2; 2х3; 3х3.

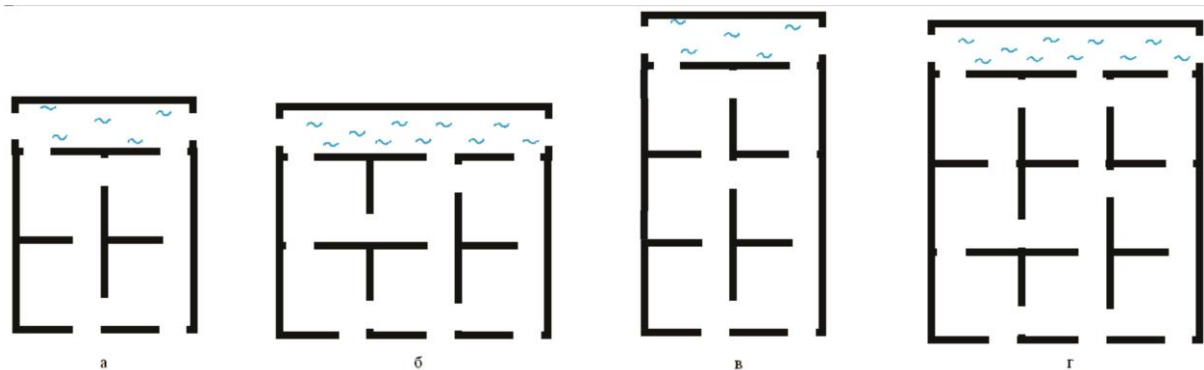


Рисунок 2 – Варіанти об'ємно-планувальних рішень
а) 2х2; б) 3х2; в) 2х3; г) 3х3.

Вирішення ігрового завдання в кожній комірці полягає в знаходженні захованого ключа, який відкриває лише одні з дверей і дозволяє потрапити в наступне приміщення. Таким чином, маршрути проходження гри, за бажанням організаторів, можуть мати різну довжину, а відтак, і складність. Результати розрахунку маршрутів ігрових квест-кімнат наведені у таблиці 1.

Для глибшого занурення гравців в умови пожежі квест-кімнати доцільно обладнати димовими смугами перешкод із задимленням (для забезпечення задимлення можливе використання генераторів театрального диму, який є повністю безпечним), слабким освітленням та різноманітними перешкодами на шляху руху (сходишки, перегородки, тощо). Мінімальна ширина смуги повинна становити не менше 1,2 м, що відповідає вимогам нормативних документів до шляхів евакуації [3]. Для подолання смуги учасників необхідно забезпечити засобами захисту від механічних та інших пошкоджень (саморятівники, шоломи, тощо). При цьому пошук необхідних засобів повинен бути одним із ігрових завдань під час проходження «квест-кімнат». Варто зазначити, що одним із завдань подальших досліджень має стати з'ясування максимальної відповідності між віком учасників та створеними під час проходження смуги перешкод умовами.

Таблиця 1 – Характеристики квест-кімнат

| Вид квест-кімнати | Кількість маршрутів та їх довжина (к-сть комірок у маршруті) | | | | | | | | | Мінімальні розміри, м |
|-------------------|--|---|----|----|----|----|---|---|--------|-----------------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Всього | |
| 2х2 | 2 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 8 | 6,25х5 |
| 3х2 | 3 | 8 | 8 | 4 | 4 | - | - | - | 27 | 7,5х6,25 |
| 2х3 | - | 2 | 6 | 6 | - | - | - | - | 14 | 8,75х5 |
| 3х3 | - | 3 | 12 | 24 | 18 | 18 | 8 | 6 | 89 | 8,75х7,5 |

Таким чином, найкращу варіативність маршрутів та максимальну складність ігрових завдань можна забезпечити у навчальній квест-кімнаті виду 3x3. Для цього необхідно використати приміщення площею не менше 65 м². Для занять з учнями шкіл можливо облаштувати менші кімнати, зокрема, виду 3x2, для яких достатньо площі 47 м². Поділ на комірки доцільно здійснювати матеріалами, для яких характерна невисока вартість (гіпсокартон, плити OSB, тощо).

Проходження ігрових завдань необхідно здійснювати під належним контролем. Основними завданнями ведучого є: проведення інструктажів, профілактичних та навчальних бесід перед грою; контроль за проходженням ігрових завдань учасниками: надання підказок; супровід учасників молодшого шкільного віку; зупинка гри в разі потреби. Для забезпечення якісного спостереження у комірках необхідно встановити камери та обладнати робоче місце ведучого персональним компютером, до якого, окрім системи відеоспостереження, приєднати аудіосистему для забезпечення звукового супроводу та голосового керування через мікрофон.

Приклад завдання для навчального квесту в реальності. Команда знаходиться у одній із «квест-кімрок». Щоб перейти до наступного етапу гри, тобто потрапити у наступне приміщення, необхідно знайти ключ. Ключ знаходиться у шафі з кодовим замком. Для того, щоб знайти елементи коду, у кімнаті необхідно розшукати: потерпілого (ляльку, заховану у шафі, під ліжком або в іншому місці, залежно від обстановки в кімнаті), важливі документи або матеріальні цінності (паспорти, гроші, тощо). Відшукавши усі необхідні речі, гравці на них знайдуть фрагменти коду, здобудуть ключ і відкриють одні з дверей. В наступному приміщенні необхідно шукати наступний ключ, вирішуючи вже інші завдання.

Виконання ігрових завдань сприяє формуванню психологічної готовності учасників до дій в умовах пожежі а також дозволяє закріпити теоретичні знання правил пожежної безпеки та відпрацювати наступні практичні навички:

- пошук та допомога потерпілим та особам, які не можуть залишити приміщень самостійно;
- оперативний пошук та евакуація найцінніших та найпотрібніших речей;
- знеструмлення приміщень, відключення газопостачання;
- використання саморятівників та первинних засобів пожежогасіння;
- пересування приміщенням в умовах задимлення;
- ліквідації пожежі на початковому етапі її виникнення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Учебно-тренировочные комплексы. Прайс-лист. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://урал-птс.рф/uchebno-trenirovochnye-kompleksy>
2. Breakout Edu: Escape From the Traditional Classroom [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://blogs.edweek.org/teachers/teaching_toward_tomorrow/2015/07/breakoutedu_escape_from_the_tr.html
3. Державні будівельні норми. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1-7-2002. – [На заміну СНиП 2.01.02-85*; чинні від 2003-05-01]. – К.: Держбуд України, 2003. – 42 с. – (Державні будівельні норми).

*O.V. Khlevnoy, V.B. Horban, cand. of science (Economy), N.V. Zhezlo
(Lviv State University of Life Safety)*

RATIONALE SPACE-PLANNING DECISIONS FOR EDUCATIONAL QUEST-ROOMS

The space-planning decisions for educational quest-rooms have been presented. The minimal size of quest-cell has been defined. The number of routes for quest-rooms with different numbers of cells has been calculated. The recommendations for the number of participants in the game, depending on their age have been done based on experimental studies.

С. М. Щербак, старший викладач, (НУЦЗ України)

Д. О. Онищенко (НУЦЗ України)

ВИКОРИСТАННЯ ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ

Пожежні кран-комплекти (ПКК), які на сьогоднішній день обов'язкові для установки в житлових будівлях висотою більше 26,5 м, дають можливість ввести вогнегасну речовину в осередок пожежі безпосередньо після її виявлення, а конструкція ПКК підвищити ефективність використання води за рахунок її розпилення. Питання використання внутрішнього водопроводу при гасінні пожеж у житлових будівлях на сьогоднішній день регламентуються рядом нормативних документів [1–4]. За вимогами ПКК комплектуються відповідно до вимог, а саме: довжина рукава – до 30 м, діаметр рукава – 19 мм, 25 мм або 33 мм, тип рукава – напівжорсткий, діаметр випускного отвору розпорошувача – (4 ÷ 12) мм. Вибір характеристик елементів ПКК впливає на їх можливість забезпечити гасіння пожежі в початковій її стадії, на що в свою чергу значно впливає характеристика приміщень та пожежного навантаження.

Шляхи підвищення ефективності використання внутрішнього водопроводу при гасінні пожеж, які розглядаються в дисертаційних дослідженнях останнього десятиліття [5–6], спрямовані на рішення питань зменшення часу подачі пожежно-технічного обладнання на верхні поверхи будівель [5], удосконалювання тактики гасіння з використанням конструктивних особливостей будівель [6], тобто – на гасіння пожеж у будівлях з використанням насосно-рукавних систем. Однак такий підхід дає ряд обмежень у реалізації напрямку мінімізації часу початку гасіння пожежі.

За вимогами сучасних нормативних документів, основні характеристики елементів ПКК – довжина, тип і діаметр рукава; діаметр насадка ствола; спосіб одержання розпорошеного або компактного струменя; підключення до господарчо-питного або протипожежного водопроводу, – варіюються в значних межах. Крім цього, аналіз ПКК, присутніх на сьогоднішній день на ринках РФ, України та Західної Європи, показує, що далеко не всі виробники випускають обладнання, що відповідає вимогам нормативних документів. Таким чином, для вирішення питань ефективного використання ПКК з визначеними характеристиками у конкретних умовах їх експлуатації, необхідно провести дослідження не лише ПКК з характеристиками, які рекомендуються діючими нормативними документами, а і ПКК із характеристиками, що виходять за рамки вимог норм, але існують на ринках України, та відповідно використовуються в оснащенні будівель.

Невідповідність характеристик ПКК по таких позиціях, як тип рукава, може мати принципове значення при використанні ПКК у житлових висотних будівлях через гідравлічні характеристики систем водопостачання, на якій вони встановлюються. Так, за вимогами [1], тиск у господарчо-питному водопроводі будівлі може бути в межах (2 – 45) м, а в протипожежному – досягати 90 м. Це означає, що фактичний напір перед ПКК може змінюватися в десятки разів. При цьому, у найгірших умовах розміщення ПКК (верхні поверхи будівлі при нижній розводці або нижні – при верхній), якщо використовувати обладнання з максимальним опором, може виявитися, що кількість води, отримана із ПКК із напівжорстким рукавом або із ПКК із плоскозгорнутим, не може забезпечити відвід такої кількості тепла, що виділяється при пожежі в конкретній будівлі.

Для визначення характеристик складових ПКК в залежності від умов їх використання на стадії проектування та експлуатації необхідно визначити значення втрат напору кожного елемента ПКК – рукава та розпорошувача.

Втрати напору на ПКК $h_{ПКК}$ визначаються:

$$h_{\text{ПКК}} = h_p + h_n, \text{ м,}$$

де h_p – втрати напору в рукаві, м;

h_n – втрати напору в розпорошувачі, м.

Визначення залежності втрат напору в рукаві від основних факторів (тиск водопровідної мережі, довжина, тип та діаметр рукава) доцільно виконувати експериментально з використанням теорії планування експерименту. При проведенні експерименту рукав приєднувався до трубопроводу водопровідної мережі, в який тиск змінюється в межах (0,02 ÷ 0,9) МПа. Для забезпечення можливості зміни тиску в мережі, до схеми був включений насос. Для виміру витрат води використовувався лічильник води.

Дослідження складаються з двох блоків для двох типів рукавів – напівжорстких та плоскозгорнутих. Для кожного блоку при проведенні експерименту використовується поліноміальна залежність другого порядку, центральний, композиційний, рототабельний уніформ-план. На першому етапі кодуються змінні за стандартними залежностями. При проведенні експерименту використовується стандартна план-матриця експерименту. Для визначення коефіцієнтів при квадратичних членах інформації, отриманої при використанні план-матриці повного факторного експерименту (ПФЕ), недостатньо. Необхідну інформацію одержують у зоряних точках. При цьому зоряне плече $\alpha=1,682$ у дворівневому експерименті для трьох факторів.

Необхідна кількість дослідів $N=20$, при кількості факторів $k=3$ та кількості дослідів в центрі плану $n_0=6$.

Наступною задачею дослідження є визначення втрат напору в розпорошувачі, при цьому факторами, що впливають на досліджувану величину є: напір перед розпорошувачем – H , діаметр вихідного отвору – d . Установка для проведення випробувань, лише доповнюється розпорошувачем, який приєднується до рукава після манометра. При проведенні дослідів фіксуються показання манометра та лічильника. За результатами проведення експерименту визначається опір розпорошувача в залежності від двох факторів.

Фактична витрата, одержувана із ПКК із різними характеристиками його елементів і тиском у мережі, до якої він підключений, може становити:

– 0,05 л/с – при максимальних значеннях опорів (довжина рукава 30 м, діаметр насадка ствола 4 мм, тип рукава – плоскозгорнутий, тип струменя – розпорошений), при цьому сумарний опір ПКК досягає 80 (при витратах у л/с);

– 6 л/с – при мінімальних значеннях опорів (довжина рукава 15 м, діаметр насадка ствола 12 мм, тип рукава – напівжорсткий, тип струменя – компактний), при цьому сумарний опір ПКК не перевищує 2 (при витратах у л/с).

Визначення величин втрат напору складових елементів ПКК (рукавів та розпорошувачів) доцільно проведенням експериментального дослідження з використанням теорії планування експерименту та обробки його результатів, що дозволить на стадії проектування для будівель з визначеними характеристиками об'ємно-планувальних, конструктивних рішень та параметрами пожежного навантаження вибрати характеристики ПКК, які забезпечать можливість подачі вогнегасної речовини у кількості, що необхідна для успішного гасіння пожежі.

Аналізуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що зміна характеристик елементів ПКК приводить до значних змін фактичних витрат, які можливо використовувати для гасіння пожежі в будівлі, що у свою чергу впливає на ефективність використання системи внутрішнього водопостачання. У нормативній документації відсутні вимоги з визначення конкретних значень елементів ПКК, а значить може скластися ситуація, коли встановлений ПКК не зможе взагалі ліквідувати виниклу пожежу або його використання в ряді випадків буде неефективно.

Для підвищення ефективності використання внутрішнього водопроводу при гасінні пожежі в житлових будівлях доцільно використовувати ПКК, вибираючи характеристики

їхнього складових залежно від умов їхньої експлуатації в рамках вимог нормативної документації.

ЛІТЕРАТУРИ

1. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15-2005. – [Чинний від 18-05-05]. – К. : Держбуд України, 2005. – 44 с. (Державні будівельні норми України).
2. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24-2009. – [Чинний від 01-09-09]. – К. : Держбуд України, 2009. – 105 с. (Державні будівельні норми України).
3. Внутрішній водопровод та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. ДБН В.2.5.-64-2012 . – [Чинний від 01-03-13]. – К. : Держбуд України, 2013. – 135 с. (Державні будівельні норми України).
4. Пожежна техніка. Кран-комплекти пожежні. Частина 1. Кран-комплекти пожежні з напівжорсткими рукавами. Загальні вимоги (EN 671-1:2001, MOD): ДСТУ 4401-1-2005. [Чинний від 25-05-05]. – К. : Держспоживстандарту України, 2005. – 22 с. (Національний стандарт України)
5. Динь Конг Хынг. Обеспечение пожарной безопасности верхних этажей высотных зданий: автореф. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.26.03 “Пожарная и промышленная безопасность (строительство)”/ Динь Конг Хынг. – М., 2013. – 20 с.
6. Смирнов А. С. Методика анализа качества технических средств обеспечения тушения пожаров в зданиях повышенной этажности : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.03 / Смирнов Алексей Сергеевич. - Санкт-Петербург, 2002. – 155 с.
7. Щербак С.Н. Использование внутреннего водоснабжения для эффективного тушения пожаров в жилых зданиях / С.Н. Щербак // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ, 2014. – Вып. 36. – С. 279-286
8. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: Техніка, 1975. – 168 с.

Shcherbak S.N., D. O. Onischenko

USE KITS FIRE HYDRANTS TO EXTINGUISH FIRES IN HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDING

The report shows that the change in the characteristics of PKK elements leads to significant changes of actual costs, which can be used to extinguish the fire in the building, which in turn affects the efficiency of the internal supply. In regulatory documents no requirement to determine the specific values of PKK elements, and therefore may be a situation where installed PKK can not eliminate all fire or use it in some cases will be ineffective.

СЕКЦІЯ 7. СИЛИ ТА ЗАСОБИ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

С.В. Васильєв к.т.н., доцент НУЦЗУ; О.О. Ковальов к.т.н. НУЦЗУ; В.Г. Баркалов НУЦЗУ

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВИСОКОПРОДУКТИВНОГО
ПЕРЕКАЧУВАННЯ ВОДИ ОСНОВНИМ ПОЖЕЖНИМ АВТОМОБІЛЕМ**

Оперативно-рятувальні підрозділи ДСНС України у своїй практичній діяльності стикаються з необхідністю перекачувати велику кількість води. Зазвичай обладнання, що стоїть у оперативному розрахунку буває достатньо. Основним (найбільш розповсюдженим) автомобілем є АЦ-40(130)63Б, та його аналог підвищеної прохідності АЦ-40(131)127. У номінальному режимі він дозволяє, за допомогою відцентрового насосу ПН-40 різних модифікацій, перекачувати рідини з продуктивністю $144\text{ м}^3/\text{год}$ (40 л/с) з глибини 3,5 м [1], та створювати тиск 1 МПа. Однак такий спосіб не є достатнім для вирішення специфічних задач. Таким чином неможливо забрати воду з глибини більшої за 7,5 м, з відстані більшої за 7-11 м, та при глибині водойму менше за 0,45 м. Для вирішення цих задач основний пожежний автомобіль комплектується струминним насосом (гідроелеватор Г-600А), що працює разом з основним насосом пожежного автомобіля [2].

Однак залишається невирішеним питання перекачування значно більших обсягів води. Зазвичай така задача вирішується використанням декількох пожежних автомобілів, однак такий спосіб обґрунтований тільки у випадку необхідності створення значного тиску рідини, що перекачується (0,2 МПа та більше) та наявності цієї додаткової техніки. Використання декількох пожежних автомобілів для безнапірного (0,1 МПа та менше) відкачування води або для швидкого заповнення єдностей при використанні водозабезпечення пожежогасіння (або інших аварійно-рятувальних робіт) методом «підвозу» технічно та економічно недоцільно.

Використання пожежного автомобіля обумовлено виконанням інструкції з експлуатації [3] та інших документів ДСНС. Однак зазначений автомобіль був прийнятий на озброєння у 1969 році, в той час не приділялося достатньо уваги економічній доцільності заходів спрямованих на рятування людей та державної власності (особливо якщо зазначені заходи призводили до ускладнення обладнання та збільшення вимог до навичок персоналу необхідних для роботи на ньому). Враховуючи стаж роботи автомобіля понад 40 років, можна бачити, що спроби розвинути його нові технічні та тактичні можливості в останній час практично не робилися.

У інструкції [3] зазначено ТТХ автомобіля. Зокрема подача насоса складає 40 л/с . Саме таку кількість води може подавати справний пожежний автомобіль у нормальних умовах с заданої глибини, під тиском 10 атм. при 2700 об/хв. валу насоса. Однак більша кількість водіїв приймає це значення за максимально можливе та не розглядає можливість подати воду в більшій кількості. На рис.1 наведено головну характеристику насоса (Q-H характеристику) ПН-40У, що побудовано за аналітичною залежністю (1), з якої можна побачити, що у номінальному режимі роботи насос може створювати статичний тиск понад 1,1 МПа, а під тиском 0,75 МПа розвивати подачу 60 л/с .

$$H = 110,6 - 0,0098Q^2 \quad (1)$$

де: H – тиск (напір), на вихідних патрубках, м.вод.ст., Q – подача насоса, л/с.

На рис. 1 залежність розрахована для подачі до 60 л/с , це пов'язано з критичним значенням швидкості рідини (турбулізація потоку) у всмоктуючій лінії насоса при більших значеннях подачі.

Тобто АЦ-40(130)63Б може перекачувати воду з продуктивністю 216 м³/год у номінальному режимі розвиваючи тиск 0,75 МПа. Однак незважаючи на фізичне обмеження продуктивності, що пов'язано з діаметром всмоктуючої лінії, зазначений автомобіль може перекачувати воду зі значно більшою продуктивністю.

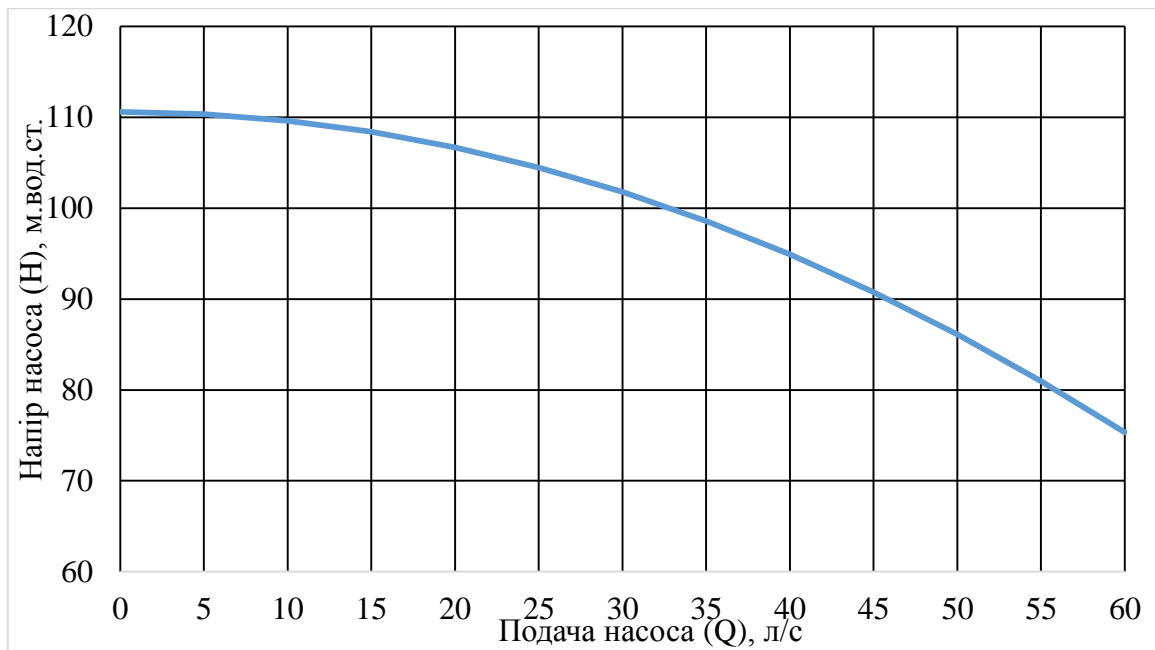


Рис. 1 Головна характеристика насоса ПН-40У

У нормативній та навчальній літературі зазначається можливість використання гідроелеватора Г-600А разом зі штатним відцентровим пожежним насосом [2, 3]. Однак його використання пропонується тільки за умов неможливості забрати воду за допомогою всмоктуючої сітки. У зв'язку із чим розглядаються тільки схеми роботи з одним та двома гідроелеваторами з підключенням зворотної лінії до всмоктуючого патрубку насосу того ж самого автомобіля чи напряму до його цистерни. Такі схеми дають можливість отримувати воду з достатнім напором для безпосереднього використання на цілі пожежогасіння, однак зменшують загальну продуктивність перекачування.

Для випадків відкачування великої кількості води з затоплених приміщень та швидкого заповнення ємностей при використанні гасіння з водозабезпеченням шляхом «підвозу води» надмірний тиск на викидних лініях непотрібен. Тому пропонується використовувати «відкриту гідроелеваторну схему» (рис. 2).

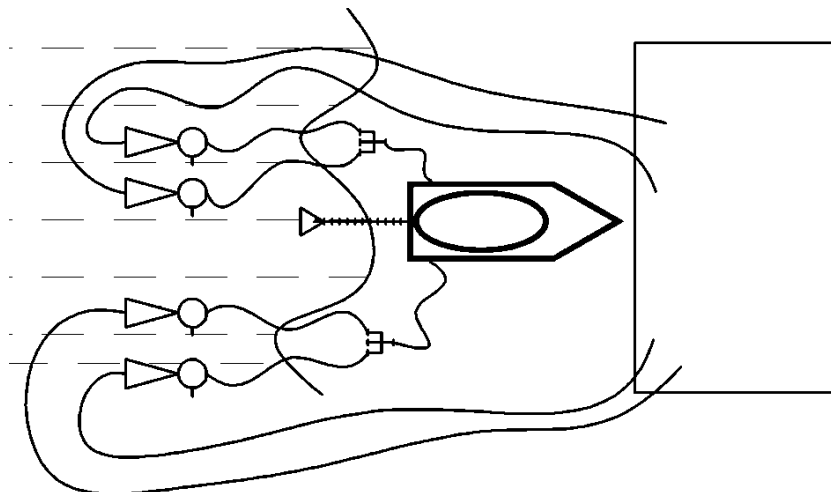


Рис. 2. Зразок відкритої гідроелеваторної схеми.

Визначимо можливу кількість гідроелеваторів, що можуть одночасно працювати у такий схемі. Для чого розрахуємо необхідний тиск на відцентровому насосі пожежного автомобіля для роботи гідроелеваторів у номінальному режимі (рис. 3) (2).

$$H_{\text{пн}} = \sum S_i Q_i^2 + H_{\Gamma-600} \quad (2)$$

де: Q_i – розхід води крізь ділянку (л/с), S_i – опір ділянки, $H_{\Gamma-600}$ – номінальний тиск на вхідному патрубку гідроелеватора Г-600А

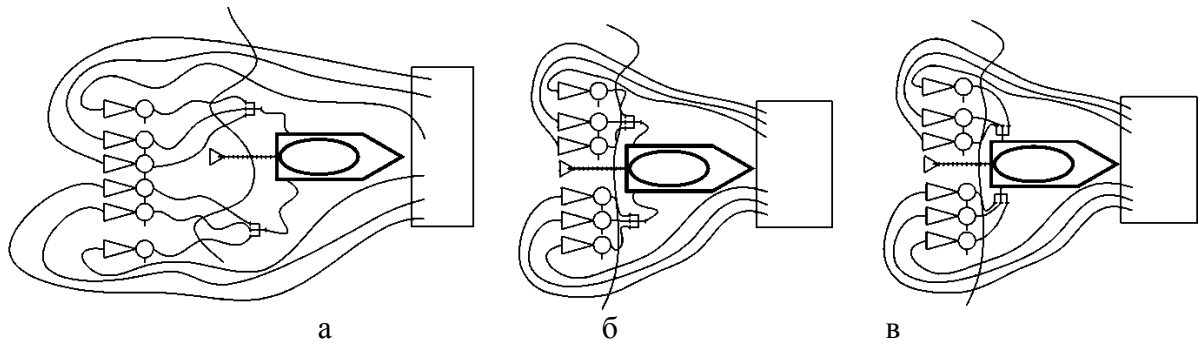


Рис. 3. Розрахункові схеми

а – використовуються пожежні напірні рукава довжиною 20 м, б – на першій та другій ділянці використовуються пожежні напірні рукава довжиною 4 м (водійські), в – розгалудження приєднано безпосередньо до напірних патрубків насосу, на другій ділянці використовуються пожежні напірні рукава довжиною 4 м (водійські)

Таблиця 1. Розрахунок необхідного напору пожежного насосу.

| Кількість Г-600А | Загальна У лінії | Розхід у рукавній лінії ($Q_{\text{рл}}$), л/с | Загальна подача насосу ($Q_{\text{пн}}$), л/с | Падіння напору на першій ділянці, м.вод.ст. | | Падіння напору на РГ-80 ($S=0.0031$), м | Падіння напору на другій ділянці, м.вод.ст. | | Необхідний напор, м.вод.ст. | | |
|------------------|------------------|--|---|---|----------------------------------|---|---|----------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| | | | | Рукав довжиною 20 м ($S=0.015$) | Рукав довжиною 4 м ($S=0.003$) | | Рукав довжиною 20 м ($S=0.015$) | Рукав довжиною 4 м ($S=0.003$) | Схема рис. 4а | Схема рис. 4б | Схема рис. 4в |
| 1 | 1 | 9,2 | 9,2 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 5,5 | 1,1 | 87 | 81,6 | 81,4 |
| | 0 | - | | - | - | - | - | - | | | |
| 2 | 1 | 9,2 | 18,3 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 5,5 | 1,1 | 87 | 81,6 | 81,4 |
| | 1 | 9,2 | | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 5,5 | 1,1 | | | |
| 3 | 2 | 18,3 | 27,5 | 5,0 | 1,0 | 1,0 | 5,5 | 1,1 | 91,6 | 83,2 | 82,1 |
| | 1 | 9,2 | | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 5,5 | 1,1 | | | |
| 4 | 2 | 18,3 | 36,7 | 5,0 | 1,0 | 1,0 | 5,5 | 1,1 | 91,6 | 83,2 | 82,1 |
| | 2 | 18,3 | | 5,0 | 1,0 | 1,0 | 5,5 | 1,1 | | | |
| 5 | 3 | 27,5 | 45,8 | 11,3 | 2,3 | 2,3 | 5,5 | 1,1 | 99,2 | 85,7 | 83,4 |
| | 2 | 18,3 | | 5,0 | 1,0 | 1,0 | 5,5 | 1,1 | | | |
| 6 | 3 | 27,5 | 55,0 | 11,3 | 2,3 | 2,3 | 5,5 | 1,1 | 99,2 | 85,7 | 83,4 |
| | 3 | 27,5 | | 11,3 | 2,3 | 2,3 | 5,5 | 1,1 | | | |

Зіставляючи данні з рис. 1 та таблиці 1 можна зробити висновок про можливість (у номінальному режимі роботи відцентрового та струминних насосів) одночасної роботи 4-х гідроелеваторів із застосуванням всіх схем, та 5 гідроелеваторів за схемами б та в (рис. 3).

Тобто запуск відкритої гідроелеваторної схеми на 6 гідроелеваторів, у номінальному режимі роботи відцентрового насосу та гідроелеваторів неможливий. Схема може бути запущеною, однак параметри робочої рідини на вході до гідроелеваторів будуть нижче за номінальні а це, в свою чергу, призведе до не раціонального режиму роботи з меншою продуктивністю.

При необхідності перекачування води з великою продуктивністю на відстань до 15 м та на висоту до 19м з використанням пожежного автомобіля бажано використовувати «відкриту гідроелеваторну схему» на 5 гідроелеваторів. Зазначена схема надає можливість забезпечити подачу до 96 л/с замість 60 л/с (а зазвичай до 40 л/с) з використанням тільки забору води за допомогою всмоктувальної сітки тобто ефективніше на 160%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пожежна тактика : Підруч. / П.П. Ключ, В.Г. Палюх, А.С. Пустовой, Ю.М. Сенчихін, В.В. Сировой . – Х. : Основа, 1998 . – 592 с.
2. Пожежна та аварійно-рятувальна техніка. Частина І. Конструкції базових шасі та матеріали, які використовують при виготовленні пожежної та аварійно-рятувальної техніки. Навчальний посібник. – Х.: УЦЗУ, 2007. – 937 с.
3. Руководство по эксплуатации 318-00-00-00РЭ «АЦ-40(130)63Б »

Vasiliev S.V., Kovalev A.A., Barkalov V.G.

PROPOSALS FOR POSSIBLE HIGH WATER PUMPING MAIN FIRE VEHICLE

The possibility of pumping water with the main fire truck, an example of AC-40 (130) 63B, with a nominal productivity exceeding 1.5 - 2 times. The schemes of operational deployment at the decision of the task and formulate restrictions for the proposed schemes.

Д.В. Донской, ад'юнкт, НУГЗУ
А.А. Ковалёв, к.т.н., доцент, НУГЗУ

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНОЙ МАШИНЫ РАЗМИНИРОВАНИЯ С ВОЗДУШНОЙ РАЗГРУЗКОЙ

При проведении работ по разминированию и обезвреживанию не взорвавшихся боеприпасов, что особенно актуально для Украины, актуальной научно-технической задачей является разработка внедорожного транспортного средства оказывающего минимальное давление на грунт. В настоящее время на вооружении саперно-технических подразделений различных стран состоят, инженерные машины разминирования на гусеничном и колёсном ходу. Рассмотрим наиболее современные и высокоэффективные образцы данной техники:

1. Комплекс разминирования «Уран-6» представляет собой легкую бронемашину с дистанционным управлением и системами разминирования (рис.1.). Оборудование комплекса позволяет производить обнаружение опасных предметов, а затем определять их тип и в зависимости от этого, оператор комплекса выбирает наиболее эффективный и безопасный способ обезвреживания.



Рис. 1 Робототехнический комплекс разминирования «Уран-6»

2. Машина дистанционного разминирования (рис. 2) способна обнаруживать любые взрывные устройства и скрытые заряды на расстоянии до 100 метров и ликвидировать их с помощью высокочастотного направленного излучения. Данная машина изготовлена в бронированном корпусе, способном защитить от осколков мин, от пуль и гранат. Однако, машина, не предназначена для ведения боевых действий в открытом бою.



Рис.2 Машина дистанционного разминирования

3. Машина разминирования PEROCC (рис.3) разработанная Британской компанией Pearson Engineering Ltd, для борьбы с взрывными устройствами. Благодаря применению комплекса специальных инструментов имеет возможность обнаружения и обезвреживания мин и быстрой прокладке безопасного маршрута, сохраняя при этом высокий уровень самозащиты. Машина способная производить траление дороги на скорости до 40 км/ч. Инженерная машина PEROCC имеет двойное бронированное днище V-образной формы, отклоняющее взрыв, под отделением экипажа, обеспечивающее уровень защиты STANAG 4569 Level 3 и выше.



Рис.3. Машина разминирования PEROCC

4. Многофункциональный механический комплекс по разминированию противопехотных мин (МАРМКС) MV-4 предназначен для уничтожения всех видов существующих сегодня противопехотных мин, способен выдерживать взрыв противотанковой мины с объёмом взрывчатого вещества до 8 кг под рабочим органом.

Разминирование производится рабочим органом, который представляет собой вращающийся с большой частотой барабан, на котором закреплены 34 бойковых трала из термоустойчивого и износостойчивого материала. В ходе работы они разбивают и взрыхляют почву на глубину до 30 см.



Рис. 4. Машина разминирования MV-4

Рассмотренные инженерные машины разминирования, используемые в настоящее время в саперно-технических различных стран, оказывают на грунт давление 150...250 кПа (1500...2500 г/см²), что является крайне опасным [1]. При этом требуемая величина предельного давления на грунт должна составлять 5-10 кПа(50-100 г/см²).

Обеспечить требуемые параметры возможно лишь с использованием нового типа инженерной машины разминирования с воздушной разгрузкой. Основными конструктивными элементами данной машины являются грузовая транспортная платформа на воздушной подушке и контактные движители колёсного, либо гусеничного типа, при этом одной из основных задач является разработка принципиальной схемы и конструкции подвески движителей, от которой в значительной степени зависят технико-эксплуатационные характеристики создаваемой машины [2,3].

Конструкция механизма подвески, ее статические и динамические показатели определяют поведение транспортного средства при движении и его энергетические характеристики, при этом к подвеске движителей платформ с воздушной разгрузкой предъявляется ряд специфических требований:

- обеспечение остойчивости на различных режимах движения по поверхности с любой степенью вязкости и сложными характеристиками рельефа;
- обеспечение необходимых тягово-сцепных свойств движителей на сложных участках пути;
- обеспечение управляемости транспортным средством;
- обеспечение регулируемой разгрузки опорно-двигательных устройств.

Остойчивость транспортных средств на воздушной подушке (ВП) значительно ниже, чем у обычных транспортных средств, это означает высокую чувствительность дифферента и крена к действию различного рода моментов. Перекос корпуса аппарата на ВП относительно экрана приводит к резкому возрастанию усилия прижима периферийного ограждения к экрану. Скольжение периферийного гибкого ограждения по твердой поверхности (почве, песку, галечнику) сопровождается значительными энергетическими потерями и интенсивным изнашиванием.

Критерием рационального сопряжения движителей с платформой на ВП следует считать минимум продольных и поперечных опрокидывающих моментов, передаваемых на платформу со стороны опорно-двигательных устройств. Управляемость транспортной системы достигается применением поворотных рам, содержащих вертикальные шарниры. Поворотные рамы, как правило, совмещаются с сопрягающим механизмом подвесок. Конструкция поворотных рам, их расположение в подвеске, могут оказать существенное влияние на устойчивость движения платформы на ВП по косоугору и на криволинейных участках пути, остойчивость платформы и энергозатраты на передвижение.

Важнейшие преимущества транспортным средствам на воздушной подушке дает применение регулируемой разгрузки опорно-двигательных устройств, например, гидравлическими цилиндрами. Таким образом, создается возможность управления давлением и сцеплением движителей с поверхностью. Кроме того, гидравлическая система разгрузки может быть использована для автоматической стабилизации положения платформы, исключая крен и дифферент.

При разработке конструкции внедорожного транспортного средства с воздушной разгрузкой были проанализированы три типа сопрягающих устройств:

- сочленение движителей с платформой на ВП с помощью однорычажной подвески (рис. 5);
- сочленение с помощью вертикальных направляющих, совмещенных с силовыми гидроцилиндрами управления разгрузкой (рис.6);
- сочленение с помощью шарнирно-рычажной четырехзвенной подвески (рис.7).

Сопрягающее устройство, изображенное на рисунке 1, содержит направляющий рычаг 1, соединенный горизонтальными шарнирами с поворотной рамой 2 и гусеничными тележками 3. Поворотная рама 2 с помощью кронштейна на 4 вертикальным шарниром

соединяется с платформой 5. Силовой гидроцилиндр 6 обеспечивает управление разгрузкой гусеничной тележки 3. Сопрягающее устройство такого типа использовано в транспортном средстве на воздушной подушке "Вектор" финской фирмы Вяртсиля.

Подвеска движителей с вертикально-направляющим механизмом работает по схеме, показанной на рисунке 2. Силовые гидроцилиндры 1 жестко закреплены в кронштейнах 2 платформы 3. Штоки 4 цилиндров через систему горизонтальных шарниров соединяются с гусеничными тележками 5. Поворот тележек 5 производится через шток 4 квадратного сечения специальным механизмом (на схеме не показан).

Вариант подвески движителей на основе четырехзвенного шарнирно-рычажного направляющего механизма показан на рисунке 3. Этот механизм обеспечивает перемещение гусеничных тележек по дуге окружности.

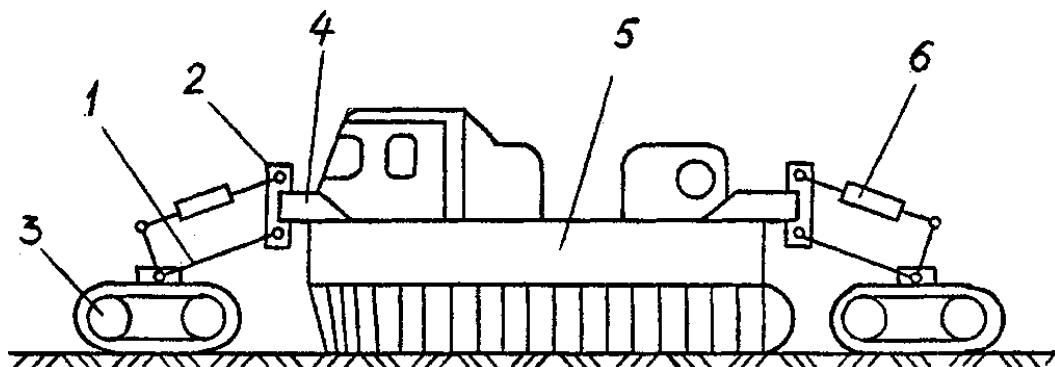


Рис. 5. Схема транспортной системы с сопрягающим устройством однорычажного типа.

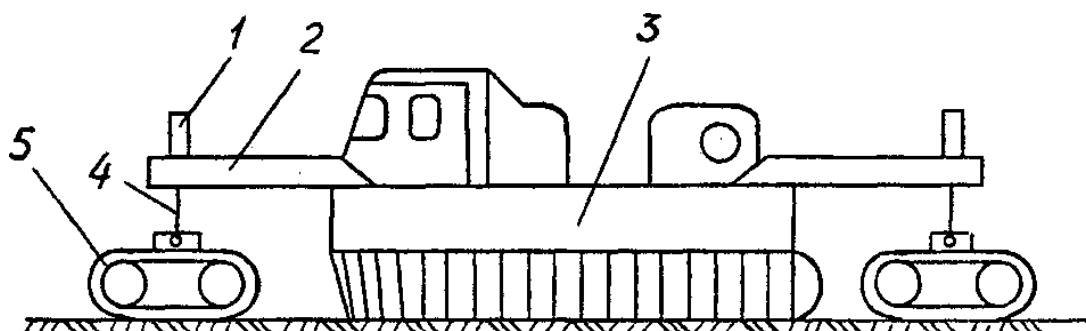


Рис. 6. Схема транспортной системы с вертикально-направляющим устройством сопряжения

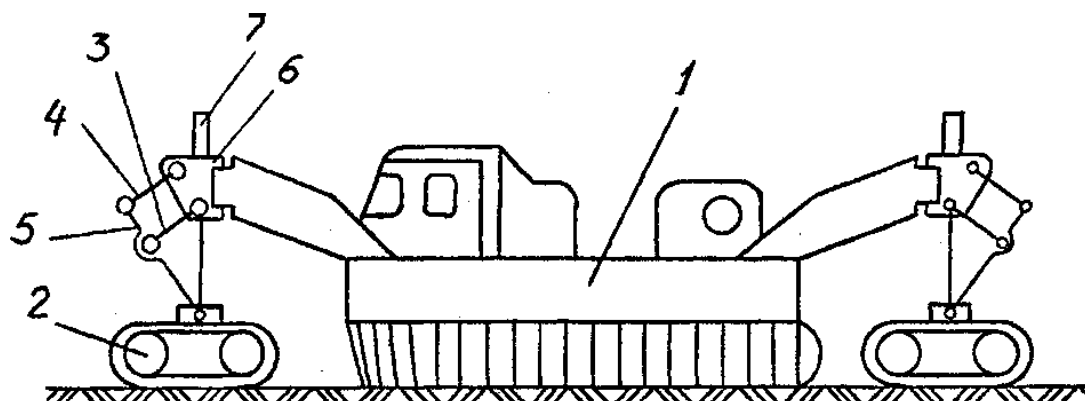


Рис. 7. Вариант схемы транспортной системы с четырехзвенным механизмом сопряжения

Платформа сочленяется с гусеничными движителями 2 подвижными рычагами 3, 4 и 5, шарнирно закрепленными в поворотной раме 6 с гидроцилиндрами 7 управления

разгрузкой. Нижний конец рычага 5 соединяется с гусеничными тележками двойными шарнирами. Варьируя длинами рычагов и координатами точек их крепления можно обеспечить различные траектории движения гусеничных тележек относительно платформы на ВП. Например, траектория по дуге окружности с центром в точке приложения равнодействующей сил сопротивления передвижению платформы практически исключает продольные моменты на платформе и неравномерность ее движения.

Опытная эксплуатация наземных транспортных средств на воздушной подушке показала перспективность применения контактных движителей, (гусеничных, колесных) сочлененных с платформой системой рычагов и шарниров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Б.А., Бочаров И. Ф., Жеглов Л. Ф., Зувов В.Н., Полунгян А.А., Фоминых А.Б., Цыбин В.С. Проектирование полноприводных колесных машин. Т.1, М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999, - 488с.
2. Демешко Г. Ф. Сферы и проблемы использования современных СВП. НТО им. академика А.Н. Крылова. - Л., 1980. -С. 32-33.
3. Киркин С.Ф. Амфибийные транспортные машины с воздушной разгрузкой // Международный ежегодник. Jane's High-Speed Marine Transportation, London, 1997.

D.V. Donskoy, graduate student, National university of civil protection of Ukraine
AA Kovalev, Ph.D., associate professor, National university of civil protection of Ukraine

Considered the most advanced and high efficiency design engineering sapper machines. The necessity of creation of engineering machines demining has minimal pressure on the ground. A new type of engineering machines demining with air discharge.

Загора О.В., канд. тех. наук, доцент, старший викладач Національного університету цивільного захисту України,
Фещенко А.Б., к.т.н., доцент, доцент Національного університету цивільного захисту України

МАЛОГАБАРИТНА АНТЕНА ПОРТАТИВНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИМІРЮВАЧА ТОВЩИНИ ЛЬОДУ

Більшість водойм України протягом холодної пори року покрито льодом. Мінімальне значення товщини льоду, при якому забезпечується безпечно подолання людиною і легким автотранспортом крижаних переправ, становить від 5 до 15 см. Визначення товщини льоду необхідно для пошуку переправ, побудови карт льодового покриття району надзвичайної ситуації (НС) для організації пошуково-рятувальних робіт та в інших аналогічних ситуаціях. Оперативне вирішення цих завдань можливе при використанні портативних радарів - радіолокаційних станцій підповерхневого зондування (РЛСПЗ), встановлених на автомобілях, безпілотних літальних апаратах (БЛА) або виконаних у переносному (носимому) варіанті. Оскільки можливості таких вимірювачів в значній мірі визначаються властивостями і характеристиками антенних систем, що застосовуються, вибір малогабаритної антени портативного радіолокаційного вимірювача є актуальним завданням при розробці (вборі) і моделюванні ефективності функціонування подібних систем.

В роботі [1] запропоновано методичне забезпечення і приклад роботи системи мобільного моніторингу, що має в складі БЛА, при оцінці характеристик НС. У роботі [2] досліджено залежність форми зонduючого сигналу на точність радіолокаційних вимірювачів товщини льоду; відзначений, зокрема, відносно вузький (приблизно від 25 до 200 МГц) діапазон радіопрозорості льоду. У [3] дана класифікація льодів, заснована на динаміці вод, розмірі водної поверхні і під час розвитку крижаного покриття, досліджені можливості безконтактних оперативних вимірювань товщини льоду за допомогою багатофункціонального портативного радара. В [4] проведено обґрунтування вимог до енергетичного потенціалу РЛСПЗ і основних характеристик зонduючих сигналів. Показано, зокрема, що потужності передавача в 1 Вт може бути достатньо для виконання відповідних вимірювань на висоті до 500 м.

Ринок антенних систем в наш час пропонує значну кількість вимірювальних антен вітчизняних і зарубіжних фірм-виробників, що відрізняються за своїм призначенням, діапазоном робочих частот, які представляють широкий спектр конструктивних рішень. Зазвичай виробники в технічній документації вказують конкретне призначення і технічні умови, вимогам яких відповідає та чи інша антена. Інтерес для фахівців представляє вибір найбільш ефективної антени при її мінімальній вартості.

Говорячи про ефективність вимірювальна антена слід чітко окреслити цілі та умови, в яких антена буде застосовуватися. У разі вимірювання товщини льоду мобільним радіолокаційним вимірювачем зростає роль як власне електричних, так і тактичних характеристик приладу (вага, габарити, вітровий опір та ін.). Вибираючи діапазон антени необхідно враховувати, що особливістю сучасних портативних радарів є використання в якості зонduючого сигналу коротких імпульсів без несучої частоти, що мають властивості широкосмугових сигналів [3]. Спрямованість антени також може істотно впливати на енергетичний потенціал РЛСПЗ [4]:

$$N_{дБ} = 10 \log(P_{прд}/P_{прм}) \approx 17 + 20 \log(H) - 20 \log(n) - 10 \log(K) \approx \quad (1) \\ \approx 17 + 20 \log(H) - 10 \log(K),$$

де $P_{прд}$ - потужність зонduючого сигналу,
 $P_{прм}$ - чутливість приймача,

K – коефіцієнт спрямованої дії (КСД) антени;

$n \approx 1$ – середній коефіцієнт відбиття;

H – висота польоту.

Бачимо, що підвищення КСД антени дозволяє компенсувати втрати енергетичного потенціалу, які викликані збільшенням висоти вимірювань, обмеженням потужності передавача, що особливо важливо в умовах жорстких обмежень ваги РЛСПЗ при розміщенні на БЛА. Особливістю даного випадку є також те, що антена повинна поєднувати у собі спрямовані властивості з максимально можливою широкополосністю.

З теорії антенних систем відомо, що ефективність антени знаходиться у прямій залежності від її геометричних розмірів. Коефіцієнт посилення антени по відношенню до ненаправленого (ізотропному випромінювача) визначається за формулою:

$$G \approx \frac{4\pi S}{\lambda^2}, \quad (2)$$

де: S – еквівалентна площа антени;

$\lambda = c/f$ – довжина хвилі (c – швидкість поширення радіохвиль, f – частота) сигналу.

З формули (2) видно, що чим більше еквівалентна площа антени, тим більше коефіцієнт її посилення. Так, ширина головної пелюстки діаграми спрямованості пов'язана з лінійними розмірами наступним наближеним співвідношенням:

$$\Delta\Theta \approx \frac{50\lambda}{l}, \quad (3)$$

де: $\Delta\Theta$ – ширина головної пелюстки ДСА по рівню -3 дБ, град;

l – лінійний розмір еквівалентної площадки у плоскості вимірювання ДСА.

Перетворив (3), отримаємо:

$$l \approx \frac{50\lambda}{\Delta\Theta} = 50 \frac{c}{f \cdot \Delta\Theta}. \quad (4)$$

Звідси випливає, що для антени з шириною ДНА в горизонтальній площині 60° еквівалентна майданчик матиме розмір по горизонталі $0,25$ м для частоти 1 ГГц, а для частоти 100 МГц – вже $2,5$ м. Розміри антени зворотно пропорційні частоті застосовуваного сигналу і визначаються даної частотою.

Ще одним важливим фактором, що визначає ефективність антени, є коефіцієнт корисної дії (ККД). У загальному випадку коефіцієнт посилення антени є добутком КСД антени і її ККД μ :

$$G = K \cdot \mu. \quad (5)$$

Тому недостатньо вибрати антену з великою еквівалентною площею, треба ще всю енергію, що падає на цю площу, з мінімальними втратами доставити до входу прийомо-передавача, до якого підключена антена.

У таблиці 1 наведено характеристики деяких конструкцій антен, що відповідають вимогам, які пред'являються.

Бачимо, що, наприклад, за коефіцієнтом посилення суттєву перевагу мають антени, розроблені на основі конструкції Вівальді. У той же час такі параметри, як ККД, вага і інші з тактичної групи в значній мірі визначаються матеріалами і технологіями, що використовуються виробником при їх виготовленні. Тому остаточне рішення щодо відповідності конструкції і характеристик антени пропонованим вимогам повинно прийматися за результатами натурних польових випробувань зразків, що пропонуються.

ТАБЛ.1.ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШИРОКОСМУГОВИХ АНТЕН.

| Назва (конструкція) | Робочий діапазон | Коефіцієнт стоячої хвилі | Габаритні розміри | Коефіцієнт підсилення, дБі, ДСА |
|------------------------------------|---|--------------------------|--------------------|------------------------------------|
| антена Вівальді "Антрад-10" | 0,6-8 ГГц | 2,5 | 325 x 200 x 1.5 мм | до 13 |
| Віальна антена | 40-300 МГц | 1,4-1,7 | | 1,5 - 2 |
| Широкопугова зигзагоподібна антена | вище 1 ГГц, 50-55% от F _{ср} | 2 | | 7 дБі, ширина ДСА 70° на 90° |

Застосування портативного радара для вимірювань товщини льоду вимагає вибору антен, використовуваних локатором, за сукупністю технічних і експлуатаційних параметрів. Остаточний висновок про доцільність використання обраної конструкції антен може бути прийнятий в ході практичних досліджень її ефективності в реальних умовах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кирочкин А.Ю. Использование системы мобильного мониторинга с беспилотным летательным аппаратом для оценки характеристик выброса опасной химического вещества /А.Ю.Кирочкин, А.А.Левтеров: Сборн.научн. трудов "Проблемы чрезвычайных ситуаций", № 15, С.72. – Х.: НУГЗУ, – 2012.

- Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol15/Kirochkin.pdf>

2. Оганесян А.Г. Влияние формы зондирующего сигнала на точность радиолокации слоистых сред. [Электронный ресурс] / А.Г.Оганесян, И.Б.Чайковский. // Журнал радиоэлектроники - 2001. - № 7. - Режим доступу: <http://jre.cplire.ru/alt/aug01/5/text.html> /

3. Многофункциональный портативный радар для измерения толщины льда. [Электронный ресурс] / Топольский Н.Г., Симаков В.В., Зеркаль А.Д., Серегин Г.М., Мокшанцев А.В., Агеев С.В.// Технологии техносферной безопасности – 2012. - № 1 (14) - Режим доступу: <http://uwbs.ru/wp-content/uploads/Статья-АГПС-МЧС.pdf>

4. Донцов В. Выбор широкополосных измерительных антенн в целях контроля эффективности защиты информации. [Электронный ресурс] / Донцов В.// Jet Info – 2008. - № 9. - Режим доступу: <http://www.jetinfo.ru/stati/vybor-shirokopolosnykh-izmeritelnykh-antenn-v-tselyakh-kontrolya-effektivnosti-zaschity-informatsii>

Zakora O.V., Ph.D, National University of Civil Defense of Ukraine

Feshchenko A.B., Ph.D, National University of Civil Defense of Ukraine

CHOOSING A SMALL-SIZED ANTENNA FOR PORTABLE RADAR ICE THICKNESS MEASURER

The recommendations on the choice of the portable radar antenna for measuring the thickness of ice at securing ice crossings in the area of emergency, as well as measures to save lives on the ice.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

З розвитком конструкцій автомобільної техніки, розробляються та застосовуються різні рекомендації з її технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). При цьому залежно від технічного рівня її, накопиченого досвіду експлуатації та інших чинників, відбуваються зміни у самих поняттях «технічне обслуговування» і «ремонт». Однак залишається актуальним підтримання належного рівня експлуатаційної надійності парку протипожежної та аварійно-рятувальної автомобільної техніки. Як показує аналіз відповідних досліджень спиратися лише на досвід у галузі технічної експлуатації закордонних автомобілів та іншої технологічно високорозвиненої техніки не можна.

Великий внесок у розвиток технічної експлуатації автомобілів, як науки, внесли відомі учені Несвітський Я.І., Говорущенко М.Я., Волков В.П., Кузнецов Є.С., Лудченко О.А., Варфоломєєв В.М., Кравченко А.П., Бажинов О.В. та ін., результати праць яких ґрунтовно викладені у багатьох літературних джерелах. Їх наукові доробки стали основою чинної планово-запобіжної системи ТО і Р як для техніки національної економіки, так і для військової. Вона широко застосовується на практиці для планування експлуатаційних впливів, спрямованих на підтримання транспортних засобів у справному стані, а також використовується для формування вимог під час розробки нових зразків протипожежної техніки.

При цьому, володіючи рядом переваг, чинна система має і певні недоліки. Так, наприклад, у [1] відзначається: «Технічне обслуговування, яке виконується за календарним напрацюванням, не є оптимальним для підтримання якісного технічного стану, оскільки обслуговуванню часто піддаються ті машини, які цього не потребують, в той же час інші, які цього потребують, своєчасно не обслуговуються». До недоліків чинної планово-запобіжної системи ТО і Р автомобільної протипожежної техніки, можна віднести що ця система, будучи жорстко детермінованою, не враховує динаміки технічного стану старіючих транспортних засобів. Це говорить про недостатню адаптивність системи, невідповідність її реальним запитам з боку сфери експлуатації протипожежних транспортних засобів.

Перераховані недоліки і стали передумовою для багатьох досліджень, зокрема і для протипожежної та аварійно-рятувальної техніки, спрямованих на пошук різних методів як на оптимізацію періодичності обслуговування техніки, так і вдосконалення системи ТО і Р в цілому.

У сучасних наукових дослідженнях розглядаються різні напрямки вдосконалення системи ТО і Р автомобілів, в т.ч. і аварійно-рятувальних, у переважній більшості з яких акцентується, що основою підвищення та підтримання належного рівня готовності транспортних засобів слід вважати впровадження прогресивної системи підтримки їх працездатного стану на основі діагностичної інформації.

У дослідженнях [2] розглядаються різні підходи щодо визначення оптимальної періодичності виконання відповідних профілактичних обслуговувань. У деяких дослідженнях з метою оперативного керування працездатністю транспортних засобів, пропонується визначати момент відповідних профілактичних обслуговувань за енергетичним критерієм – сумарною витратою палива. Для точнішого планування, періодичності технічних впливів $L_{\text{КР ОР}}$ запропоновано визначати за сумарною витратою палива $Q_{\text{КР ОР}}$ [3]:

$$L_{\text{КР,ОР}_1} = Q_{\text{КР,ОР}_1} = KL_{\text{н.КР,ОР}_1} \left[(H_0 + H_{\text{Д}} \cdot G_{\text{ГР}}) + H_{\text{Д}} \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta \right], \quad (1)$$

де K – коефіцієнт коректування нормативних пробігів контрольних і обов’язкових робіт, залежно від категорії умов експлуатації; $L_{нкр,оп}$ – нормативна періодичність даного впливу для першої категорії умов експлуатації, км; H_o – основна лінійна витрата палива на 100 км пробігу, л; H_d – додаткова норма витрати палива на транспортну роботу, л/100 тис. км; $G_{пр}$ – власна маса автомобіля, т; q – номінальна вантажність автомобіля, т; γ і β – коефіцієнти використання відповідно вантажності і пробігу.

Можливо визначити кількість днів, що прогноуються до проведення чергового поточного обслуговування, на n -й день експлуатації за формулою:

$$m_n = n(Q_n - Q_{ф\sigma})/Q'_{р\sigma}, \quad (2)$$

де Q_n – нормативне значення витрати палива за періодичність ПО певного виду, л; $Q'_{р\sigma}$ і $Q_{ф\sigma}$ – відповідно сумарні значення скоригованого Q'_{pi} і фактичного Q_{fi} значень витрати палива, л.

Аналіз результатів обох способів вказує на те, що для існуючого парку протипожежної та аварійно-рятувальної техніки застосування наведених моделей не є доцільним. По-перше, з метою визначення фактичних витрат палива потрібні додаткові пристрої, по-друге, відомо, що технічний стан автомобілів безпосередньо впливає на витрату пального, і по-третє, особливості експлуатації у аварійно-рятувальних підрозділах не враховують такі показники як коефіцієнти використання вантажності та пробігу.

У роботі [4], з метою забезпечення готовності автомобілів до дій за призначенням, запропонована методика визначення раціональної періодичності ТО з урахуванням фактичних експлуатаційних чинників, до яких належать дорожні умови експлуатації, пробіги автомобіля з початку експлуатації, коефіцієнт використання вантажності, коефіцієнт використання пробігу, періодичність проведення ТО. Раціональна періодичність ТО-1 розраховується за формулою:

$$L_{ТО1} = L_{ТО} \cdot K, \quad (3)$$

де $L_{ТО}$ – максимальне значення регламентованої періодичності ТО-1, K – коефіцієнт коригування періодичності ТО-1 який визначається за результатами фактичних значень зазначених чинників.

Такий спосіб для застосування на практиці для парку пожежних автомобілів не є дієвим, оскільки він згідно з визначеними умовами роботи застосовується для автомобілів з терміном експлуатації від 6 до 20 років.

Реальнішою є можливість визначення оптимальних значень періодичності контролю та обслуговування пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів при їх використанні за призначенням з урахуванням технічного стану та почасової надмірності обслуговування транспортних засобів [2]. Запропоновано оцінювати якість функціонування об’єктів протипожежної техніки двома показниками:

- комплексний показник надійності – коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$, який враховує прості транспортних засобів, пов’язані із проведенням ТО та відновлення працездатності;
- показник вартості – середні питомі витрати \bar{C} на проведення відновлювальних робіт, що припадають на одиницю часу перебування транспортного засобу у працездатному стані.

Як математичну модель процесу функціонування підсистем протипожежної техніки із періодичним ТО доцільно обирати випадковий генеруючий процес $X(t)$, який у довільний момент часу може знаходитись в одному із станів (рис 1) [2]: стан e_0 , у якому транспортний засіб працездатний; стани e_1 і e_2 , в яких на транспортному засобі

проводяться відповідно поточний ТО і Р з відповідною допустимою тривалістю t_D і t_{D1} ; стани e_3 і e_4 , в яких на транспортному засобі проводяться відповідно ТО і ПР після витрати резерву часу t_{D1} і t_D ; E_+ , E_- – області працездатних і непрацездатних станів транспортного засобу.

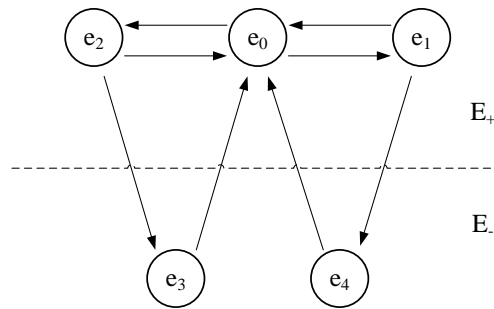


Рисунок 1. Діаграма переходів і станів процесу $X(t)$ функціонування транспортного засобу із періодичним ТО

На основі цієї моделі отримані аналітичні залежності вибраних показників якості підсистем ОВТ від періодичності T проведення ТО:

$$K_{TB}(T) = \frac{\int_0^T [1 - F(t)] dt + \int_0^{t_D} [1 - F_B(t)] dt \cdot F(T) + \int_0^{t_{D1}} [1 - \Phi(t)] dt \cdot [1 - F(T)]}{\int_0^T [1 - F(t)] dt + \bar{t}_{TO} [1 - F(T)] + \bar{t}_B F(T)} \quad (4)$$

$$\bar{C}(T) = \frac{(c_B \bar{t}_B - c_{TO} \bar{t}_{TO}) F(T) + c_{TO} \bar{t}_{TO}}{\int_0^T [1 - F(t)] dt + \int_0^{t_D} [1 - F_B(t)] dt \cdot F(T) + \int_0^{t_{D1}} [1 - \Phi(t)] dt \cdot [1 - F(T)]} \quad (5)$$

де $F(t)$ - функція розподілу нормативного пробігу t_H на відмову; $F_B(t)$, $\Phi(t)$ - функції розподілу відповідно тривалості ТО (t_{TO}) і ПР (t_B); c_{TO} , c_B - середні витрати на проведення ТО і ПР.

Незважаючи на вдалий підхід, визначення K_{TB} , \bar{C} потребує великих обсягів збору і опрацювання початкових даних. Крім цього, що вкрай важливо, не враховуються фактичні пробіги транспортних засобів на відмови та закономірності їх розподілів.

У деяких роботах з метою забезпечення належного рівня готовності транспортних засобів, пропонується вдосконалювати як структуру ремонтно-відновних підрозділів, так і внесення змін у технологію виконання самих ТО і Р. Проте, за сучасних умов, реалізація будь яких заходів із наведених робіт не є доцільними оскільки вони тісно пов'язані з рівнем розвитку конструкцій сучасних транспортних засобів, та потребують значних фінансових витрат на їх реалізацію.

За результатами виконаного аналізу сучасних наукових досліджень щодо вдосконалення системи ТО і Р автомобільної техніки встановлено, що у них не відображенні питання комплексних взаємозв'язків між: експлуатаційною надійністю автомобілів різних марок, їх віковою характеристикою, умовами їх використання та рівнем розвитку протипожежної техніки.

Враховуючи низькі вікові характеристики парку транспортних засобів протипожежної та аварійно-рятувальної техніки, існує протиріччя між необхідністю підвищення показників експлуатаційної надійності спеціалізованих транспортних засобів через вдосконалення системи ТО та обмеженими можливостями існуючого методичного апарату щодо визначення періодичності діагностувань автомобілів. Аналіз показав, що існуючі методики не враховують комплексні взаємозв'язки між фактичними рівнями як експлуатаційної надійності автомобілів для сучасних умов їх використання, так і рівня розвитку виробничо-технічної бази технічного обслуговування і ремонту. З урахуванням

сучасних невисоких рівнів використання транспортних засобів протипожежної техніки та їх експлуатаційної надійності, стану системи їх ТО, актуальним є виконання науково-прикладного завдання – розроблення (вдосконалення) методики для визначення раціональної періодичності діагностувань транспортних засобів протипожежної та аварійно-рятувальної техніки за критерієм безвідмовності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
2. Волох О.П. Методика обґрунтування раціональних значень параметрів технічного обслуговування машин інженерного озброєння при їх використанні за призначенням: дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14 «Озброєння і військова техніка»/ Волох Олександр Петрович. – Кам'янець-Подільський, 2007. – 175 с.
3. Волошина Н.П. Розробка режимів для технічного обслуговування транспортних машин на основі діагностичної інформації: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Волошина Наталія Анатоліївна. – Харків, 2001. – 240 с.
4. Максименко Є.В. Забезпечення бойової готовності армійських автомобілів при мобілізаційному розгортанні військ шляхом удосконалення системи технічного обслуговування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 20.02.14. «Озброєння і військова техніка» / Є.В. Максименко. – Київ, 2001. – 19 с.

Kalynovsky Andriy Ya., Cand. of Sc (Eng.), National university of civil protection of Ukraine

ANALYSIS OF RESEARCH FOR IMPROVING MAINTENANCE AND REPAIR OF AUTOMOTIVE ENGINEERING RESCUE UNITS

With the development of automotive engineering designs are developed and applied various recommendations for its maintenance. However, depending on the technical level of accumulated operating experience and other factors, changes occur in the same terms "maintenance" and "repair." However, it remains important to maintain an adequate level of operational reliability park fire and rescue motor vehicles. An analysis of relevant studies rely on experience in the technical operation of foreign cars and other technologically highly developed technology can not.

In the current research covers various areas of improvement of the MOT and P cars, including and emergency, in most of which emphasizes that the basis for improving and maintaining the proper level of readiness of vehicles should be considered the introduction of advanced systems to support efficient condition-based diagnostic information.

The results of the analysis of modern scientific research to improve the system maintenance and automotive technology R found that they did not question the mapping of complex relationships between: operational reliability of cars of different brands, their age characteristics, conditions of use and level of fire protection engineering.

Given the low age characteristics fleet of vehicles and fire rescue vehicles, there is a contradiction between the need to improve the performance of operational reliability specialized vehicles through system improvement and maintenance of existing disabilities analytical tools to determine the frequency diagnostics cars. The analysis showed that the existing methods do not take into account the complex relationships between actual levels of operational reliability as vehicles for modern conditions of their use and the level of production and technical base of maintenance. Given the current low levels of vehicle use fire-fighting equipment and their operational reliability of the system of maintenance is urgent scientific and applied tasks - development (improvement) methods for determining the sound frequency diagnostics vehicle fire and rescue equipment for criterion reliability.

А.А. Ковалев к.т.н., доцент НУГЗУ
В.Г. Баркалов, старший преподаватель НУГЗУ

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЁТА

При тушении низовых лесных пожаров, грунт является одним из наиболее доступных и эффективных огнетушащих средств. Эффективными способами предупреждения и тушения лесных пожаров является прокладка минерализованных полос и засыпка кромки движущегося огня грунтом [1].

Анализ существующих конструкций грунтометательных машин на тракторной тяге с помощью которых осуществляется предупреждающие и тушащие пожар меры показал, что данные средства представлены пожарными полосопрокладывателями и пожарными грунтометами, которые агрегируются с тракторами третьего и более тяговых классов, оборудованными задней навесной системой. В качестве рабочих органов в данных механизмах применяются почвенные фрезы различных типов [2].

Лесопожарные полосопрокладыватели предназначены для создания и подновления широких противопожарных заградительных полос, как меры, предупреждающей распространение огня, а также при непосредственной борьбе с лесными пожарами.

Лесопожарные грунтометы предназначены для активного тушения низовых пожаров направленной струей грунта и устройства минерализованных полос перед кромкой лесных пожаров.

Общим существенным недостатком всех рассмотренных тракторных пожарных грунтометов является отсутствие технической возможности для работы на средних и тяжелых почвах, а также низкая производительность (эффективность подачи почвы). Кроме того рассмотренные грунтометы разработаны применительно к условиям перемещения по внутри лесным дорогам и просекам, что препятствует их применению внутри лесных кварталов, где имеется масса корней, валежника, пней и т.д. которые препятствуют возможности приблизиться и своевременно произвести оперативные действия по тушению и предупреждению распространения фронта пожара.

Поэтому актуальной научно-практической задачей является обоснование и разработка конструкции тракторного лесопожарного грунтомета инновационного типа позволяющего повысить производительность метания грунта, а также обеспечить эффективную работу на средних и тяжелых грунтах при движении в сложных условиях.

Поставленные цели и задачи возможно решить, если в качестве рабочего органа грунтомета использовать две спаренные роторные фрезы-рыхлители установлены последовательно с роторными метателями почвы. Роторные фрезы-рыхлители являются наиболее проходимыми в условиях почвогрунтов, насыщенных корнями разного диаметра, пнями и другими механическими включениями, а формирование промежуточного слоя из рыхлого грунта перед фрезами-метателями позволяет значительно сократить потребляемую агрегатом мощность двигателя базового шасси, что в свою очередь, позволяет заглублять лопатки фрез-метателей на всю их высоту, увеличив тем самым количество подаваемого грунта и толщину слоя противопожарного покрытия.

С учетом вышесказанного, разработана конструкция тракторного лесопожарного грунтомета, который представляет собой прицепной модуль к тракторам и состоит из несущей рамы, навесного устройства с гидроцилиндром подъема и опускания, предохранительной муфты, распределительного редуктора, карданного вала, направляющих кожухов и опорных катков.

Рабочий орган грунтомета (рис.1) образуют две спаренные роторные фрезы рыхлители установлены последовательно с роторными метателями почвы.

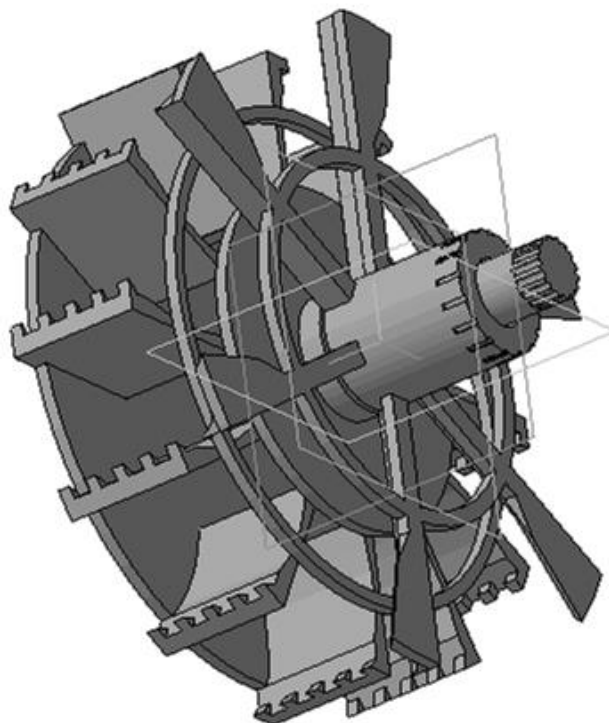


Рис.1 Трехмерная модель рабочего органа пожарного грунтомета

Процесс работы тракторного лесопожарного грунтомета является сложным и многофакторным. Его математическая модель представляет взаимосвязь входных параметров (факторов) и выходных характеристик (критериев), которые можно разбить на 4 группы: параметры роторов; параметры несущих дисков роторов; условия эксплуатации; показатели эффективности [3,4].

К первой группе параметров относятся параметры, оказывающие наиболее существенное влияние на эффективность процесса грунтометания: частота вращения роторов; величина заглубления лопаток роторов в почву; ширина лопаток ротора-метателя и ротора-разрыхлителя.

Ко второй группе относятся два геометрических параметра дисков: угол атаки дисков по отношению к поступательному направлению; величина заглубления дисков в почву.

Параметры, описывающие условия эксплуатации пожарного грунтомета, включают в себя скорость поступательного движения пожарного грунтомета; плотность грунта; силу вязкого трения между элементом почвы и рабочей поверхностью машины.

Эффективность работы грунтомета описывается выходными характеристиками (критериями), подлежащими измерению в ходе экспериментальных исследований: производительность пожарного грунтомета (масса грунта, выброшенного за пределы машины, в единицу времени); удельная подача грунта на единицу площади кромки лесного пожара; средняя дальность метания грунта; средняя мощность, потребляемая машиной.

Так как основными производительными узлами пожарного грунтомета являются ротор-разрыхлитель и ротор-метатель, то именно их параметры будут существенно влиять на эффективность работы машины. Изучение их влияния в комплексе позволит найти оптимальные области, непрогнозируемые заранее, и сформулировать рекомендации по выбору соответствующих конструктивных параметров.

Для примера приведем расчет производительности грунтомета P (кг/с) и удельной подачи грунта на единицу площади кромки лесного пожара q (кг/м²·с) в зависимости от параметров роторов:

$$P = \rho \cdot h \cdot l \cdot d \cdot N \cdot n \quad (1),$$

$$q = \frac{\rho \cdot h \cdot l \cdot d \cdot N \cdot n}{S} \quad (2),$$

где:

ρ – плотность грунта (кг/м³);

h – толщина слоя грунта (м);

l – величина заглубления лопаток ротора-метателя в почву (м);

d – ширина лопаток ротора-метателя (м);

N – количество лопаток на роторе-метателе;

n – частота вращения ротора-метателя (об/с);

S – площадь кромки пожара (м²).

В данных формулах параметры первой группы (**l**, **h**, **d**, **N**, и **n**) представлены не только конструктивными характеристиками ротора (количество лопаток ротора, ширина лопаток, величина заглубления лопаток), но и техническими характеристиками тракторной тяги (частота вращения ротора). Данный параметр напрямую связан с номинальной частотой вращения двигателя тракторной тяги, который и обеспечивает крутящий момент ротора-метателя.

Аналогичные расчеты по остальным показателям эффективности работы пожарного грунтомета позволяют вывести аналитические зависимости параметров (факторов) и характеристик (критериев), которые в дальнейшем послужат основанием для построения оптимальной модели работы грунтомета.

Таким образом, предложенная конструкция тракторного пожарного грунтомета позволяет проводить эффективное обустройство минерализованных полос и тушение низовых пожаров на всех типах почв при наличии корней, валежника, пней и каменистых включений.

ЛИТЕРАТУРА

4. Валдайский Н.П., Вонский С.М., Чукичев А.Н. Тушение лесных низовых пожаров способом метания грунта: Методич. рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. 34 с.
5. Чукичев А.Н. Технические средства для предупреждения и тушения лесных пожаров: Обзорн. информ. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1985. 32 с.
6. Кручек А.Д., Зубков О.В., Чупрова З.А. Орудия для создания и подновления противопожарных минерализованных полос: Обзорн. информ. М.: ВИИЦлесресурс Госкомитета СССР, 1991. 24 с.
7. Оптимизация параметров комбинированной машины для тушения лесных пожаров на основе теоретических и экспериментальных исследований [Электронный ресурс] / Л. Д. Бухтояров, М. А. Гнусов, М. В. Шавков, Д. В. Лепилин, Д. В. Есков, А. В. Подъяблонский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 84 (10). – С. 317-326. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf>.

V.G. Barkalov, Senior lecturer, National university of civil protection of Ukraine

AA Kovalev, Ph.D., associate professor, National university of civil protection of Ukraine

Proposed innovative design forest fire thrower of soil to work with a tractor to improve performance throwing of soil, as well as to ensure the effective operation of medium and heavy soils, by using the composite structure of the working body of the milling type.

*О.М. Ларін, д.т.н., проф. НУЦЗУ; В.Б. Коханенко, канд. техн. наук, доц. НУЦЗУ;
Д.В. Донський, ад'юнкт НУЦЗУ*

ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ ПЛАВЗАСОБІВ ДЛЯ РЯТУВАННЯ НА ВОДАХ

Робота аварійно-рятувальних підрозділів ДСНС України часто потребує проведення аварійно-рятувальних робіт на об'єктах водного транспорту й берегової лінії, розміщених на несудноплавних річках з малими глибинами, засміченим фарватером, на об'єктах, котрі важкодоступні для автотранспорту,; островах, лісових селищах, дачних ділянках та гідропорудах.

За період з 2005 по 2014 рр. на території України зареєстровано 265 пожеж, які виникли у береговій зоні та на транспортних засобах водного сполучення.

Унаслідок пожеж загинуло 6 людей та ще 6 людей отримало травми, з них 1 дитина. Матеріальні втрати від пожеж склали 23 млн. 608 тис. грн.[1].

Україна має 31 тис. кв. км водної поверхні рік та 6,8 тис. кв. км штучних водойм, 6 тис. кв. км лиманів, 1 тис. кв. км поверхні озер. Всього в Україні 22 тис. ставків і 420 водойм на малих і великих ріках, що напувають і годують населення. Всього на території України нараховується 73 тис. назв рік, з яких малих (довжина до 10 км) - 68796, від 10 до 25 км - 3020, від 25 до 100 км - 968, від 101 до 500 (середні за розміром ріки) - 123, більше 500 км (великі ріки) - їх 14.[2].

Побудовано канали: Сіверський Донець - Донбас довжиною 131,6 км, Дніпро - Донбас - 263 км, Північно-Кримський - 402 км, по якому за рік подається в Крим понад 3 млрд. куб. м дніпровської води, Дніпро - Кривий Ріг - 35,4 км. Каховський канал довжиною 130 км подає воду в найбільшу в Європі зрошувальну систему. З 2004 р. працює найдовший водогін в Європі - від Каховського водосховища до Північного Приазов'я (зокрема до Приморська, Бердянська) довжиною понад 200 км. Будується друга черга каналу Дніпро - Донбас. Вони необхідні для подачі води на промислові, сільськогосподарські об'єкти. Україна - наймаловодніша держава в Європі. І дуже тривожно, що за останні 20 років зникло близько 20000 малих рік. Замість знищених природних водойм люди будують штучні, але вони, як правило, викликають негативні зміни в природному середовищі. З-за цього змінюється структура водних ресурсів в Україні, що відображено на рис. 1.

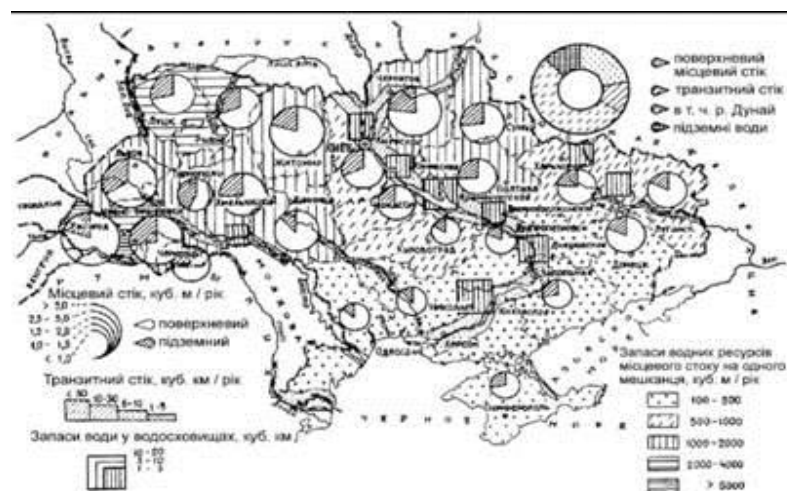


Рис. 1. Структура водних ресурсів України

Зміни у поверхневих водних ресурсах викликали небезпечні явища - підтоплення, заболочування ґрунтів, їх засолення, водну ерозію.

У Донецькій, Запорізькій, Дніпропетровській, Миколаївській, Херсонській і Одеській областях на 1 кв.км. поверхні припадає всього від 5-10 до 40 тис. куб. м води,

включаючи підземні, або 120-400 куб. м на одну людину, що в 15-20 разів менше, ніж у західних областях України.

Один з видів НС на території України це випадкові утоплення та занурення у воду на водоймах. Однією з поширених причин смерті від нещасних випадків що сталися внаслідок випадкових утоплень та занурення у 6,4 % загальної кількості померлих, як представлено на рис. 2.

У 2014 році спостерігалось зменшення кількості загиблих від цього виду травматизму порівняно з аналогічним періодом 2013 року (2408 осіб) [1]. Найбільшу кількість померлих від випадкового утоплення та занурення у воду зафіксовано у Дніпропетровській (158 осіб), Донецькій (146 осіб), Київській (128 осіб), Одеській, Полтавській (по 119 осіб), Волинській, (118 осіб), Житомирській (116 осіб), а найменшу – у Луганській (21 особа), Чернівецькій (30 осіб) областях та у м. Києві –44 особи. Показник смертності на водних об'єктах у 2014 році складав приблизно 5 на 100 тисяч осіб, найвищим він був у Волинській (11), Житомирській (9), Полтавській, Сумській та Хмельницькій (по 8) областях. Найменшого значення цей коефіцієнт набув у Луганській (1), Донецькій, Харківській, Чернівецькій (по 3) областях; у м. Києві він склав приблизно 2.

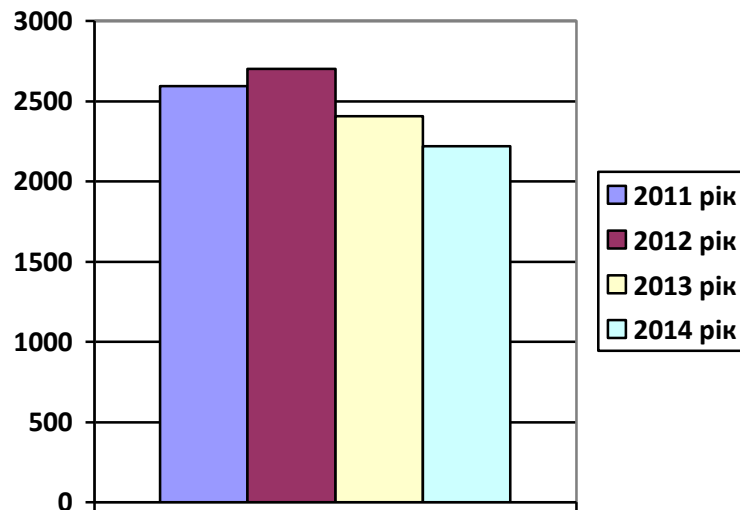


Рис. 2. - Кількість людей, що потонули у водоймах України

Найбільша кількість померлих від випадкового утоплення та занурення у воду зафіксовано в Донецькій (309 осіб), Дніпропетровській (217 осіб), Вінницькій (188 осіб), Рівненській (171 людину) і Львівській (169 осіб) областях, а найменшу - у Чернівецькій (43 людини) області та у м. Києві та Севастополі - 50 і 25 осіб відповідно.[1].

Відповідно до свого призначення аварійно-рятувальні судна обладнуються спеціальними засобами для надання допомоги суднам, що зазнали лиха, або для виконання робіт по порятунку потерпілих [4].

Таким чином найбільшу увагу слід приділити реалізації заходів, спрямованих на забезпечення наступного:

забезпечення проведення аварійно-рятувальних робіт на річках, озерах, внутрішніх водоймах та на їх береговій зоні...

забезпечення проведення пошуково-водолазних робіт на річках, озерах, внутрішніх водоймах;

забезпечення проведення розмінування річкових та морських акваторій та проведення робіт з виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів на водних об'єктах та їх береговій зоні.

Для спасіння життя людей та майна застосовуються різні технічні засоби: аероглісери, судна на повітряній подушці, човни, всюдихідні автомобілі та гусеничний транспорт [1].

В Україні використовуються для спасіння на водах судна на повітряній подушці (СПП) та аероглісери МАРС-700л, Пегас-5, Т-501 [5].

При заданих масі й швидкості СПП потребує потужності в 3 – 4 рази більшої, ніж автомобіль чи звичайне судно. Недоліками СПП є недостатня стійкість при шквальному вітрі та під час руху на косогорах [6].

Мета роботи – удосконалення та розширення тактичних можливостей транспортних засобів, що використовуються для рятування людей та проведення аварійно-рятувальних робіт, оскільки вони мають недоліки щодо мобільного та якісного виконання завдань.

З існуючих даних [1] можна зробити висновок про недостатню кількість пожежно-рятувальних катерів на озброєнні рятувальних підрозділів. Якщо розглядати необхідну та наявну кількість плавзасобів на озброєнні рятувальних підрозділів можна стверджувати, що забезпеченість катерами – 89% від необхідного, човнами – 48,3%, пожежними катерами UMS-1000 – 25%, плавзасобами взагалі – 50,8%.

З приведених вище даних можна зробити висновок про недостатню кількість пожежно-рятувальних суден в аварійно-рятувальних підрозділах України.

Випадковий час виклику на НС вимагає високої готовності рятувальників до виконання завдань з ліквідації НС у будь-який час доби. Розрахунки рятувальників складно формувати з людей однакового зросту і комплекції, отже, пожежно-рятувальні катери (ПРК) повинні бути пристосовані до використання їх рятувальниками різного зросту. По прибуттю до місця НС рятувальникам необхідно в мінімально короткий час підготувати пожежно-рятувальне обладнання до роботи і почати її ліквідацію.

З особливостей розвитку та ліквідації НС різного характеру та збитку якого завдає НС, можна зробити висновок, що виконання таких дій як виїзд пожежно-рятувальних підрозділів по сигналу тривоги, слідування до місця НС, розгортання пожежно-рятувального обладнання повинно проводитися в дуже стислі терміни [7]. Досягнення цього обумовлюється: високими показниками тактико-технічних характеристик ПРК та пожежного обладнання (ПО); ступенем досконалості підготовки рятувальників; пристосованістю пожежно-рятувальних катерів до роботи екіпажу та рятувальників. Велике значення має кваліфікація керівного складу, який бере безпосередню участь у ліквідації НС.

Пожежно-рятувальні катери, як засоби механізації ліквідації НС, повинні перебувати в постійній готовності до їх негайного використання, завжди бути в технічно справному стані, слідувати до місця виникнення НС, починаючи з моменту виклику з максимально можливою швидкістю [4].

Для виконання завдань з підготовки до ліквідації НС в мінімальний час необхідно, щоб ПРК були, як можна краще пристосовані до роботи на них рятувальників. Поліпшення пристосованості ПРК до дій рятувальників дозволить не тільки підвищити ефективність їх використання при ліквідації НС та їх наслідків, а й є одним із шляхів щодо вдосконалення і розвитку протипожежної та аварійно-рятувальної техніки.

Вимоги, що пред'являються до пожежних судам визначаються основною функцією цих судів - роботою в акваторії порту і прибережній зоні, а також, у виняткових випадках, на зовнішньому рейді [6].

Як і рятувальні, пожежні судна незалежно від зайнятості (відстій, буксирування та ін.) Завжди повинні бути готові негайно вирушити до місця виникнення надзвичайної ситуації. Незважаючи на те, що відстані в сфері обслуговування пожежного судна порівняно невеликі, пожежні судна для швидкого прибуття до місця виникнення пожежі повинні мати відносно великою швидкістю ходу. При її визначенні слід враховувати течії в акваторіях портів і рейдів, необхідність частого маневрування в узкостях і т.ін. До

маневреності пожежних судів пред'являються дуже високі вимоги. Це пояснюється необхідністю швидких і частих реверсів, поворотів, змін ходу в умовах обмеженої акваторії і швидких маневрів при гасінні пожеж і ліквідації НС, коли кілька хвилин зволікання можуть не тільки негативно позначитися на результатах протипожежних операцій, а й поставити під загрозу безпеку самого пожежного судна. Практично маневрові якості пожежних суден повинні бути такими ж, якщо не вище, ніж у буксирів-кантувальників. Це також впливає і на розміри пожежних судів.

В тезах розглянуто питання обґрунтування вимог до конструкції плавзасобів для рятування на водах. Встановлено, що в якості аварійно-рятувального засобу для проведення аварійно-рятувальних робіт під час підтоплення, повнів, паводків та пошуково-водолазних робіт на річках, озерах, внутрішніх водоймах, заболоченій місцевості і в прибережній зоні морів доцільно застосувати спеціальний аварійно-рятувальний катер на повітряній подушці. Для підвищення ефективності використання спеціального аварійно-рятувального катеру на повітряній подушці запропоновано обладнати його підрамником, на якому встановлена колісна база.

Запропонований транспортний засіб може використовуватися і як судно на повітряній подушці для подолання водних перешкод, і як транспортний засіб підвищеної прохідності (за допомогою підрамника з колісною базою) долати сушу з перемінним рельєфом та косогороми. Підрамник з колісною базою надасть стійкість та збільшить вантажопідіймальність при подоланні мілководдя, складних ділянок суші та інших перешкод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf.
2. О.М. Ларін, Д.В. Донський. Застосування суден на повітряній подушці та транспортних засобів під час повені та паводку на території України/ Водний транспорт. Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного. – К.: КДАВТ, 2015. - № 2 (23). - 260 с. (92 -95).
3. Суда на воздушной подушке скегового типа С.А. Смирнов. Ленинград: «Судостроение», 1983 г.
4. Настанова про аварійно-рятувальні машини та плавзасоби спеціального призначення ДСНС України – Наказ ДСНС України 22.04.2014 № 184.
5. Добровольский, А.А. Пожарная техника /А.А. Добровольский, Ф.Ф. Пересльцких – Киев, 1981. – 239 с.
6. Щербина, Я.Я. Основы противопожарной техники / Я.Я. Щербина – Киев, 1977. – 234 с.
7. Демешко Г.Ф. Проектирование судов. СПб: Судостроение, 1992. – 269 с.
8. Патент России № 2008140468/22 В60V1/18 «Судно на воздушной подушке»: заявитель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ).

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ КОНТРОЛЮ ЗА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ПОЖЕЖНО-ТЕХНІЧНОГО ТА АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ

Усі предмети пожежного-технічного, аварійно-рятувального оснащення з часу їх надходження до ПРП підлягають обліку. Вони повинні маркуватися з вказівкою інвентарного номера, який у процесі експлуатації протягом усього періоду перебування в підрозділі не змінюється.

Пожежне обладнання – обладнання призначене для відбирання, транспортування, регулювання витрат, формування і спрямування струменів вогнегасних речовин із застосуванням пожежних машин або мережі водопостачання, а також допоміжні засоби його застосування і технічного обслуговування.

Пожежно-технічне оснащення – комплект пожежного обладнання, переносного пожежного інструменту, пожежних рятувальних пристроїв, засобів індивідуального захисту пожежника, вогнегасників, якими оснащується пожежний транспортний засіб.

Пожежні карабіни тавруванню не підлягають, а обліковуються за інвентарним номером пожежного пояса в комплекті.

Пожежно-технічне, аварійно-рятувальне оснащення розміщують на пожежних автомобілях таким чином, щоб воно надійно закріплювалось, легко знімалось і виключало можливість нанесення травми при його зніманні та укладанні. Зміна встановленого порядку розташування пожежно-технічного, аварійно-рятувального оснащення та його кількості на автомобілях може бути допущена тільки з письмового дозволу начальника ГУ(У) ДСНС України в Автономній Республіці Крим, областях, містах Києві та Севастополі після всебічного розгляду умов, що забезпечують безпечну експлуатацію автомобіля та обладнання і оснащення в кожному конкретному випадку.

Придатність до роботи захисних ізолюючих засобів щодня визначає сам пожежник зовнішнім оглядом.

Зовнішніми ознаками, які визначають непридатність засобів електричного захисту, є:

- для ножиць - пошкодження ізоляції на ручках і відсутність упорних кілець;
- для гумових рукавиць, калош (ботів), килимків - проколи, розриви, наявність отворів;
- для переносного заземлення руйнування контактних сполучень, порушення механічної міцності мідних жил (обривання більше 10 % мідних жил).

Усі засоби електричного захисту, що не пройшли у встановлений термін випробування, є непридатними до використання.

Електрозахисні засоби зберігають на пожежному автомобілі окремо від іншого інструменту в заохлоному вигляді.

Обслуговування та перевірку справного електрифікованого, механізованого інструменту і приладів електроосвітлення, якими укомплектовані пожежні автомобілі, роблять щодня при зміні караулу, після кожного ремонту, застосування, а також у терміни, що вказані в технічних паспортах чи інструкціях щодо їх експлуатації. Забороняється використовувати електрифікований інструмент та прилади освітлення при:

- порушенні цілісності електричної ізоляції проводів, інструменту, приладів;
- слабкому закріпленні окремих частин інструменту та приладів чи їх деформації;
- інших несправностях інструменту та приладів, що не забезпечують безпеку роботи.

Перед тим, як заступити на чергування, пожежні пояси та пожежні карабіни підлягають ретельному огляду.

Пожежний пояс знімається з оперативного чергування в разі:

- пошкодження поясної стрічки (надрив, поріз тощо);
- несправності (поломки, зігнутості) пряжки та шпильок пряжки;
- порушення цілісності заклепок та відсутності на них шайб;
- розриву заклепками чи блочками матеріалу поясної стрічки;
- відсутності хомутика для закладання кінця пояса;
- наявності тріщин і вм'ятин на поверхні блочків чи відсутності хоча б одного з них;

- наявності розривів шкіряного шару пояса.

Карабін знімається з оперативного чергування, якщо:

- він деформований (затвор не відкривається чи не повністю закривається);
- пружина не забезпечує закриття замка карабіна, а також є виступи та шорсткості (нерівності) в замку затвора та в місці шарнірного кріплення затвора.

Рятувальні мотузки, що є на озброєнні, повинні відповідати вимогам технічної документації заводів-виробників, мати коуші, зберігатися в сумках-чохлах, змотаними у клубок. Один з кінців мотузки від об'язки петлі обшивається білою тасьмою (2-3 см завширшки) з інвентарним номером. На чохлі кріпиться бирка із зазначенням дати останнього випробування та інвентарним номером.

Рятувальна мотузка перевіряється зовнішнім оглядом начальниками караулів при отриманні, перед використанням на занятті (навчанні) та командирами відділень не рідше одного разу на 10 днів. Мотузка не повинна мати нерівностей, місцевих потовщень, зморшок шнура мотузки та підвищеної вологості.

Для перевірки на розмотаній та закріпленій одним кінцем мотузці підтягуються і зависають на 1-2 сек. три чоловіки. Якщо після зняття навантаження подовження рятувальної мотузки збережеться, вона вважається непридатною для рятувальних робіт (занять) і з оперативного розрахунку знімається.

Переносний пожежний інструмент (ломи, багри, крюки, лопати, сокири, пилки тощо) повинен мати форму та масу, що відповідають ергономічним вимогам та вимогам стандартів і технічних умов.

Металеві частини сокир та багрів мають бути надійно насажені на ручки. Міцність насадки встановлюється в стандартах і технічних умовах на інструменти конкретного виду.

Дерев'яні ручки мають виготовлятися з міцних порід деревини, не мати ознак псування, сучків, тріщин та сколів.

Довговічність інструменту (інвентарю) та безпечна робота з ним забезпечуються утриманням його у справному стані, щоденним контролем за його станом і своєчасним технічним обслуговуванням. Придатність інструменту визначається зовнішнім оглядом при зміні чергування. З метою запобігання нещасним випадкам під час роботи з інструментом (інвентарем) при його огляді належить звертати увагу на якість насадки інструменту на ручки та чистоту робочої поверхні. Тріщини, сколи та інші дефекти не допускаються.

Сокири, пилки, ножиці для різки металевих решіток мають зберігатися в чохлах.

Технічне обслуговування полягає в огляді, виявленні та усуненні дефектів ручного інструменту силами особового складу чергового караулу. Щодня перевіряють наступні інструменти:

- ломи й багри - на кут заточення граней і вістря, кут гака, прогин по довжині;
- він деформований (затвор не відкривається чи не повністю закривається);
- пружина не забезпечує закриття замка карабіна, а також є виступи та шорсткості (нерівності) в замку затвора та в місці шарнірного кріплення затвора.

Рятувальні мотузки, що є на озброєнні, повинні відповідати вимогам технічної документації заводів-виробників, мати коуші, зберігатися в сумках-чохлах, змотаними у клубок. Один з кінців мотузки від об'язки петлі обшивається білою тасьмою (2-3 см завширшки) з інвентарним номером. На чохлі кріпиться бирка із зазначенням дати останнього випробування та інвентарним номером.

Рятувальна мотузка перевіряється зовнішнім оглядом начальниками караулів при отриманні, перед використанням на занятті (навчанні) та командирами відділень не рідше одного разу на 10 днів. Мотузка не повинна мати нерівностей, місцевих потовщень, зморшок шнура мотузки та підвищеної вологості.

Для перевірки на розмотаній та закріпленій одним кінцем мотузці підтягуються і зависають на 1-2 сек. три чоловіки. Якщо після зняття навантаження подовження рятувальної мотузки збережеться, вона вважається непридатною для рятувальних робіт (занять) і з оперативного розрахунку знімається.

Переносний пожежний інструмент (ломи, багри, крюки, лопати, сокири, пилки тощо) повинен мати форму та масу, що відповідають ергономічним вимогам та вимогам стандартів і технічних умов.

Металеві частини сокир та багрів мають бути надійно насаджені на ручки. Міцність насадки встановлюється в стандартах і технічних умовах на інструменти конкретного виду.

Дерев'яні ручки мають виготовлятися з міцних порід деревини, не мати ознак псування, сучків, тріщин та сколів.

Довговічність інструменту (інвентарю) та безпечна робота з ним забезпечуються утриманням його у справному стані, щоденним контролем за його станом і своєчасним технічним обслуговуванням. Придатність інструменту визначається зовнішнім оглядом при зміні чергування. З метою запобігання нещасним випадкам під час роботи з інструментом (інвентарем) при його огляді належить звертати увагу на якість насадки інструменту на ручки та чистоту робочої поверхні. Тріщини, сколи та інші дефекти не допускаються.

Сокири, пилки, ножиці для різки металевих решіток мають зберігатися в чохлах.

Технічне обслуговування полягає в огляді, виявленні та усуненні дефектів ручного інструменту силами особового складу чергового караулу.

Molodika E.A., Filobok D.S.

IMPROVEMENT OF CONTROL USING FIRE BRIGADES AND RESCUE EQUIPMENT

The report analyzes and is offered the most effective way to control the operation fire-technical and rescue equipment in units DSNS Ukraine

ОЦІНЮВАННЯ ГОТОВНОСТІ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

Завдання, що покладені на сили цивільного захисту (ЦЗ) в сучасних умовах, вимагають осмислення на якісно новому рівні наукових знань проблемних питань готовності органів управління і сил ЦЗ до дій в надзвичайних ситуаціях (НС).

Аналіз відомих визначень готовності і методик її оцінювання показує, що належної чіткості у них поки що немає. [1] Однак зміст уявлень про готовність зводиться до поняття про стан органів управління і сил ЦЗ, який характеризуються їх здатністю до виконання завдань з урахуванням залежностей «готовність - ризик», «готовність - прийнятний збиток», «рівень готовності - рівень небезпеки», що дозволяють розглядати готовність як загальну соціальну категорію, яка відображає потребу забезпечення безпеки населення у НС. У зв'язку з цим проблема готовності - це проблема зниження ризику наслідків, що базується на концепції гарантованого забезпечення безпеки населення у НС. Основними принципами цієї концепції є: принцип зниження ризику, який передбачає раціональний комплекс захисних заходів, що забезпечують прийнятний рівень безпеки від впливу небезпечних факторів НС; принцип розумної достатності готовності сил, що передбачає такий склад органів управління і сил та їх технічне оснащення, які дозволяють успішно вирішувати поставлені завдання.

Таким чином, постає ряд складних проблемних питань, пов'язаних з вивченням взаємозв'язків і взаємозалежностей основних елементів готовності сил ЦЗ.

Відповідно [2] сили і засоби ЦЗ оцінюються за загальною шкалою «готові до виконання завдань», «обмежено готові до виконання завдань», «не відповідає вимогам», а окремі показники, що впливають на підсумкову оцінку, можуть оцінюватись за різними шкалами - «задовільно», «незадовільно», або «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно».

Слід відмітити, що методологія та процедури визначення окремих показників готовності ще не в повній мірі відповідають сучасним вимогам, а по окремих з них зовсім відсутні. Це створює проблемну ситуацію щодо формування єдиного порядку проведення порівняльного оцінювання готовності підрозділів та аналізу взаємозв'язків та взаємозалежностей показників відповідних елементів готовності, що властиві конкретному підрозділу ЦЗ. Тому на практиці порівняльний аналіз готовності підрозділів однієї аварійно-рятувальної служби здійснюється, як правило, тільки по одному окремому показнику.

З метою формування єдиного порядку оцінювання готовності аварійно-рятувальних формувань визначена загальна структура основних елементів готовності сил ЦЗ та на основі аналізу значень цих елементів вироблено підхід щодо порівняльного оцінювання ступеня готовності підрозділів [3]. Суть підходу полягає в наступному.

На підставі аналізу правових вимог до оцінювання готовності функціональних і територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту [2] і теоретичних основ готовності сил і засобів до реагування на НС [1] визначена загальна структура основних елементів готовності сил ЦЗ, а саме:

- атестація сил виходячи з наукового прогнозу ймовірності виникнення НС природного та техногенного характеру, специфічних саме для відповідного регіону (потенційно-небезпечних об'єктів, території);

- укомплектованість особовим складом, спеціальною технікою та обладнанням;
- рівень професійної підготовки;
- організованість та стійкість сил;
- організація взаємодії;

- організація і несення постійного чергування;
- наявність необхідного пакету документів з планування дій сил і технології виконання робіт.

Відповідно до вищевикладеного, оцінювання ступеня готовності підрозділів будемо проводити на основі аналізу притаманних конкретному підрозділу значень елементів (характеристик), наприклад:

- укомплектованість підрозділу особовим складом;
- укомплектованість підрозділу технічними засобами;
- укомплектованість підрозділу засобами індивідуального захисту органів дихання і захисним одягом;
- рівень професійної підготовки особового складу підрозділу;
- наявність необхідного пакету документів з планування дій і технології виконання робіт;
- наявність запасу матеріально-технічних засобів;
- можливість виходу і розгортання в районі робіт у встановлені терміни та інші.

Цілком припустимо допустити, що одні елементи впливають на готовність формування в більшій, а інші в меншій мірі.

Нехай кожну із зазначених вище характеристик позначимо як P_j , $j = 1, p$; $P_j = 0$, якщо дана характеристика відсутня у даного підрозділу N -го функціонального призначення; $P_j = 1$, в іншому випадку.

Тоді для кожного підрозділу певного функціонального призначення може бути побудована матриця вираженості характеристик:

$$A = (a_{ij}); a_{ij} = P_j; i = 1, s \quad (1)$$

Нехай $W = (W_1, \dots, W_i, \dots, W_s)$ - вектор-стовпець, елементи якого характеризують вагове навантаження виражених ознак того чи іншого підрозділу з числа розглянутих.

$$W_i = \sum a_{ij} \quad (2)$$

Якщо чисельні значення вектора W дозволяють скласти з них не зростаючу послідовність чисел, перетворивши його таким чином в вектор W' , для елементів якого справедливо співвідношення:

$$W'_1 \geq W'_2 \geq \dots \geq W'_i \geq W'_{i+1} \dots W'_s, \quad (3)$$

то підрозділи, що характеризуються першими n елементами вектора W'_i , є шуканим рішенням задачі оцінювання.

У разі невиконання строгої нерівності між i -м і $i+1$ -м елементами послідовності для вирішення завдання відбору доцільно використовувати спектральний підхід до порівняння підрозділів описаним набором характеристик. [1,4,5] Доцільність даного підходу обумовлена важливістю розглянутих нами показників для оцінювання готовності підрозділів, достатньою повнотою їх набору, а також тотожністю розглянутих нами підрозділів за функціональним призначенням.

Сутність підходу полягає у введенні числової міри характеристик, що описують сукупність розглянутих підрозділів, та визначенні із заданим ступенем точності її граничних значень на основі ітераційних розрахунків. Отримана в результаті кінцевого результату ітерація - сукупність елементів числової міри, яка суворо ранжується, і визначає шукане рішення завдання оцінювання.

На практиці даний підхід може бути реалізований наступним чином. Нехай здійснено оцінювання стану підрозділів за 4-х бальною шкалою за P_j основним

показниками (характеристиками). Тоді за підсумками оцінок можна сформуванати вихідну матрицю показників, що перевіряються, яка представлена в табл.1.

Табл. 1. Вихідна матриця характеристик, що перевіряються

| Підрозділи | Характеристики | | | | | | | Середній бал |
|------------|----------------|----------|-----|----------|-----|--------------|----------|--------------|
| | P_1 | P_2 | ... | P_j | ... | P_{p-1} | P_p | |
| W_1 | a_{11} | a_{12} | ... | a_{1j} | ... | $a_{1(p-1)}$ | a_{1p} | W_1' |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| W_i | a_{i1} | a_{i2} | ... | a_{sj} | ... | $a_{i(p-1)}$ | a_{ip} | W_i' |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| W_s | a_{s1} | a_{s2} | ... | a_{sj} | ... | $a_{s(p-1)}$ | a_{sp} | W_s' |

Застосування найбільш поширеного на практиці методу середніх оцінок дозволяє стверджувати, що найбільш високий середній бал буде відповідати вищому рівню готовності підрозділу. Але може статися так, що при вирішенні даного завдання даний метод не дасть позитивного результату. Тобто декілька підрозділів можуть мати однакове значення середнього балу, що не дозволить відповісти на питання, яке ж із них краще підготовлене.

Разом з тим, слід зазначити, що хоча підрозділи можуть отримати однакове значення середнього балу, сумарна вага кожного показника по цим підрозділам може бути різною. Змістовно це означає, що відповідні підрозділи мають різний рівень готовності за окремими показниками, які найчастіше знаходяться між собою в складній взаємозалежності і по-різному впливають на підсумкову оцінку, яка характеризує їх готовність.

Тоді для детального кількісного порівняльного оцінювання і визначення ступеня впливу того чи іншого показника на величину узагальнюючого критерію застосуємо спектральний підхід.

Для цього сформуємо матрицю нормованих значень показників готовності підрозділів (табл.2).

Табл. 2. Матриця нормованих значень показників готовності підрозділів

| P_j / W_i | P_1 | P_2 | ... | P_j | ... | P_{p-1} | P_p | S_{w_i} | W_i' |
|-------------|----------|----------|-----|----------|-----|--------------|----------|-----------|--------|
| W_1 | a_{11} | a_{12} | ... | a_{1j} | ... | $a_{1(p-1)}$ | a_{1p} | S_{w_1} | w_1' |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| W_i | a_{i1} | a_{i2} | ... | a_{sj} | ... | $a_{i(p-1)}$ | a_{ip} | S_{w_i} | w_i' |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| W_s | a_{s1} | a_{s2} | ... | a_{sj} | ... | $a_{s(p-1)}$ | a_{sp} | S_{w_s} | w_s' |

Відповідно до проведених обчислень, вже на етапі нормування для тих зазначених підрозділів, які раніше мали однакове значення середнього бала, отримаємо відмінні один від одного значення навантажень. Проведення наступних ітерацій дозволяє уточнити їх значення.

Тоді, за підсумками розрахунків вихідна матриця показників, що перевіряються, з векторами навантажень буде мати вигляд табл. 3

Табл. 3. Вихідна матриця характеристик, що оцінюються, з векторами навантажень

| A(i, j) | 1 | 2 | ... | j | ... | p | W | Місце |
|---------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|----------------|-------|
| 1 | a ₁₁ | a ₁₂ | ... | a _{1j} | ... | a _{1p} | w ₁ | 1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| i | a _{i1} | a _{i2} | ... | a _{sj} | ... | a _{ip} | w _i | i |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| S | a _{s1} | a _{s2} | ... | a _{sj} | ... | a _{sp} | w _s | n |

Відповідно до таблиці 3, вектор W , що характеризує величину узагальнюючого критерію порівняльної оцінки стану зазначених підрозділів, показує ранжування підрозділів, а вектор A - вплив кожного показника P_j на величину узагальнюючого критерію порівняльної оцінки стану даного підрозділу. Аналіз його значень дає можливість визначити характеристики тих показників, які найбільше впливають на рівень готовності того чи іншого підрозділу до вирішення покладених завдань.

Таким чином, для рішення проблеми порівняння аварійно-рятувальних підрозділів описаним набором характеристик під час оцінювання готовності їх до дій за призначенням запропонований спектральний підхід. Даний підхід дозволяє не тільки кількісно оцінити рівень готовності кожного конкретного підрозділу відповідно до визначених характеристик, але і встановити ступінь впливу кожної з розглянутих характеристик на готовність підрозділів даного функціонального призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Попов П.А. Теоретические основы оценки готовности АСС, АСФ к реагированию на ЧС и проведению аварийно-спасательных работ (учебное пособие) [Текст] / П.А. Попов, В.С. Федорук, М.Ф. Баринов, Д.В. Мясников. – Химки: АГЗ МЧС России. – 120 с.
2. Інструкція з перевірки та оцінки готовності функціональних і територіальних підсистем єдиної системи цивільного захисту: наказ МНС від 15.08.2007 №558 [Текст] // Офіційний вісник України. – 2007 р. – № 78. – 26 жовтня. – С. 79.
3. Неклонський І.М. Спектральний підхід до оцінювання готовності аварійно-рятувальних підрозділів до дій за Призначенням [Електронний ресурс] / І.М. Неклонський, В.О. Самарін, В.В. Харламов // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – Вип. 23. – С. 113-119. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Neklonsky,%20Samarin.pdf>
4. Пантелеев А.В. Теория управления в примерах и задачах: Учебное пособие [Текст] / А.В. Пантелеев, А.С. Бортаковский. – М.: Высшая школа, 2003. – С.194-217.
5. Рыкова Е.В. Спектральный подход к оценке базовых знаний [Електронний ресурс] / Е.В.Рыкова, В.Т. Рыков // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 2. – С. 114-116. – Режим доступу: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=21681>

Neklonskyu Igor, Ph.D, National University of Civil Defense of Ukraine

EVALUATION READINESS RESCUE UNITS TO PERFORM DESIGNATED TASKS

Spectral approach for solving the problem of comparison of rescue units by described set of characteristics attached to assessing their readiness for intended actions is offered. It allows you not only to quantify the level of preparedness of each individual unit in accordance with certain characteristics, but also to establish the degree of influence of each of the considered characteristics of the functionality units readiness.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В последние десятилетия во всем мире наблюдается тенденция к росту количества и масштабов последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера. Чрезвычайные ситуации сопровождаются не только материальными, но и людскими потерями. Сохраняющаяся тенденция ежегодного роста количества и масштабов последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий заставляет искать новые решения проблемы. Эти решения должны быть направлены на предупреждение и максимально возможное снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, снижения материальных потерь, размеров ущерба окружающей природной среде, а также на сохранение жизни и здоровья людей в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Они должны предвидеть будущие угрозы, риски и опасности, а также развивать методы их прогноза и предупреждения.

Одной из главных целей государственной политики Украины в борьбе с авариями, катастрофами, стихийными бедствиями и эпидемиями – обеспечить необходимый уровень безопасности ее населения и территорий в чрезвычайной ситуации, при которой источники природных, техногенных и экологических угроз не могут быть лимитирующими факторами устойчивого социально-экономического развития региона. Харьковская область требует внимания и особых подходов в вопросах защиты населения, территорий и экономического потенциала от чрезвычайных ситуаций. Перспективы дальнейшего социально-экономического развития города и региона в целом во многом зависят от уровня безопасности объектов жизнеобеспечения, экономической и социальной инфраструктуры, организаций, ее населения и территорий в чрезвычайных ситуациях.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях означает состояние защищенности человека, общества и окружающей природы от чрезмерно вредных воздействий природных и техногенных факторов.

Уровень безопасности в чрезвычайных ситуациях оказывает решающее влияние на эффективность работы органов государственной власти по управлению риском возникновения чрезвычайных ситуаций, их предупреждению и ликвидации их последствий. Через государственное регулирование и при непосредственном участии населения можно добиться приемлемого уровня безопасности жизнедеятельности, состояния их защищенности от различного рода угроз.

Анализ произошедших чрезвычайных ситуаций на территории Харьковской области можно условно разделить на две группы:

- первая группа – чрезвычайные ситуации, зафиксированные на территории области в течении последних 5-ти лет – сезонные, т.е. это периодически возникающие чрезвычайные ситуации;

- вторая группа – крупные аварии и катастрофы техногенного и природного характера, не зафиксированные на территории области в течение 5 лет, но возможные в силу наличия источников их возникновения или других субъективных факторов.

К первой группе относятся (условно):

1. Чрезвычайные ситуации природного характера (опасные геологические, метеорологические, гидрологические явления, деградация почв или недр, пожары в природных экологических системах, изменения состояния воздушного бассейна, инфекционная заболеваемость и массовое отравление людей, инфекционные заболевания домашних животных, а именно сельскохозяйственных, массовая гибель диких животных, поражения сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями и т. п.).

2. Чрезвычайные ситуации техногенного характера - транспортные аварии (катастрофы), пожары, взрывы, аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных и вредных химических и радиоактивных веществ, внезапное разрушение сооружений; аварии в электроэнергетических системах, системах жизнеобеспечения, системах связи и телекоммуникаций, на очистительных сооружениях, в системах нефтегазового промышленного комплекса, гидродинамические аварии и др.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются: изношенность основных производственных фондов, ухудшение материально-технического обеспечения сил для ликвидации аварий, нехватка финансовых средств, снижение производственной и технологической дисциплины, неритмичность работы организаций.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера являются: осуществление хозяйственной деятельности и проживание населения на паводково-опасных территориях, относительно низкая надежность гидротехнических сооружений, ограниченные возможности областной и районных служб надзора и контроля.

Главной задачей предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций является осуществление заблаговременного комплекса мер, направленного на предупреждение и максимально возможное снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, снижение материальных потерь, размеров нанесенного ущерба окружающей природной среде, а также на сохранение жизни и здоровья людей в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Тенденция к снижению количества и масштабов чрезвычайных ситуаций не просматривается без проведения специальных мероприятий. Снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций первой группы не ожидается. Необходим комплекс мер по уменьшению последствий данных чрезвычайных ситуаций с целью максимально возможного снижения риска пострадавших и материального ущерба, то есть максимального уменьшения масштабов последствий возникновения чрезвычайных ситуаций.

Виды чрезвычайных ситуаций, относящиеся ко второй группе:

1. Территориальные химические аварии, приводящие к массовым поражениям и гибели людей в результате отравления аварийно химически опасными веществами.
2. Пожары и взрывы, приводящие к массовым поражениям и гибели людей.
3. Аварии на системах жизнеобеспечения населения, приводящие к массовым поражениям людей.
4. Аварии на гидротехнических сооружениях - прорывы дамб, разрушение плотин, которые могут привести к катастрофическим последствиям.
5. Региональные чрезвычайные ситуации природного характера, приводящие к массовым поражениям людей.
6. Массовые инфекционные заболевания людей (эпидемии).
7. Массовые инфекционные заболевания животных (эпизоотии).
8. Массовые поражения растений и леса опасными вредителями и болезнями (эпифитотии).

Источниками возникновения чрезвычайных ситуаций в Харькове и Харьковской области являются потенциально опасные объекты, стихийные бедствия, опасные виды болезней людей и животных, болезни и вредители растений и др.

Сохраняющаяся тенденция ежегодного роста количества и масштабов последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий заставляет искать новые решения проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, предвидеть будущие угрозы, риски и опасности, развивать методы их прогноза и предупреждения.

До недавнего времени первостепенное внимание в решении проблемы защиты населения и территории Харькова и Харьковской области от чрезвычайных ситуаций

уделялось ликвидации последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий. Однако эти усилия становятся все менее эффективными и более затратными. Имеющиеся ресурсы должны быть в первую очередь направлены на снижение риска и безопасности человека.

Недостаток информации о характере развития чрезвычайной ситуации может привести к развитию ситуации с катастрофическими последствиями. В этих условиях актуальными становятся проблемы учета фактора неопределенности при принятии решений, оптимального распределения ресурсов, привлекаемых для ликвидации чрезвычайных ситуаций и оценки темпов использования этих ресурсов.

По расчетам международных экспертов затраты на прогнозирование и обеспечение готовности к стихийным бедствиям в 10-15 раз меньше величины предотвращенного ущерба.

Реализация защитных мероприятий позволит в 2-3 раза сократить затраты на ликвидацию чрезвычайных ситуаций по сравнению с величиной предотвращенного ущерба и на 30-40% уменьшить потери населения от чрезвычайных ситуаций, а в некоторых случаях полностью избежать их.

Разработка и реализация системы мер по выявлению опасностей и комплексному анализу риска чрезвычайных ситуаций обеспечит снижение на 20-25% риска для населения проживающего в Харьковской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI.
2. Постанова Кабінету Міністрів від 24 березня 2004 року № 368 «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями».
3. Наказ МНС України від 12 грудня 2012 року № 1400 «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій».
4. Наказ Державного комітету стандартизації, метрології та сертифікації України від 19 листопада 2001 року № 552 «Про затвердження Державного класифікатора надзвичайних ситуацій ДК 019-2001».
5. Абрамов Ю.О., Росоха В.О. и др.. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник. Вид-во: АЦЗУ м.Харків, 2005. -530с.
6. Брушлинский Н.Н., Глуховенко Ю.М. и др.. Управление безопасностью сложных систем: методология, технологии, опыт // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. -2002. –вып.6. –С.22-47.
7. Вишняков Я.Д. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций и антикризисное управление // ВИНТИ. Пробл. безоп. при чрезв. ситуациях. -2004. - №2. – С.38-47.
8. Идентификация и моделирование управляющих систем. /НАН Украины; редкол. И.В. Скрыпник (гл. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1997. – 147с.

O.V.Pirohov, Ph. D, National University of Civil Defense Ukraine

In order to solve the complex problems of risk reduction, mitigation of natural disasters, accidents and catastrophes analyzed the possibility of emergency situations on the territory of the Kharkiv region. The estimation of the socio-economic results, aimed at the prevention of material damage.

*Р.В. Пономаренко, к.т.н., с.н.с, (НУЦЗ України),
В.О. Мішина., (НУЦЗ України)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЗЛІВ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ НЕСУЧОЇ ТА СТРАХУВАЛЬНОЇ МОТУЗКИ ПРИ РЯТУВАННІ ПОСТРАЖДАЛОГО З ТРЕТЬОГО ПОВЕРХУ З ВИКОРИСТАННЯМ НОШ РЯТУВАЛЬНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ НРВ-1

В доповіді наведено дослідження вузлів для кріплення несучої та страхувальної мотузки при рятуванні постраждалого з третього поверху з використанням нош рятувальних вогнезахисних [1].

Вузол «булінь». Дуже розповсюджений вузол в альпінізмі. Поширено дві методики зав'язування. Одна з їх - пропущення вільного кінця мотузки в петлю з наступним виворотом не може вважатися вдалою, тому що вимагає додатково контролю правильності зав'язування вузла. Помилка в цьому випадку може мати фатальний характер. Друга методика - послідовне зав'язування - вільна від цього недоліку. Знайшла застосування переважно у спелеології. Рекомендується й для промислового альпінізму. [2]

Переваги: широке поширення й популярність.

Недоліки: вимагає виняткової уваги до якості зав'язування; необхідний додатковий контрольний вузол; після тривалого навантаження розв'язується на превелику силу; вузол має два вільних кінці, причому навантажувати треба тільки той, котрий утворить перехлесну, а не просту петлю.

Особливості:

а) використається для в'язання грудної обв'язки або альтанки при відсутності індивідуальної страхувальної системи (ІСС);

б) для полегшення розв'язання рекомендується до навантаження під перехлесну петлю підкладати дерев'яний колишник вільний кінець, що залишився, мотузки.

За відсутністю бесідки чи грудної обв'язки (надзвичайні випадки) таким способом можна зав'язати бесідку з шматка мотузки. Один з вільних кінців використовується для блокування зв'язаної бесідки з грудною бесідкою, другий застосовується для самостраховки.

Вузол «провідник» (хоча його вихідна назва - вузол провідника. Походження - від гірських провідників, які прив'язували цим вузлом до мотузки своїх підопічних). Найпростіший вузол. В'яжеться як одним кінцем, так і зведеною мотузкою.

Переваги: виняткова простота при зав'язуванні, має властивості що амортизують.

Недоліки: «намертво» затягується при навантаженні, тому більше кращий провідник «вісімка».

Особливості: може використатися для вичленювання ділянки ушкодженої мотузки.

Вузол «провідник», застосовується тільки з контрольним вузлом

Вузол «вісімка». В'яжеться одним кінцем або петлею.

Переваги: не вимагає зав'язування контрольного вузла, проста логіка в'язання, легко заучується, швидко в'яжеться, порівняно легко розв'язується.

Недоліки: порівняно велика витрата мотузки.

Особливості:

а) міцність вузла знижується, якщо допущено перехрещування галузей;

б) вільний кінець мотузки повинний бути не менш 7-10 см.

Дев'ятка - вузол, який створює фіксовану петлю на кінці мотузки. Використовується для кріплення за допомогою карабіну.

Австрійський провідник (бергшафт, метелик, альпійський метелик) - вузол, який утворює фіксовану петлю на середині мотузки. Використовується в якості проміжної точки чи опори навішення, опори для блоків. За допомогою цього вузла можна перев'язати пошкоджену ділянку мотузки. Надійний, можна прикладати навантаження під кутом до

основного напрямку зусилля. Небезпечні помилки: слабо затягнутий, затягнутий з дуже великим зусиллям, велика петля.

Застосування вузла «австрійський провідник» у якості амортизатора й схеми кріплень, при яких він використовується;

Спрямована вісімка. Використовується для кріплення мотузки за дві точки опори з наступним регулюванням довжини плеча та кута між ними.

Схоплювальні вузли – це спеціальні рухомі вузли, застосовувані в альпінізмі, скелелазінні і спелеотуризмі. Призначені для автоматичної фіксації на мотузці при зриві. Можуть застосовуватися для натягу мотузки (поліспасть), для верхньої страхівки, для самострахівки на вертикальній мотузці, при підйомі (працює як жумар), спуску (дюльфером) та ін.

Зазвичай схоплюючі вузли в'яжуться із замкнутої петлі репшнура. При зав'язуванні схоплюючих вузлів їх потрібно ретельно розправляти і підтягти, оскільки можливе прослизання схоплюючого вузла, що небезпечно тим, що тепло, що виділяється при терті, може розплавити репшнур. Іноді розплавлений репшнур доводиться різати ножом. При сильному ривку схоплюючий вузол може зруйнувати оплетку основний мотузки.

Імовірність прослизання залежить також від співвідношення діаметрів основної мотузки і репшнура. Чим це відношення більше, тим краще працює схоплює вузол. Впливає на прослизання і конструкція і матеріал мотузок.

Прусик (вузол прусик) – один з схоплюючих вузлів. Може зав'язуватися репшнуром діаметром 6-7 мм навколо 9-14 мм основної мотузки, забезпечуючи тим самим страхівку альпініста. У міру підйому або спуску пересувається рукою. У разі зриву вузол затягується на страхувальній мотузці і оберігає альпініста від падіння. Спрацьовує при навантаженнях в будь-якому напрямку. Крім страхівки прусик може бути застосований і безпосередньо при підйомі по мотузці (використовується як жумар).

При пересуванні вузла по мотузці вузол затискається в долоню. В цьому випадку при зриві рука рефлекторно стискається разом з вузлом і вузол не схоплює мотузку. Гальмування відбувається тільки за рахунок сили руки, що призводить до повного перетирання прусика, опіків руки, неконтрольованого спуску і, як результат, до падіння. Пересувати вузол необхідно штовхаючи його вниз або вгору по мотузці, а не обхоплюючи його; другий виток йде в зворотному напрямку по відношенню до першого; кінці витків допоміжної мотузки не виходять з середини вузла; в'яжеться з мотузки більшого чи рівного діаметру, ніж діаметр опорної; в'яжеться всього один виток, коли вузол використовується для підйому, страхівки або при великих навантаженнях. Один виток практично завжди означає протравлювання і в ряді випадків (наприклад, жорстка основна мотузка, основна мотузка під натягом, обмерзла мотузка) може привести до неконтрольованого спуску. Часто протравлюють навіть 2 і більше витків;

При підйомі на прусику вузол піднімається по мотузці в міру підтягування його вгору за вільні кінці. Це призводить до того, що утворюються перехльости, які будуть заважати послабити вузол після навантаження. Вузол потрібно штовхати по мотузці, а не тягнути і не обхоплювати;

Для підйому використовується один і той же репшнур протягом тривалого часу. Це призводить до його перетирання. Необхідно оглядати репшнур перед і після використання.

Довжина прусика береться більше довжини витягнутої руки. В цьому випадку при зриві і повисанні на прусику дотягнутися до нього вкрай складно, а при екстремальних погодних умовах, травмах і обмороженнях - практично нереально.

Якщо прусик в'яжуть петлею з репшнура, беруться рукою за вузол петлі. В результаті, наприклад, якщо петля буде пристебнута до страхувальної системи карабіном, навантаження припадає на вузол петлі. При зав'язуванні прусика петлею з репшнура треба стежити, щоб місце пристебовування карабіна не потрапило на вузол, що з'єднує петлю.

Вузол Бахмана – схоплюючий вузол, зазвичай застосовується для силових операцій з мотузкою (наприклад, натяг поліспасти). Для самостраховки застосовується відносно рідко.

Карабін своєю довгою стороною прикладається до основної мотузці. Репшнур простьобується в карабін, складається удвічі і 2-4 рази обмотується навколо основної мотузки і довгої сторони карабіна, при кожному витку простьобуючись через карабін. Під навантаженням репшнур притискає карабін до мотузки і виключає його переміщення. Надійність схоплювання вузла залежить від кількості витків на мотузці. Зазвичай застосовують 4 обороти.

Цей вузол набагато зручніший від прусика при підйомі по мотузці без жумара, кроля або інших пристроїв (в аварійних ситуаціях або «по бідності»). Головна зручність в тому, що на відміну від прусика, у цього вузла з'являється рукоятка (карабін), за яку набагато простіше пересувати по мотузці цей вузол, ніж прусик. Крім того, в карабін можна додатково щось заклацнути.

Якщо вузол використовується як основний (тобто навантажений вагою людини або є єдиною страховкою людини, що стоїть ненадійно), то карабін повинен бути замуфтований.

Часто плутають вузол Бахмана і карабінний вузол (прустик з карабіном). Іноді вузол Бахмана називають вузлом Брахмана, що не є правильно. Іноді його називають «жумар для бідних».

У зв'язку з усе більшою доступністю підйомних, спускових і страхувальних пристосувань (такого «заліза» як грі-грі та жумари), вузол Бахмана відходить на другий план. Однак уміння поводитися з цим вузлом може дуже стати в нагоді в екстремальній ситуації.

Репшнур після пристьобування в карабін петлями охоплює тільки перильну мотузку. Потім петля знову проводиться через карабін. Вузол можна зав'язувати, не відстібаючи його від учасника. Псевдобахман добре тримає тільки на натягнутій мотузці чи на мотузці з підвішеним вантажем. Вузол добре тримає також і на металевому тросі перетином понад 6 мм. На мотузці, що вільно висить, вузол не тримає і зривається.

Подвійна вісімка - вузол, що утворює подвійну фіксовану петлю. Використається для навішення одночасно за дві незалежні опори (шлямбурні гаки). Вузол допускає припасування й регулювання розмірів петель до досягнення рівномірного навантаження на обидві опори.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородич П.Ю. Імітаційне моделювання рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних / П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко, П.А. Ковальов // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – вип. 22. – Харків: НУЦЗУ, 2015. с 8-13.

<http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Borodich.pdf>

2. Пожежно-рятувальна підготовка/[Безуглов О.Є., Горпинич І.А., Олійник Д.В. та ін.]; під ред. О.Є. Безуглова. – Х. : КП «Міська друкарня», 2011 – 228 с.

Ponomarenko R.V., Mischina V.O.

RESEARCH UNITS FOR FIXING BEARING AND A SAFETY ROPE RESCUE VICTIMS WITH AT THIRD FLOOR WITH NOSH SAVING FLAME RETARDANT

In the report the research units for mounting and carrying a safety rope during the rescue of the victim on the third floor with the use of fireproof rescue nosh.

*Р.В. Пономаренко, к.т.н., с.н.с, (НУЦЗ України),
Д.О. Стадник, (НУЦЗ України)*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ТА СПОРЯДЖЕННЯ РЯТУВАЛЬНИКА

В доповіді наведено порівняльний аналіз захисного одягу та спорядження рятувальника, який використовується в оперативно-рятувальних підрозділах ДСНС України.

Під час ліквідації надзвичайних ситуацій (далі НС), пожеж та їх наслідків пожежники-рятувальники працюють в специфічній обстановці, яка обумовлюється несприятливими факторами, що впливають на них.

Небезпечні фактори пожежі – прояв пожежі, що призводить чи може призвести до опечення, отруєння легкими продуктами згоряння або піролізу, травмування чи загибелі людей та (або) до заподіяння матеріальних, соціальних, екологічних збитків.

До цих факторів відносяться: підвищена температура, задимлення, погіршення складу газового середовища. Перераховані фактори є небезпечними факторами пожежі (далі НФП). Для захисту пожежників-рятувальників від НФП використовуються засоби індивідуального захисту.

Захисний одяг пожежника-рятувальника (далі ЗО) призначений для захисту шкіряного покриву пожежників-рятувальників від несприятливих факторів, що виникають під час ліквідації надзвичайних ситуацій пожеж, при проведенні першочергових заходів з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та від різних кліматичних дій. Він складається з куртки, пелерини, що пристібається до куртки за допомогою гудзиків, штанів з бретелями та краг як засобів захисту рук. На зимовий час передбачено ватну фуфайку та підшоломник.

Куртка повинна закривати брюки ЗО пожежника-рятувальника по висоті не менше ніж 30 см.

Конструкція штанів або напівкомбінезона повинна забезпечувати можливість одягання виробу без знімання спеціального захисного взуття та мати накладки в області колін.

Конструкція ЗО пожежника-рятувальника та матеріал повинні запобігати проникненню в підкостюмний простір води, поверхнево-активних речовин (далі ПАР) та агресивних середовищ.

На ЗО пожежника-рятувальника повинні бути настроєні на картку та на штани сигнальні смуги із світловідбивного, світлоповертального або флуоресцентного матеріалів шириною не менш 0,02 м. Площа поверхні сигнальних смуг на куртці повинна складати не менш 0,2 м², в області грудей, на спині – не менш ніж 0,08 м², на рукавах – не менш ніж 0,12 м². Площа поверхні сигнальних смуг на штанах повинна складати не менш ніж 0,05 м² та розтошовуватись по низу штанів.

Тривалість світіння сигнальних смуг має бути не менш ніж 30 хвилин.

На куртці ЗО пожежника-рятувальника має бути передбачена не менше ніж одна кишеня для радіостанції. При цьому всі зовнішні кишені повинні мати клапани, а для матеріалів з водотривким покриттям отвори для стікання води та герметизацію швів застрочування кишень.

ЗО пожежника-рятувальника виготовляється в кліматичному виконанні.

Конструкція ЗО пожежника-рятувальника повинна забезпечувати можливість його використання зі спорядженням пожежника-рятувальника, зокрема, каскою, поясом, засобами індивідуального захисту органів дихання та зору, пожежно-технічним оснащенням, радіостанцією, спеціальним захисним взуттям, засобами захисту рук, засобами локального захисту та тепловідбивним комплектом.

Захисне взуття пожежника-рятувальника (далі захисне взуття) – спеціальне взуття, призначене для захисту ніг людини від впливу небезпечних факторів довкілля та вогнегасних речовин під час гасіння пожеж і проведення аварійно-рятувальних робіт, а також від кліматичних впливів.

Конструкція захисного взуття повинна забезпечувати можливість його використання зі спорядженням, зокрема із захисним одягом, та не перешкоджати одягання по тривозі за нормативний час всіх видів захисного одягу. За конструкцією захисне взуття повинно виготовлятися у вигляді чобіт.

Захисне взуття складається з таких основних деталей: халява, підошва, каблук, задник, підносок, носок та союзка.

В залежності від матеріалу, захисне взуття буває шкіряне або гумове.

Шкіряне захисне взуття – захисне взуття, верх якого виготовляється зі шкіри або її замінників.

Гумове захисне взуття – захисне взуття, верх якого виготовляється з гуми або полімерних матеріалів, які є замінниками (халяву шкіряного взуття допускається виготовляти з кірзи).

Захисне взуття складається з таких основних деталей: халява, підошва, каблук, задник, підносок, носок та союзка. Халяву захисного взуття допускається виготовляти з кірзи.

Підошва шкіряного взуття повинна мати проколостійку прокладку, яка вмонтовується в неї таким чином, щоб її не можливо було витягнути. Підошва повинна бути стійкою до дії розчинів кислот, лугів та нафтопродуктів.

Підошва гумового взуття повинна мати проколостійку прокладку, бути рифленою та стійкою до дії розчинів кислот, лугів та нафтопродуктів.

Спорядження пожежного-рятувальника складається з каски, пожежного пояса з карабіном, сокири.

Каска пластмасова складається з полікарбонатного корпусу овальної форми, амортизатора, тулії, пелерини, забрала і підборідних пасів із застібками. Тулія, закріплена з внутрішньої сторони корпусу за допомогою амортизатора, пом'якшує силу удару рівномірним розподілом навантаження по всій поверхні голови. Пелерина з задньої сторони каски і забрало попереду послаблюють дію теплової енергії, а також захищають шию й обличчя пожежника-рятувальника від попадання води, іскор і т.п.

Каски випускають двох типорозмірів (59 і 64).

Наявність підборідного рем'я і стягуючого шнура тулії дозволяє регулювати внутрішній простір до необхідного.

Каска повинна щільно сидіти на голові, при нахилах не падати.

Пояс рятувальний, який знаходиться на озброєнні пожежних підрозділів.

Пояс пожежника-рятувальника буває трьох розмірів: 1050, 1200, 1350 мм. за ширини стрічки 75 мм і товщини 4 мм. Пояс виготовляють з чотиришарової бавовняної тканинної стрічки, пофарбованої водостійкою фарбою в коричневий або чорний колір. До одного кінця стрічки прикріплено пряжку. На іншому її кінці є п'ять пар люверсів (облицьованих металевими накладками отворів) для застібання пояса. На відстані 220 мм від пряжки прикріплене півкільце для підвіски карабіна. Пристібається карабін до пояса з лівої сторони за допомогою ремінця з кнопкою.

Рятувальний пояс випускається промисловістю протягом останніх років і поступово входить на озброєння пожежно-рятувальних підрозділів.

Рятувальний пояс призначений для проведення аварійно-рятувальних робіт під час пожежі, а також для саморятування і страхування пожежних-рятувальників при роботі на висоті.

Поясна стрічка повинна бути виготовлена з капронового рем'я ЛОСП-85 і бути цілнокроєною, за нормативно-технічною документацією, затвердженою у встановленому порядку, мати водостійке поліамідне просочення.

Поясна стрічка не повинна мати виступаючих не забитих кінців ниток і розплетених ділянок. Кінці поясної стрічки повинні бути оплавлені так, щоб виключити їхнє розплетення.

Металева фурнітура пояса повинна бути без тріщин, заходів, раковин, розшарувань металу, заусенців та інших дефектів, що знижують міцність і погіршують зовнішній вигляд пояса. Металеві деталі повинні мати округлення країв радіусом не менше 2 мм.

Складальні одиниці і деталі, виготовлені зі шкіри і текстильних матеріалів, не повинні мати нерівних країв, бахроми та інших дефектів, що знижують якість пояса.

Карабін пожежника-рятувальника використовується для гальмування рятувальної мотузки при проведенні рятувальних робіт і для страхування особового складу при роботі на висоті. Карабін закріплюється на рятувальному поясі за сталеве півкільце і складається з гака, відкидного замка, стопорного пристрою, шарніра і пружини. Відкидний замок має борідку, що входить у виріз замка, і втулковий замикач, яким забезпечується запирання і стопор замка, що виключає його мимовільне розкриття. Виготовляються карабіни з круглої сталі з багатошаровим гальванічним покриттям розміром 160×92×12 мм і масою не більше 350 г.

Сокира пожежника-рятувальника є індивідуальним інструментом пожежника-рятувальника, призначена для розбирання елементів конструкцій під час гасіння пожежі. Крім того, кирка сокири дозволяє закріплюватися пожежному-рятувальнику при пересуванні по крутих схилах покрівлі.

Сокири пожежні суцільнометалеві. Загострена частина (лезо і кирка) полотнища сокири наточується і піддається термічній обробці. Ручка сокири має гумове покриття. Довжина металевої сокири 410 мм, маса не більше 1,7 кг. Її носять у спеціальній кобурі з правої сторони на поясі.

Кобура складається з двох боковин, вироблених з бавовняної тканини. Боковини з'єднані заклепками. На одній боковині є кнопка, на іншій – клапан і ремені для підвішування кобури на рятувальному поясі. Розміри кобури 250×120×40.

Захисний одяг пожежного-рятувальника від підвищених теплових впливів (далі ЗО ПТВ) у залежності від припустимого часу роботи за граничних значень теплових факторів пожежі підрозділяється на три типи: важкий (теплозахисний костюм – ТЗК), напівважкий (тепловідбивний костюм – ТВК) та легкий (засіб локального захисту – ЗЛЗ).

В усіх типах ЗО ПТВ використовується принцип пасивного теплового захисту, який здійснюється шляхом застосування матеріалів з низькою теплопровідністю і високою теплоємністю без забезпечення теплоізоляції холодоносіями з примусовою циркуляцією.

В підрозділах ДСНС України застосовується Теплозахисний костюм "Індекс-1200". За своїми технічними характеристиками ТЗК "Індекс-1200" може використовуватись при гасінні пожеж великої інтенсивності (на нафтозховищах, нафтових і газових фонтанах), включаючи прямий контакт і вхід у відкрите полум'я.

ТЗК "Індекс-1200" - це багатошаровий напівкомбінезон і куртка з капюшоном з оглядовим двошаровим склом зі світлофільтром. У цьому костюмі пожежний-рятувальник може знаходитися в епіцентрі вогню протягом як мінімум 5 хвилин. Матеріали і конструкція, які використовуються при виробництві костюмів, забезпечують їх багаторазове використання при безпосередньому контакті з відкритим вогнем. Дихальний апарат знаходиться усередині костюма.

Ponomarenko R.V., Stadnik D.O.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTECTIVE CLOTHING AND EQUIPMENT LIFEGUARD

In the report the comparative analysis of protective clothing and equipment lifeguard used a promptly-and-rescue units DSNS Ukraine.

А.С. Рогозін, к.т.н., доцент Харківський Національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

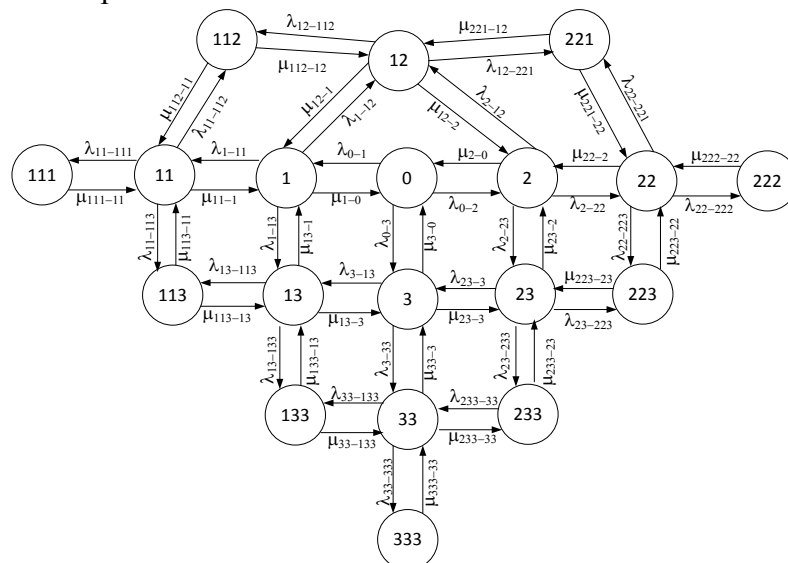
О.О. Боровенська Харківський Національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Необхідною умовою забезпечення ефективності заходів цивільного захисту є адекватність кількості сил існуючим загрозам на території. Завдання нормування сил оперативно-рятувальних підрозділів ускладнюється ще і тим, що територія навіть одного регіону має великі розбіжності в інтенсивності проявів загроз і відповідно окремі ділянки потребують різної кількості сил. Також ситуацію усугубляє обмеженість існуючих підходів щодо визначення необхідної кількості сил на території, відсутність чіткого нормування рівня безпеки територій. Суттєва різниця між територіями за геофізичними властивостями, рівнем урбанізації, інтенсивності реалізації існуючих загроз, об'єктивна необхідність підвищення адекватності заходів у сфері цивільного захисту обумовлюють актуальність наукової задачі розроблення підходів та моделей щодо визначення штатної чисельності оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України. Ключовим питанням організації аварійно-рятувальної служби гарнізонів є обґрунтування кількісного складу чергових змін. Суттєві розбіжності в напруженості оперативної обстановки території адміністративних одиниць України, та відсутність норм визначення кількісних характеристик чергових сил оперативно-рятувальних підрозділів обумовлює актуальність задачі створення моделей визначення кількості особового складу оперативно-рятувальних підрозділів. Світовий досвід побудови оперативно-рятувальних служб свідчить, що підхід нормування чисельності служб спираючись тільки на кількість населення [6] не є оптимальним а у ряді випадків є помилковим, нормативна не урегульованість питань кількісного складу чергових сил підрозділів призводить до визначення кількості сил виходячи із суб'єктивної оцінки суб'єктів, що обумовлює об'єктивну необхідність формалізації визначення кількісних параметрів чергових сил. Враховуючи обмеження за критерієм часу прибуття підрозділів на виклик, закономірності виникнення деструктивних подій на території, визначальним для оцінки напруженості оперативної обстановки для підрозділів оперативно-рятувальної служби є не кількість населення, а його щільність.

Враховуючи стохастичну природу потоків викликів та ліквідації пожеж, виникнення та ліквідацію пожеж можна розглядати як випадковий Марківський процес.

Граф станів коли можливо виникнення до трьох викликів з залученням до трьох відділень представлено на рис. 1.



На рис.1 прийняті наступні позначення:

123 - цифри в колі відповідають стану з певною кількістю відкликів та кількістю залучених відділень.

На приклад цифри у колі 123 означають, що це стан, коли підрозділи ліквідують надзвичайні події на трьох викликах із залученням одного, двох та трьох відділень відповідно;

λ - інтенсивність переходу системи в стан $i+1$ виклик;

μ - інтенсивність переходу системи в стан $i+1$ виклик.

Рівняння Колмогорова для представленого графу мають наступний вид:

$$\begin{aligned} \frac{dp_0(t)}{dt} &= \mu \cdot p_1(t) + \mu \cdot p_2(t) + \mu \cdot p_3(t) - (\lambda \cdot \kappa_2 + \lambda \cdot \kappa_1 + \lambda \cdot \kappa_3) p_0(t); \frac{dp_1(t)}{dt} = -\mu \cdot p_1(t) - \\ &- \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_1(t) - \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_1(t) - \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_1(t) + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_0(t) + \mu \cdot p_{12}(t) + \mu \cdot p_{11}(t) + \\ &+ \mu \cdot p_{13}(t); \frac{dp_2(t)}{dt} = -\mu \cdot p_2(t) - \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_2(t) - \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_2(t) - \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_2(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_0(t) + \\ &+ \mu \cdot p_{12}(t) + \mu \cdot p_{22}(t) + \mu \cdot p_{23}(t); \frac{dp_{11}(t)}{dt} = -\mu \cdot p_{11}(t) + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_1(t); \frac{dp_3(t)}{dt} = -\mu \cdot p_3(t) - \\ &- \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_3(t) - \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_3(t) - \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_3(t) + \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_0(t) + \mu \cdot p_{13}(t) + \mu \cdot p_{23}(t) + \mu \cdot p_{33}(t); \\ \frac{dp_{22}(t)}{dt} &= -\mu \cdot p_{22}(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_2(t); \frac{dp_{33}(t)}{dt} = -\mu \cdot p_{33}(t) + \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_3(t); \\ \frac{dp_{13}(t)}{dt} &= -2\mu \cdot p_{13}(t) + \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_1(t) + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_3(t); \frac{dp_{12}(t)}{dt} = -2\mu \cdot p_{12}(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_1(t) + \\ &+ \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_2(t); \frac{dp_{111}(t)}{dt} = -\mu \cdot p_{111}(t) + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_{11}(t); \frac{dp_{112}(t)}{dt} = -2\mu \cdot p_{112}(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_{11}(t) + \\ &+ \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_{12}(t); \frac{dp_{221}(t)}{dt} = -2\mu \cdot p_{221}(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_{12}(t) + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_{22}(t); \frac{dp_{223}(t)}{dt} = -2\mu \cdot p_{223}(t) + \\ &+ \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_{22}(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_{23}(t); \frac{dp_{233}(t)}{dt} = -2\mu \cdot p_{233}(t) + \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_{23}(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_{33}(t); \\ \frac{dp_{222}(t)}{dt} &= -\mu \cdot p_{222}(t) + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot p_{22}(t); \frac{dp_{333}(t)}{dt} = -\mu \cdot p_{333}(t) + \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_{33}(t); \\ \frac{dp_{113}(t)}{dt} &= -2\mu \cdot p_{113}(t) + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_{13}(t) + \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_{11}(t); \frac{dp_{133}(t)}{dt} = -2\mu \cdot p_{133}(t) + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot p_{33}(t) + \\ &+ \lambda \cdot \kappa_3 \cdot p_{13}(t); p_{23}(t) = 1 - p_1(t) - p_0(t) - p_2(t) - p_{11}(t) - p_{22}(t) - p_{13}(t) - p_3(t) - p_{33}(t) - \\ &- p_{12}(t) - p_{111}(t) - p_{112}(t) - p_{221}(t) - p_{222}(t) - p_{223}(t) - p_{333}(t) - p_{113}(t) - p_{133}(t) - p_{233}(t). \end{aligned}$$

при $t \rightarrow \infty$ рішення системи має наступний вид:

$$\begin{aligned} p_0 &= \frac{\mu^3}{C1}; p_1 = \frac{\lambda \cdot \kappa_1 \cdot \mu^2}{C1}; p_2 = \frac{\lambda \cdot \kappa_2 \cdot \mu^2}{C1}; p_3 = \frac{\lambda \cdot \kappa_3 \cdot \mu^2}{C1}; p_{12} = \frac{\lambda^2 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_1 \cdot \mu}{C1}; p_{11} = \frac{\lambda^2 \cdot \kappa_1^2 \cdot \mu}{C1}; \\ p_{22} &= \frac{\lambda^2 \cdot \kappa_2^2 \cdot \mu}{C1}; p_{33} = \frac{\lambda^2 \cdot \kappa_3^2 \cdot \mu}{C1}; p_{13} = \frac{\lambda^2 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_3 \cdot \mu}{C}; p_{23} = \frac{\lambda^2 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot \mu}{C}; p_{111} = \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_1^3}{C1}; \\ p_{112} &= \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_1^2 \cdot \kappa_2}{C1}; p_{113} = \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_1^2 \cdot \kappa_3}{C1}; p_{133} = \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_3^2}{C1}; p_{221} = \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2^2}{C1}; p_{222} = \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_2^3}{C1}; \\ p_{223} &= \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_3 \cdot \kappa_2^2}{C1}; p_{133} = \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3^2}{C1}; p_{333} = \frac{\lambda^3 \cdot \kappa_3^3}{C1}. \end{aligned}$$

де $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ – ймовірності залучення на виклику одного, двох та трьох відділень відповідно;

$$C1 = \lambda^3 \cdot \kappa_1^3 + \lambda^3 \cdot \kappa_1^2 \cdot \kappa_2 + \lambda^3 \cdot \kappa_1^2 \cdot \kappa_3 + \lambda^3 \cdot \kappa_2^2 \cdot \kappa_1 + \lambda^3 \cdot \kappa_3^2 \cdot \kappa_1 + \lambda^3 \cdot \kappa_2^3 + \lambda^3 \cdot \kappa_2^2 \cdot \kappa_3 + \lambda^3 \cdot \kappa_3^2 \cdot \kappa_2 + \lambda^3 \cdot \kappa_3^3 + \lambda^2 \cdot \kappa_1^2 \cdot \mu + \lambda^2 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \mu + \lambda^2 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_3 \cdot \mu + \lambda^2 \cdot \kappa_2^2 \cdot \mu + \lambda^2 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot \mu + \lambda^2 \cdot \kappa_3^2 \cdot \mu + \lambda \cdot \kappa_1 \cdot \mu^2 + \lambda \cdot \kappa_2 \cdot \mu^2 + \lambda \cdot \kappa_3 \cdot \mu^2 + \mu^3.$$

Кількість станів в яких можуть перебувати сили оперативно-рятувальної служби може бути нескінченною, відповідно розгляд обмеженої кількості станів, вносить відповідну похибку в точність визначення ймовірностей.

Порівняльний аналіз результатів розрахунку ймовірностей за запропонованою моделлю з результатами розрахунку ймовірностей, розглядаючи реагування підрозділів оперативно-рятувальної служби, як систему масового обслуговування, дозволив встановити, що похибка визначення ймовірностей складає від 10^{-3} для p_0 до 10^{-5} для p_{111} .

Висновки. Отримана модель дозволяє на відміну від підходу [7] оперувати ймовірностями залучення κ^2 відділень, що дозволяє в умовах низької інтенсивності викликів приймати рішення по визначенню штатної чисельності гарнізонів з більш високим рівнем адекватності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/874-2013-%D0%BF>.
2. Брушлинский Н.Н. О вероятностном характере потока вызовов пожарных подразделений/ Н.Н. Брушлинский, Г.К. Брушлинская, Л.Ю.Тяжелова; // Труды Высшей школы МВД СССР. – М.: 1972., – Вып. 33. – С .214-218.
3. Брушлинский Н.Н. Применение экономико-математических методов для решения организационно-управленческих задач противопожарной службы/ Н.Н. Брушлинский // Вопросы экономики в пожарной охране. – М., 1972. – С. 138 – 145.
4. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы/ Брушлинский Н.Н. – М.: Стройиздат, 1981. – 95 с.
5. Модель визначення чисельності особового складу оперативно-рятувальних підрозділів / О.М.Соболь, А.С. Рогозін та ін. // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – Вип. 22. – С. 130 – 136.
6. ДБН 360-92** "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://kga.gov.ua/files/doc/normy-derjavy/dbn/Mistobuduvannja-Planuvannja-i-zabudova-miskyh-i-silskyh-poselen-DBN-360-92.pdf>
7. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов/ [Е.М. Алехин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Ю.И. и др] // Устойчивое развитие и проблемы безопасности. Вестник Российской академии естественных наук, – М., 2012. – Вып. 2012/3. – С. 27 – 34.

A.S. Rohozin, Ph.D., docent, O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

O.O. Borovenska, O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

DETERMINATION OF TROOPS OPERATIONAL RESCUE UNITS

A model of the operational activities of the units of the rescue service.

О.Б. Скородумова д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,

Е.В. Тарахно, канд. техн. наук, доцент

В.А. Крадожон, Е.С. Потоцкий,

(Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков)

КРЕМНЕЗЕМИСТЫЕ ОГНЕСТОЙКИЕ ЭЛАСТИЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ КОСТЮМОВ

Огнестойкие защитные покрытия широко применяются для снижения пожарной опасности тканей, изделий из них, а также ковровых текстильных покрытий [1 - 3]. Благодаря нанесению таких покрытий предотвращается возможность загорания текстильных материалов от малокалорийных источников зажигания, например, горящих спичек или сигарет. В случае возникновения крупных очагов загорания эти покрытия ограничивают распространение огня по поверхности, снижают дымообразование [4].

Для снижения пожарной опасности тканей в их составе используют термостойкие полимерные материалы и волокна, содержащие стабилизаторы или замедлители горения. Однако применение модифицированных волокон может быть успешным при производстве ковровых покрытий или занавесей, но не всегда уместно при создании обивочных тканей. В этом случае используют огнестойкие пропиточные составы, не меняющие внешний вид ткани [5].

Основными требованиями, предъявляемыми к огнестойким покрытиям по тканям является эластичность, высокая адгезия к волокнам ткани, устойчивость к истиранию, огнестойкость, гидрофобность. В зависимости от состава и поверхности волокон ткани подбираются специальные пропиточные составы для обеспечения максимально возможной адгезии покрытия по волокнам ткани [6].

Одним из наиболее актуальных направлений исследований является создание эластичных огне- абразивостойких покрытий по тканям, применяемым для изготовления защитных костюмов пожарных [7]. Так как защитный костюм должен не только защищать человека от открытого огня, но и обеспечивать его термозащиту, его изготавливают многослойным, причем каждый слой имеет отдельные функции [8]: наружный слой – теплоотражающий и огнестойкий, промежуточные – тепло- и гидроизоляционные, внутренний слой – водонепроницаемый. В основном, технологические решения по рассматриваемому вопросу касаются структуры защитного костюма, состава и функциональной направленности его основных слоев [9, 10]. Такие костюмы отличаются сложностью конструкции, поэтому их сложно и дорого изготавливать. Обычные защитные костюмы пожарных, так называемые боевые костюмы, имеют два слоя: защитный гидрофобный и съемную теплоизоляционную подкладку. Как правило, верхний слой боевки может быть пропитан различными полимерными составами, образующими термостойкие гидрофобные эластичные пленки, которые при контакте с огнем обугливаются, но не распространяют горение. При этом верхний слой костюма частично выходит из строя.

Представляется целесообразным разработать пропиточные составы на основе соединений, которые не горят при контакте с огнем и при этом могут сохранять целостность покрытия. Этим требованиям отвечают кремнеземистые покрытия, полученные из гелей поликремниевой кислоты.

Целью работы являлась разработка составов огнестойких эластичных кремнеземистых покрытий, обеспечивающих увеличение срока службы защитных костюмов.

Для исследований использовали гибридные золи, полученные совместным гидролизом тетраэтоксисилана (ТЭОС) и метилтриэтоксисилана (МТЭОС) в присутствии

органического растворителя в условиях переменного рН. Для получения экспериментальных покрытий образцы ткани пропитывали золем, удаляли лишнюю золу, после чего сушили при комнатной температуре в закрытом объеме и на открытом воздухе в условиях естественного воздухообмена. Нанесение двух- и трехслойного покрытия проводили с перерывами в 5-10 мин для подсушивания предыдущего слоя.

Покрытия по тканям исследовали с помощью оптического микроскопа (МБС-1) в отраженном свете при различном увеличении. Процессы формирования структуры покрытий во времени изучали в проходящем неполяризованном свете, для чего готовили одно- двух- и трехслойные покрытия, нанесенные на предметные стекла. Сушку таких покрытий проводили так же, как и образцы пропитанных тканей.

Термообработанные гели и покрытия на их основе исследовали с помощью инфракрасной спектроскопии (инфракрасный Фурье спектрометр Tensor 27), дифференциально-термического (дериватограф ОД-103) и рентгеновского (рентгеновский дифрактометр ДРОН-3) методов анализа.

Кислотостойкость покрытий исследовали, выдерживая экспериментальные измельченные гели в сильноокислом растворе (рН 1,5-2) в течение 1 час. при постоянном перемешивании. Порцию полученной суспензии фильтровали и определяли оптическую плотность фильтрата.

С помощью инфракрасной спектроскопии исследовано влияние механизма гелеобразования в гибридных системах МТЭОС-ТЭОС на получение эластичных покрытий по костюмам пожарных. Установлен оптимальный состав гелевых эластичных покрытий. Показано, что увеличение содержания МТЭОС в смеси приводит к потере эластичности покрытия за счет активизации совместной поликонденсации продуктов и полупродуктов гидролиза МТЭОС и ТЭОС и, как следствие, образованию клатратов в структуре геля и объединению глобул геля в крупные агрегаты.

Установлены оптимальные технологические параметры получения эластичных гидрофобизированных покрытий по костюмам пожарных: коагуляцию готового гидролизата при соотношении МТЭОС/ТЭОС = 2/1 необходимо осуществлять при рН 9 через 0,5ч. после приготовления золя.

Установлено, что экспериментальные гели ни во влажном, ни в высушенном состоянии не реагируют с раствором соляной кислоты, что свидетельствует о перспективности использования разработанных составов для защиты костюмов пожарных от агрессивных сред с низким рН.

Полученные результаты были использованы при нанесении покрытий по тканям. Для исследований использовали ткань из 100%-ного хлопка, применяемую для наружного слоя защитного костюма пожарного. Ткань пропитывали гибридным золем 1-3 раза, после каждой пропитки выдерживали ткань в закрытом объеме для создания мягкого режима созревания покрытия, затем снова пропитывали ткань золем.

Исследование пропитанных тканей под микроскопом показало, что при пропитке золю равномерно покрывал каждое отдельное волокно хлопчатобумажной и синтетической нитей. Адгезию покрытия по волокнам оценивали косвенно, по степени осыпания покрытия при многократном изгибе ткани и при протирании ее поверхности.

Огнестойкость полученных покрытий исследовали, выдерживая в пламени газовой горелки и определяя площадь общего и глубокого повреждения тканей на изнаночной стороне. Так как ткань без покрытия при помещении в пламя горелки через 10с сгорала полностью, экспериментальные образцы тканей с покрытием и без него испытывали на огнестойкость в течение 5 с.

Установлено, что нанесение покрытия методом пропитки заметно снижает площадь повреждения ткани. При нанесении одно- и двухслойного покрытия площадь обугливания снижается в 1,5 – 2 раза по сравнению с тканью без пропитки. При использовании

трехкратной пропитки толщина покрытия увеличивается, что объясняется, по-видимому, присутствием остаточного растворителя. На изнаночной стороне ткани без пропитки в центре пятна термически измененного цвета находилось темно-коричневое пятно глубокого разрушения ткани. Однослойная пропитка ткани обеспечивала снижение площади пятна в 2 раза, использование двукратной пропитки наиболее надежно защищает ткань, так как на изнаночной стороне изменений цвета не наблюдается. После испытаний покрытия не теряют эластичности и не выкрашиваются.

В связи с вышеизложенным было экспериментально установлено оптимальное количество золя для нанесения двухслойного покрытия, а также отработаны параметры нанесения и сушки покрытия.

Результаты испытаний экспериментальных покрытий на механическое нагружение представлены на рисунке. Как видно из рисунка, потери массы образцов снижаются при увеличении количества слоев покрытий, причем у двух- и трехслойного покрытия они различаются незначительно. В среднем, потери массы у двух- и трехслойных покрытий составляли приблизительно 0,2 %.

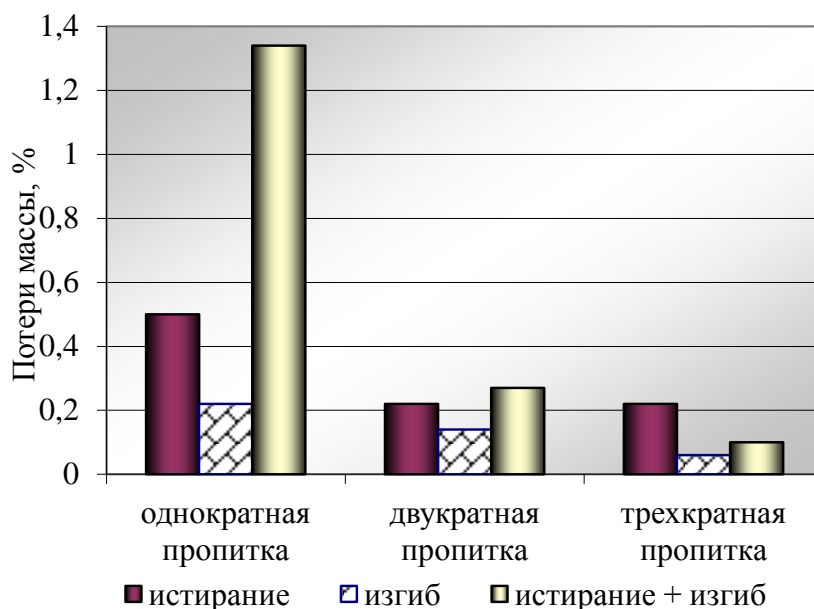


Рис. Потери массы защитных покрытий при механическом нагружении

Такой низкий процент потерь массы объясняется тем, что экспериментальные гибридные золи имели высокую текучесть, полностью пропитывали ткань, покрывая поверхность каждой нити (рис.2, г). При отверждении однородного гелевого покрытия на поверхности глобул геля имеются кроме силанольных метильные группы, придающие поверхности частичную гидрофобность. Поэтому покрытые нити ткани не слипаются и свободно двигаются при изгибе ткани, не разрушая нанесенного на них покрытия. При истирающей нагрузке отслоившиеся частицы покрытия, по-видимому, остаются между нитями и могут адсорбироваться активированной поверхностью в порах покрытия, поэтому огнестойкость покрытий после механического нагружения не снижается.

Таким образом, В результате проведенных исследований разработан состав и уточнены технологические особенности получения кремнеземистых огнестойких покрытий на основе изучения механизма гелеобразования в гибридных гелях системы МТЭОС – ТЭОС. Разработанные покрытия значительно повышают огнестойкость ткани для защитных костюмов пожарных, обладают эластичностью и износостойкостью

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. на изобретение 2203993; РФ, МПК СD06 М15/643, 15/248, С08К 21/14. Огнестойкий текстильный материал / Журко А. В., Хелевин Р. Н., Никитин Ю. А. - № 2001135972/04; опубл. 15.07.03; Бюл. №14.
2. Пат. на изобретение 2265683; РФ, МПК С2D06 М15/693, 15/248, С09К 21/14. Композиция для получения огнестойких текстильных материалов / Журко А. В., Хелевин Р. Н., Уткин Г. В., - 2003136901/04; заявл. 22.12.03; опубл. 10.12.05; Бюл. №34.
3. Пат. на изобретение 22512342; РФ, МПК С09D 183/06, D0 15/693, D06M15/643, С09К 21/14. Композиция на основе жидкого низкомолекулярного силоксанового каучука для покрытия текстильного материала / Хелевина О. Г., Малясова А. С. - № 2012153274/05; заявл. 12.12.12; опубл. 10.04.13; Бюл. №10.
4. Абдулин И. А. Разработка огнезащитного состава для текстильных материалов / И. А. Абдулин, З. З. Валиева, Н. Х. Валеев // Вестник Казанского технологического университета.- 2010.- №10.- С.534 – 537.
5. Тарануха Я. А., Каратеев А. М. Придание огнезащитных свойств тканевым материалам на основе натуральных и синтетических волокон / Я. А. Тарануха, А. М. Каратеев // Интегрированные технологии и энергосбережение.- 2006.- №4.- С.37 – 42.
6. Тарахно Е. В. Применение кремнийорганических материалов для огнестойкого защитного обмундирования / Е. В. Тарахно, Л. А. Андрющенко, А. М. Кудин, Л. Н. Трефилова // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. трудов.- 2014.- вып.36. - С.243 – 258.
7. Patent 4792480 USA/ Laminate Material for Use in Protective Clothing / Paul X. Freund, Sheridan J. Rodgers, Cristopher J. Kairys. – МПК В32 В 27/00, 20.12.1988.
8. Пат. 2082469 РФ, МПК А62 В17/00, А41В 13/00/ Арефьев Л. Е., Белицин М. Н., Брагин В. И., Выгодин В. А., Садкова Н. А. Материал для теплозащитной одежды. Заявка № 95119286/02, заявл. 16.11.95, опубл. 27.06.97.
9. Пат. на изобретение 2201352 С1; РФ, МПК: В2В27/04, А62В17/00. Теплостойкий защитный материал / Смирнова Е. Л., Лукашевский А. В., Шемаков А. В. - № 200111135972/04; заявл. 25.12.2001; опубл. 27.03.2003.
10. Пат. 2213596 РФ, МПК А41D, А62В. Защитное обмундирование для пожарных / Смирнова Е. Л., Лукашевский А. В., Шемаков А. В., Логинов В. И., Семенов С. Ю. - №2002129261/12; опубл. 10.10.03.
11. Скородумова О. Б. Исследование механизма гелеобразования в гибридных гелях кремнезема с пониженной склонностью к агрегированию / О. Б. Скородумова, А. Ю. Лозовской, Е. В. Тарахно, Т. Б. Гонтар // Вестник НТУ ХПИ.- 2015.- №7 (1050).- С.162 – 166.
12. Скородумова О. Б. Исследование микроструктуры огнезащитных кремнеземистых покрытий по костюмам пожарных / О. Б. Скородумова, Е. В. Тарахно, Г. С. Попенко, В. А. Крадожон, Е. С. Потоцкий // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. трудов.- 2016- вып.39.- С.250-255.

СВІТОВИЙ ТА ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД ОСНОВНИХ ВИМОГ ПРОЕКТУВАННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ЧАСТИН

В зв'язку зі стрімким зростанням і оновленням міст загострюється проблема визначення місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів.

Для зменшення втрат від пожеж необхідно збільшувати ефективність пожежно-рятувальних підрозділів, яка в значній мірі залежить від часу прибуття перших пожежно-рятувальних підрозділів до місця пожежі та їх комплектації відповідними технічними засобами.

На сьогоднішній день в Україні є два нормативні документи які регламентують принципи за якими визначають місце розміщення пожежних депо та пожежних автомобілів в них.

В Постанові КМУ від 27 листопада 2013 р. № 874 [1] визначаються критерії утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях.

У цьому документі наведений перелік суб'єктів господарювання, де утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи (частини) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та чітко вказано 3 критерії, за якими утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи (частини) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, а саме:

- 1) кількість жителів населеного пункту;
- 2) радіус обслуговування одним державним пожежно-рятувальним підрозділом (частиною);
- 3) нормативи прибуття державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) до місця виклику.

По кількості жителів населеного пункту та радіусу обслуговування (не більше 3 км) данні приймаються згідно ДБН 360-92** [2], але є доповнення якщо в зоні виїзду підрозділу (частини) розміщуються промислові підприємства, радіус обслуговування залежно від категорії виробництва становить до 2 або 4 кілометрів.

Нормативи прибуття державних пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику не повинні перевищувати: на території міст – 10 хвилин; у населених пунктах за межами міста – 20 хвилин. З урахуванням метеорологічних умов, сезонних особливостей та стану доріг нормативи прибуття можуть бути перевищені, але не більше ніж на 5 хвилин.

У більшості своїй пожежно-рятувальні підрозділи що розташовуються в населених пунктах, не відповідають вимогам ДБН-360-92** та Постанови КМУ від 27.11.2013р. № 874. Це негативно впливає на своєчасність реагування на надзвичайні ситуації пов'язані з пожежами.

В Республіці Білорусь згідно СНБ 2.02.04-03 [3] радіус обслуговування пожежних депо будівель і споруд, що розміщуються на територіях підприємств, приймається для будинків і споруд, км:

- категорій А, Б і В1-В3, що займають більше 50% всієї площі забудови – 2;
- категорій А, Б і В1-В3, що займають до 50% загальної площі настрійки – 4;
- категорії В4, Г1-Г2 і Д – 4.

Радіус обслуговування для будівель і споруд VI-VIII ступенів вогнестійкості з площею забудови, що становить більше 50% всієї площі забудови підприємства, слід зменшувати на 40%.

Радіус обслуговування пожежних депо будівель і споруд, що розміщуються на територіях населених пунктів, слід приймати не більше 3 км в містах і не більше 10 км в сільській місцевості.

Площа земельної ділянки для пожежного депо, його тип, кількість і типи пожежної аварійно-рятувальної техніки в пожежних депо приймаються по СНБ 3.02.02 [4] за погодженням з територіальним органом державного пожежного нагляду.

У нормативному документі НПБ 64-2002* [5] наведені розрахунки визначення чисельності сил та засобів об'єктових пожежних аварійно-рятувальних частин.

Розрахунок сил і засобів для гасіння пожеж проводиться в залежності від показників пожежної небезпеки горючих речовин (матеріалів) які обертаються, їх кількості, а також від виду вогнегасної речовини, що подається від пересувної пожежної техніки.

При розрахунку сил і засобів для гасіння пожеж в організаціях слід враховувати наявність підрозділів професійних аварійно-рятувальних служб, що перебувають на відстані не більше 3 км від організації в містах і не більше 10 км в сільській місцевості. Відстань визначається по шляху проходження від місця дислокації підрозділу до найбільш віддаленої будівлі, споруди організації по дорогах загального користування або проїздів.

Розміщення пожежних депо на території організації і їх кількість повинні відповідати вимогам СНБ 2.02.04-03.

В Російській Федерації розподіл пожежних депо проводиться, згідно нормативних документів [6, 7] в яких вказано що дислокація підрозділів пожежної охорони на територіях поселень і міських округах визначається виходячи і умов, що час прибуття першого підрозділу до місця виклику в міських поселеннях і міських округах не повинен перевищувати 10 хвилин, а в сільських поселеннях – 20 хвилин.

В той же час в Республіці Польщі утворення та розміщення підрозділів, котрі реалізують завдання державної пожежної охорони здійснюється на основі аналізу загроз, які можуть виникати у районах та виконання критеріїв їх оперативного слідування. В яких враховуються густота населення; географічне положення та переважаючі атмосферні умови, природні та туристичні умови; інфраструктура та її стан, враховуючи пам'ятки архітектури; загрози сусіднім територіям, пов'язаних з гірською місцевістю, морський, водний, повітряний транспорт, полігони та території сусідніх держав; кількість та ступінь випадків виникнення надзвичайних подій [8].

В США, за результатами аналізу [9], радіус виїзду в межах міста визначається в залежності від щільності забудови населеного пункту, а саме: 1,6 км – для районів з дуже високою щільністю забудови; 2,4 км – для районів з високою щільністю забудови; 4,8 км – для районів з низькою щільністю забудови. При наявності будівель підвищеної поверховості в районі виїзду пожежна частина повинна розташовуватися на відстані 2 км від будівель і повинна бути оснащена відповідними рятувальними засобами для проведення рятувальних робіт в багатоповерхових будинках.

Проаналізувавши досвід іноземних держав ми бачимо, що в Україні використовуються принципи, яких недостатньо для оптимального визначення розміщення пожежних депо та ПА. Враховуючи це, є необхідність удосконалити нормативну базу системи реагування на надзвичайні ситуації пов'язаних із пожежами, завдяки чому можна значно впливати на час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику. А також необхідністю більш сучасною і досконалою комплектацією відповідними технічними засобами.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Постанова КМУ від 27.11.2013р. № 874 "Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) ОРСЦЗ в адміністративно-територіальних одиницях"
- 2 ДБН-360-92** Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень
- 3 СНБ 2.02.04-03 Противопожарная защита населенных пунктов и территорий предприятий
- 4 СНБ 3.02.02-03 Здания и сооружения пожарных депо
- 5 НПБ 64-2002* Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Порядок определения необходимого количества сил и средств для обеспечения функционирования подразделений, осуществляющих предупреждение и тушение пожаров в организациях
- 6 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: фед. Закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.
- 7 СП 11.13130.2009 Свод правил. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определений.
- 8 Uchwała Nr 283/34/2012 Prezydium Zarządu Głównego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych RP z dnia 19 kwietnia 2012 r.
- 9 А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин Зарубежный опыт обоснования мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны // Пожарная безопасность. – 2005. – №2.

*O. Teslenko, O. Zhykhariev, O. Krykun, D. Dobriak, O. Veresenko
The Ukrainian Civil Protection Research Institute*

THE WORLD WIDE AND DOMESTIC EXPERIENCE OF MAIN REQUIREMENTS FOR PLANNING OF FIRE AND RESCUE STATIONS

Ukraine uses the principles that are not enough for optimal determination of fire stations and FE (fire engines) locations. There is a necessity to improve the normative base emergency response system related to fires, by virtue of it one can significantly influence on the arrival time of fire and rescue stations to call place. Also, there is a necessity of more modern, perfect and appropriate technical tools.

*Загора А.В., канд. техн. наук, Національний університет цивільного захисту України
Фещенко А.Б., канд. техн. наук, Національний університет цивільного захисту України*

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЗАПАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АППАРАТУРЫ ОПЕРАТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ ПОСЛЕ ОТКАЗОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Эффективность работы оперативной диспетчерской связи (ОДС) и оповещения по обеспечению устойчивого функционирования объектов экономики и первоочередной помощи пострадавшего населения в режиме чрезвычайной ситуации (ЧС) зависит, прежде всего, от показателей надежности, живучести и восстанавливаемости аппаратуры. Степень влияния ЧС на работу сети электросвязи зависит от множества факторов [1].

В работе [2] и рассматривается классификация отказов, возникающих на современной телекоммуникационной аппаратуре в условиях ЧС по трем группам. К первой относятся отказы узлов коммутации (УК), в состав которых входит активное оборудование, необходимое для предоставления телекоммуникационных услуг.

Вторую группу составляют транспортные ресурсы, служащие для формирования каналов обмена информацией.

Третья группа — дополнительное оборудование, без которого поддержка ряда телекоммуникационных услуг возможна, но только с рядом ограничений.

Одним из способов поддержки работоспособности сетей электросвязи является формирование РТС, [2]

В работе [3] при прерывании внешнего электропитания рассмотрен способ устранения отказа ОДС за счет перехода на резервный источник питания и представлена методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

В работе [4] представлены графо-аналитические методы определения периода регламентных работ датчиков ослабления последствий ЧС, позволяющие повысить коэффициент оперативной готовности аппаратуры.

В работе [5] представлены оценка необходимости корректировки комплекта ЗТС и методика расчета необходимого количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации.

Для поддержки оперативной готовности ОДС необходимо воспользоваться резервными техническими средствами (РТС) и провести восстановление аппаратуры за счет запасных технических средств (ЗТС) [2].

Одной из проблем при этом является разработка численных методики корректировки и пополнения ЗТС для обслуживающего персонала ОДС.

При прерывании внешнего электропитания в работе [3] рассмотрен способ устранения отказа ОДС за счет перехода на резервный источник питания и представлена методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

Для повышения коэффициента оперативной готовности аппаратуры в работе [4] представлены графо-аналитические методы определения периода регламентных работ датчиков ослабления последствий ЧС,

Задача определения необходимого количества элементов в комплекте ЗТС заключается в решении функции $m = f(N, \lambda, t_n)$, т. е. нахождении необходимого числа запасных элементов m данного типа в зависимости от числа их в аппаратуре N и интенсивности их отказов λ , а также времени пополнения комплекта ЗТС t_n .

При этом исходим из предположения, что отказы независимы друг от друга, а их поток подчиняется закону Пуассона.

Тогда вероятность числа отказов за время $t=t_n$ определяется зависимостью [5]:

$$P_n(t = t_n) = \frac{(N\lambda t_n)^n}{n!} e^{-n\lambda t_n} = \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}}, \quad (2)$$

где $n_{cp} = N\lambda t_n$ - математическое ожидание количества отказов.

Введем вероятность достаточности ЗТС, как вероятность того, что число отказов n за время t_n будет не больше m (числа запасных элементов данного типа в комплекте ЗТС,

$$P_n(n(t_n) \leq m) = \sum_{n=0}^m \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}} = 1 - \bar{\Psi}(m; n_{cp}), \quad (3)$$

где $\bar{\Psi}(m; n_{cp})$, - функция, получаемая из табличной функции $\bar{\Psi}(\chi; \mu)$, путем замены переменных.

При определении величины m выведем формулу вероятности недостаточности, как вероятность того, что число отказов за время t_n будет больше числа запасных элементов m , находящихся в комплекте ЗТС, и составит:

$$P_n(n(t_n) > m) = 1 - P_n(n(t_n) \leq m) = 1 - \sum_{n=0}^m \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}}. \quad (4)$$

С учетом (3) преобразуем выражение (4) к виду:

$$P_n(n(t_n) > m) = \sum_{n=m+1}^{\infty} \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}} = \bar{\Psi}(m+1; n_{cp}). \quad (5)$$

где $\bar{\Psi}(m+1; n_{cp})$, - функция, получаемая из табличной функции $\bar{\Psi}(\chi; \mu)$, путем замены переменных $\chi = m+1; \mu = n_{cp}$.

При определении величины m зададимся достаточно малым значением вероятности недостаточности (5) $\bar{\Psi}(m+1; n_{cp}) = 0.01$, и используем таблицы $\bar{\Psi}(\chi; \mu)$, [6]. В качестве иллюстрации приведем некоторые значения m рассчитанные в табл. 1.(см. табл. 1).

Таблица 1. Расчет количества элементов комплекта ЗТС, при $N=100$, $\bar{\Psi}(m+1; n_{cp}) = 0.01$,

| t_n | 1мес. = 720ч | | | | | 3мес. = 2160ч | | | | | 6мес. = 4320ч | | | | |
|--|--------------|-----|---|-----|----|---------------|-----|----|-----|----|---------------|-----|----|-----|----|
| $\lambda, \cdot 10^{-5} \cdot \text{ч}^{-1}$ | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 |
| n_{cp} | 0,7 | 1,8 | 4 | 5 | 7 | 2 | 6 | 11 | 16 | 22 | 4,3 | 11 | 22 | 32 | 43 |
| $m = \chi - 1$ | 3 | 5 | 8 | 11 | 14 | 6 | 11 | 19 | 26 | 33 | 10 | 19 | 33 | 43 | 55 |

Из табл. 1, определяется, например, что для элемента с интенсивностью отказов $\lambda = 10^{-5} \cdot \text{ч}^{-1}$ при времени пополнения $t_n = 6\text{мес.} = 4320\text{ч}$ рекомендуется заложить $m = 10$ элементов в комплект ЗТС. также из анализа полученных расчетов следует, что с уменьшением λ и t_n величина m уменьшается. В качестве рекомендаций следует отметить,

что нет острой необходимости каждую единицу однотипной техники полностью обеспечивать элементами в комплекте ЗТС.

Достаточно создать групповые комплекты ЗТС, куда и заложить те элементы, которые применены в аппаратуре в небольших количествах и вероятность выхода которых из строя очень мала. Для каждой единицы ОДС достаточно иметь индивидуальные комплекты ЗТС, в которых находятся, прежде всего, элементы с высокой вероятностью отказа. При групповых комплектах ЗТС, рассчитанных на несколько единиц ОДС, целесообразно иметь и некоторую ремонтно-технологическую оснастку, с помощью которой можно восстанавливать часть элементной базы.

Современную телекоммуникационную аппаратуру в условиях ЧС восстанавливать сиюминутно нецелесообразно, необходимо для восстановления работоспособности воспользоваться РТС, а затем производить ремонт отказавшей аппаратуры ОДС по возможности в специальных ремонтных органах.

Таким образом, предложенная методика позволяет производить вероятностный расчет необходимого количества элементов в комплекте ЗТС, формировать рекомендации по организации восстановления и ремонта телекоммуникационной аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Леваков А. К. Особенности функционирования телекоммуникационных сетей следующего поколения в чрезвычайных ситуациях / А. К. Леваков. - М.: ИРИАС, 2012. - 107 с. : ил. - Библиогр.: с. 100-107
2. А.К. Леваков Задачи формирования комплекса резервных технических средств для восстановления отказов в сети электросвязи вследствие чрезвычайных ситуаций / А.К. Леваков // Электросвязь - наука. – М.: «Электросвязь», 2013. - №12. – С. 38 - 40
3. Загора А.В. Методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации / Е.Е., Селеенко, Фещенко А.Б., // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУГЗУ, 2015. - №21. – С. 23 - 30– Режим доступу:
<http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Zakora.pdf>
4. Абрамов Ю.А. Выбор метода определения проведения регламентных работ датчиков систем ослабления последствий чрезвычайных ситуаций / Е.Е., Кальченко, // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУГЗУ, 2015. - №21. – С. 3 – 6– Режим доступу:
<http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Abramov.pdf>
5. Фещенко А.Б.. Методика расчета количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации / А.В. Загора, // Проблемы надзвичайних ситуацій; зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2015. Вип. 22. – С 32 – 37. – Режим доступу:
<http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Zakora.pdf>
6. Справочник по вероятностным расчетам// М.: Воениздат, 1966.- С. 67 - 69, 300 с.

Zakora Alexander, Ph.D, National University of Civil Defense of Ukraine

Feshchenko Andrey, Ph.D, National University of Civil Defense of Ukraine

THE CALCULATION OF THE AMOUNT OF SPARE TECHNICAL MEANS TO RESTORE EQUIPMENT OPERATIONAL CONTROL COMMUNICATION AFTER A FAILURE IN AN EMERGENCY SITUATION

The analysis of failures occurring in the equipment operative dispatch communication in an emergency. The method for calculating the required number of replacement hardware to restore the equipment after dispatching communication failure in an emergency situation

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПОЖАРНОГО РУКАВА ДИАМЕТРОМ 51 ММ

Напорные пожарные рукава являются гибкими трубопроводами, которые используются для подачи на расстояние под давлением воды и водных растворов огнетушащих веществ. Конструкция пожарных рукавов, их типоразмеры и характеристики, области применения, условия эксплуатации и методы испытаний приведены в соответствующих нормативных документах [1, 2].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований прочности силовых элементов напорных пожарных рукавов, а именно их армирующего каркаса, полностью воспринимает усилия, обусловленные наличием гидравлического действия внутреннего давления жидкости внутри рукава, приведены в работах [3 – 6].

Некоторые особенности работы пожарных рукавов в условиях реальной эксплуатации, которые существенно влияют на их надежность, особенно при длительных сроках использования, определили необходимость разработки научно обоснованного метода, позволяющего установить остаточный ресурс пожарного рукава, возможность и целесообразность его ремонта и дальнейшего применения.

Опытный образец пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм и испытательной длиной $\ell = 160$ мм, был закреплен соответствующими устройствами на опытной машине и проведен цикл испытаний.

Нагрузка прикладывалась с постоянным шагом удлинения образца (1 мм) с фиксацией соответствующего усилия (кН).

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Дефор- мация, мм | Нагрузка, кН | | | | |
|---------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| | Режим 1 | Режим 2 | Режим 3 | Режим 4 | Режим 5 |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,12 | 0,71 | 0,84 | 0,72 | 0,78 |
| 2 | 0,24 | 1,44 | 1,56 | 1,44 | 1,44 |
| 3 | 0,36 | 1,91 | 2,16 | 2,04 | 2,16 |
| 4 | 0,48 | 2,40 | 2,76 | 2,64 | 2,88 |
| 5 | 0,72 | 2,92 | 3,36 | 3,36 | 3,48 |
| 6 | 0,91 | 3,48 | 3,96 | 3,95 | 3,96 |
| 7 | 1,08 | 3,89 | 4,43 | 4,44 | 4,44 |
| 8 | 1,32 | 4,32 | 5,11 | 5,12 | 5,12 |
| 9 | 1,56 | – | – | – | – |
| 10 | 1,80 | – | – | – | – |
| 11 | 2,04 | – | – | – | – |
| 12 | 2,28 | – | – | – | – |
| 13 | 2,52 | – | – | – | – |
| 14 | 2,88 | – | – | – | – |
| 15 | 3,12 | – | – | – | – |
| 16 | 3,41 | – | – | – | – |
| 17 | 3,60 | – | – | – | – |
| 18 | 4,08 | – | – | – | – |
| 19 | 4,32 | – | – | – | – |
| 20 | 4,68 | – | – | – | – |

Начальный (1) режим нагрузки проводился с недеформируемым фрагментом

пожарного рукава с испытательной длиной 160 мм. Максимальная величина деформации составляла $\Delta l_1^{\max} = 20 \cdot 10^{-3}$ м, при нагрузке $F_1^{\max} = 4,68$ кН. После разгрузки остаточная деформация фрагмента составляла $\Delta l_1^{\text{зал}} = 12 \cdot 10^{-3}$ м.

При повторной нагрузке (2), которая проводилась через две минуты после первого нагружения, максимальная величина деформации составляла $\Delta l_2^{\max} = 8,0 \cdot 10^{-3}$ м, при нагрузке $F_2^{\max} = 4,32$ кН. После разгрузки остаточная деформация фрагмента составляла $\Delta l_2^{\text{зал}} = 4,0 \cdot 10^{-3}$ м.

Числовые параметры следующих режимов нагрузки (3-5), которые были проведены с аналогичными двухминутными интервалами, практически не отличаются друг от друга. Их максимальная величина деформации составляла $\Delta l_{3-5}^{\max} = 8,0 \cdot 10^{-3}$ м, при нагрузке $F_{3-5}^{\max} = 5,12$ кН.

Остаточная деформация фрагмента после разгрузки отсутствовала, то есть $\Delta l_{3-5}^{\text{зал}} = 0$.

Зависимость между нагрузкой и деформацией фрагмента пожарного рукава позволяет установить усредненную жесткость, которая составляет:

$$\text{при режиме 1} \quad - \quad C_1 = \frac{F_1^{\max}}{\Delta l_1^{\max}} = \frac{4,68}{20 \cdot 10^{-3}} = 234 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\text{при режиме 2} \quad - \quad C_2 = \frac{F_2^{\max}}{\Delta l_2^{\max}} = \frac{4,32}{8 \cdot 10^{-3}} = 540 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\text{при режимах 3-5} \quad - \quad C_{3-5} = \frac{F_{3-5}^{\max}}{\Delta l_{3-5}^{\max}} = \frac{5,12}{8 \cdot 10^{-3}} = 640 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для дальнейших исследований целесообразно определить жесткость (к) пожарного рукава приведенную к единице его длины ($L=1000$ мм):

$$\text{при режиме 1} \quad - \quad k_1 = \frac{C_1 \cdot \ell}{L} = \frac{234 \cdot 160}{1000} = 37,44 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\text{при режиме 2} \quad - \quad k_2 = \frac{C_2 \cdot \ell}{L} = \frac{540 \cdot 160}{1000} = 86,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\text{при режимах 3-5} \quad - \quad k_{3-5} = \frac{C_{3-5} \cdot \ell}{L} = \frac{640 \cdot 160}{1000} = 102,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

При регламентированном стандартом [1] рабочем давлении $P_{\text{роб}} = 1,0$ МПа, продольная составляющая силы давления воды в пожарном рукаве с внутренним диаметром 51 мм составляет:

$$F_{\text{роб}} = P_{\text{роб}} \frac{\pi d^2}{4} = 1,6 \cdot 10^6 \frac{\pi (51 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 3,27 \text{ кН},$$

что вызывает относительную продольную деформацию соответственно:

$$\text{при режиме 1} - \varepsilon_1 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_1 \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{234 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 8,73 \%;$$

$$\text{при режиме 2} - \varepsilon_2 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_2 \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{540 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3,78 \%,$$

$$\text{при режимах 3-5} - \varepsilon_{3-5} = \frac{F_{\text{роб}}}{C_{3-5} \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{640 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3,19 \%.$$

Для следующих теоретических и экспериментальных работ по расчету остаточного ресурса пожарных рукавов определялись механические свойства, в частности продольная жесткость пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм в условиях статической нагрузки.

При начальной нагрузке приведенная к единице длины (1 м) жесткость пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм составляет 37,44 кН/м, а при повторной нагрузке - 86,4 кН/м.

Три следующих нагрузки определили почти одинаковые жесткости, усредненное значение которых составило 102,4 кН/м.

Экспериментально определено, относительные продольные деформации пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм составляют при начальной нагрузке 8,73 %, что превышает нормативные требования (8%), при повторном - 3,78 %. На следующих трех нагрузках относительные деформации почти одинаковы и составляют в среднем 3,19 %, то есть соответствуют нормативным требованиям [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. ДСТУ 3810–98. [Чинний від 2005-05-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 1998. — XII, 32 с. — (Національний стандарт України).

2. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытания. ГОСТ 51049–2008 – М. : Ростехрегулирование РФ, 2008 N 409-ст., 19 с. (Национальный стандарт РФ).

3. Добровольский, А.А. Пожарная техника /А.А. Добровольский, Ф.Ф. Переслыцких – Киев, 1981. – 239 с.

4. Щербина, Я.Я. Основы противопожарной техники / Я.Я. Щербина – Киев, 1977. – 234 с.

5. Моторин, Л.В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии /Л.В. Моторин, О. С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром–сти. 2010. – №8 – С. 103 – 109.

6. Моторин, Л.В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии /Л.В. Моторин, О. С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром–сти. –2011. –№.1 – С. 126 – 133.

G. Chernobay, candidate of sciences, associate professor S. Nazarenko, NUCPU

CERTAIN TOUGHNESS FIRE HOSE 51 MM DIAMETER

Experimentally determined relative longitudinal deformation fire hose "T" type with an internal diameter of 51 mm

